

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIIY VA O‘RTA MAXSUS TA’LIM VAZIRLIGI**

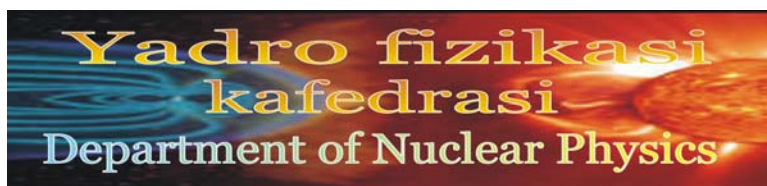
**ALISHER NAVOIY NOMIDAGI
SAMARQAND DAVLAT UNIVERSITETI**



SamDU

FIZIKA FAKULTETI

YADRO FIZIKASI KAFEDRASI



**«ATOM FIZIKASI»
FANINING O‘QUV-USLUBIY
MAJMUASI**

Tuzuvchi:

Prof. R.M.Ibadov

SAMARQAND – 2010

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY VA O‘RTA MAXSUS TA‘LIM VAZIRLIGI**

**ALISHER NAVOIY NOMIDAGI
SAMARQAND DAVLAT UNIVERSITETI**

FIZIKA FAKULTETI

YADRO FIZIKASI KAFEDRASI

**«ATOM FIZIKASI»
FANIDAN O‘QUV-USLUBIY
M A J M U A**

Tuzuvchi: Prof.R.M.Ibadov

Kafedra mudiri: Prof.R.M.Ibadov

SAMARQAND – 2010

**ALISHER NAVOIY NOMIDAGI
SAMARQAND DAVLAT UNIVERSITETI**

“Tasdiqlayman”
O‘quv ishlar bo‘yicha
rektor muovini
Prof. Soleev A.S.
“ _____ ” 2010-y.

FIZIKA FAKULTETI
Yadro fizikasi kafedrası

**5.440100 – fizika bakalavri ixtisosi uchun
“Atom fizikasi” kursi bo‘yicha**

ISHCHI O'QUV DASTUR

3-kurs kunduzgi bo‘lim
5-semestr 2010-2011-o‘quv yili

Jami o'quv yuklamasi	– 256 soat
Ma'ruza	– 40 soat
Amaliy mashg'ulot	– 24 soat
Laboratoriya	– 62 soat
Mustaqil ish	– 130 soat

Tuzuvchi: **Prof. R.M.Ibadov**

Ishchi dastur kafedraning 2010-yil 27-avgustdagi №1-sonli qarori bilan tasdiqlangan.

Kafedra mudiri: **Prof. R.M.Ibadov**

Fizika fakulteti o'quv-uslubiy kengashining 2010-yil 28-avgustdagi №1-sonli qarori bilan tasdiqlangan.

Uslubiy kengash raisi: Prof. A.Jumaboyev

Fizika fakulteti Ilmiy kengashning 2010-yil 28-avgustdagi №1-sonli qarori bilan tasdiqlangan.

Fizika fakulteti dekani: **Prof. N.B.Eshqobilov**

SAMARQAND – 2010

MUNDARIJA

1. Kirish	
2. Namunaviy o'quv dasturi	
3. Ishchi o'quv dasturi	
2. Reyting nazoratlari grafigi	
3. Baholash mezonlari	
4. Kalendar ish rejasi	
5. Mashg'ulotning xronologik xaritasi (80 minutlik darsni tashkil qilish taqsimoti)...	
6. O'quv mashg'ulotida ta'lim texnologiyasi modeli.....	
7. Ma'ruza matni	
8. Ma'ruza matni dars ishlanmasi	
9. Amaliy mashg'ulotlar ishlanmasi	
10. Seminar mashg'ulotlar ishlanmasi	
11. Laboratoriya ishlari ishlanmasi	
12. Mustaqil ta'lim ishlanmasi	
13. Kurs ishlari, nazorat ishlarini bajarish tartibi	
14. Malakaviy bitiruv ishlarini bajarish tartibi	
15. Amaliyotlarning rejasi va ishlanmasi (o'quv, dala, ishlab chiqarish, pedagogik amaliyotlar)	
16. Nazorat ishlari ishlanmasi (joriy, oraliq, yakuniy nazorat savollari, testlari, yozma ish variantlarini tayyorlash).....	
17. Elektron darslik, elektron qo'llanmalar	
18. Fanning axborot manbai va uning ta'minoti (fanga, mavzuga oid oquv adabiyotlari ro'yxati)	

KIRISH

Mamlakatimiz o'zining qariyb yigirma yillik mustaqil taraqqiyoti davomida hayotning barcha soha va tarmoqlarida olamshumul yutuqlarni qo'lga kiritdi, dunyo hamjamiyatidan munosib o'rin egallab, milliy davlatchilik asoslarini mustahkamlab, tom ma'nodagi ozod va suveren mamlakatga aylandi. Oliy ta'lim tizimida yuksak malakali, ijodkorlik va tashabbuskorlik qobiliyatiga ega, kelajakda kasbiy va hayotiy muammolarni mustaqil hal qila oladigan, yangi texnika va texnologiyalarga tez moslanishga layoqatli kadrlarni tayyorlashda ta'lim jarayonini zamonaviy o'quv-metodik majmualar bilan ta'minlana boshladi.

Davlat ta'lim standarti va fan dasturida belgilangan talabalar tomonidan egallanishi lozim bo'lgan bilim, ko'nikma, malaka va kompetensiyalarni shakllantirishni, o'quv jarayonini kompleks loyihalash asosida kafolatlangan natijalarni olishni, mustaqil bilim olish va o'rganishni hamda nazoratni amalga oshirishni ta'minlaydigan, talabaning ijodiy qobiliyatlarini rivojlantirishga yo'naltirilgan o'quv –uslubiy manbalar, didaktik vositalar va materiallar, elektron ta'lim resurslari, o'qitish texnologiyasi, baholash metodlari va mezonlarini o'z ichiga oladigan o'quv-metodik majmua (O'MM) lar tayyorlana boshlandi.

Fanning o'quv-metodik majmuasi komponentlarining mazmuni Davlat ta'lim standarti asosida tuzilgan fan dasturiga muvofiq, hamda shaxsga yo'naltirilgan, rivojlantiruvchi va mustaqil ta'lim olish texnologiyalari, tamoyillari va talablari asosida ishlab chiqimoqda.

Zamonaviy fizikaning asosiy yo'nalishlaridan biri bo'lgan atom fizikasi ham amaliy ham fundamental ahamiyatga egadir. Mazkur fanning asosiy maqsadi mikro dunyo fizikasini o'rganishdan iborat. Talabalar atom fizikasini o'rganish jarayonida atom tuzilishi va xususiyatlarini o'rganishadi. O'shbu fanni o'rganishdan oldin talabalar fizikaning optika kursini o'qigan bo'lishlari kerak. Sababi optik hodisalar moddaning atom tuzilishi bilan uzviy bog'lilqdir.

Yshbu o'quv dasturi 40 soatga mo'ljallangan bo'lib, bunda atom fizikasini quyidagi masalalarga asosiy e'tibor qaratiladi: Atom fizikasi fanining tarixi haqida. Atom fizikasida kattaliklar o'lchov birliklari. Kovakda muvozanat nurlanish. Kirxgof qonuni. Stefan-Bolsman qonuni va Vin siljish qonuni. Reley-Jins qonuni.Plank gipotezasi. Plank fomulasi. Elektromagnit nurlanishning korpuskulyar xususiyatlari. Rentgen spektrning to'lqin chegarasi. Tashqi fotoeffekt. Fotonlar. Kompton effekti. Zarralar va to'likinlar. De-Broyl gipotezasi. Zarralar to'lqin xususiyatlari. Devisson-Jermer va Tomson tajribalari. De-Broyl to'lqinlari. To'lqin paketi. De-Broyl fazaviy va gruppaviy tezliklari. Noaniklik prinsipi. Vodorod atomining Bor nazariyasi. Vodorod atomi spektridagi qonuniyatlar.Tomson atom modeli. Rezerford tajribalari. Kombinasion prinsip.Bor postulatalari. Frank va Gers tajribalari. Vodorod atomining Bor nazariyasi. Kvant mexanikasining asoslari. Kvant mexanikasining asoslari.To'lqin funksiyasi va uning ususiyatlari.Shryodinger tenglamasi. Stasionar va nostasionar holat. Ehtimollik zichligi va ehtimollik zichligining oqimi. Fizik kattaliklar-ning operatorlari.Operatorlarining xususiy qiymatlari va xususiy funksiyalari. Fizik kattaliklarning o'rtacha qiymati va dispersiyasi. Gamilton operatori. Mikro zarralarning erkin harakati. To'g'ri burchakli potensial chuqurlik. Garmonik ossillyator. Zarrachalarning potensial to'siqdan o'tishi. Tunnel effekti.. Avtoelektron emissiya Bir elektronli atomlar. Markaziy simmetrik maydon potentsiali. Shredinger tenglamasi. L^2 , L_z operatorlari, ularning xusu- siy qiymatlari va funksiyalari. O'zgaruvchilarni ajratish. Radial tenglama. Energiya sathlari. Kvant sonlari. Vodorod atomi. Elektronning orbital, mexanik va magnit momentlari. Bor magnetoni. Shtern va Gerlax tajribasi. Ulenbek va Gaudsmi gipotezasi. Elektron spini. Elektronning xususiy magnit momenti. Spin garmonik munosabati. O'zaro ta'sirlashmaydigan harakat miqdori momentlarini qushish qoidasi haqida tushuncha. Spin-orbital o'zaro ta'sir. Vodolrod atomi spektrining nozik strukturasi. Nozik struktura (Dirak) formulasi.Klassik fizika va optikaga chegaraviy o'tish. G'alayonlanishning kvantomexanik nazariyasi asoslari. Aynan o'xshash zarralar. Bozonlar va fermionlar. Pauli prinsipi. Fermi va boze zarralar sistemalari. Ko'p elektronli atomlarni tavsiflash umumiy prinsipi. Atomda hajmiy zaryadning va elektrostatik potentsial- ning taqsimoti haqida tasavvur. Bir elektronli holat. Atom holatlarini elektronlar bilan to'ldirish. Atomdagi ichki elektronlar o'tishi. Xarakteristik rentgen nurlanish. Mozli qonuni. Oje effekti.

Molekulalar. Adiabatik yaqinlashish. Vodrod molekulyarioni. Vodorod molekulasi. Gaymer-London nazariyasi. Elektronlar juftlashishi. Ikki atomli. molekular termlari. Ximiyaviy bog'lanish. Kovalent va ion bog'lanishlar. Valentlik. Ximiyaviy bog'lanish-larning to'yinishi. Orbitalar gibridizasiyasi. Stereoximiya elementlari. Molekulyar orbital. Molekulalarda yadro tebranma va aylanma harakati haqida tasavvur. Ikki atomli molekularlarda elektromagnit o'tishlar uchun tanlash qoidasi. Frank-Kondon prinsipi. Ikki atomli molekular holatlarining sistematikasi haqida ba'zi bir ma'lumotlar Atomning yadroviy tuzulishi. Tomsonning atom modeli. Rezerford tajribasi, al'fa-zarrarlarniy moddada sochilishi. Atomning planetar modeli va uning kamchiliklari. Yadro zaryadi va uni o'lchash uslublari. Elektronning solishtirma zaryadini aniqlash. Atom holatlarini diskretligi. Frank-Gerk tajribasi. Elastik va noelastik sochilishlar. Ionizatsion potentsiallarni aniqlash. Atom nurlanish spektridagi qonuniyatlari. Bal'merning umumlashgan formulasi, Layman, Pashen, Breket, Po'fund, seriyalari. Atom energetik holatlari uchun mumtoz Bor nazariyasi. Elektromagnit to'qlinlarning korpuskulyar xususiyatlari. Fotosamarasi va uning qonunlari. Kompton samarasi. Plank formulasi. Eynshteyn usulida keltirib chiqarish. Atomdagi harakat miqdor momentlari. Elektronning orbital magnit momenti va boshqalar. Rentgen nurlanish. Rentgen nurlarining turlari va spektri. Rentgen nurlarining sochilishi va yutilishi. Rentgen nurlari spektral chiziqlarining to'qling uzunligini aniqlash.

Ushbu mazkur o'quv dasturini tuzishda asosiy e'tibor eksperimental qurilmalarga va shular asosida olinadigan natijalarga, formulalarga, birliklarga, fizik ma'nolarga qaratildi.

NAMUNAVIY O'QUV DASTURI

ATOM FIZIKASINING ASOSIY XUSUSIYATLARI TO'G'RSIDA MA'LUMOTLAR

Ma'ruza

Atom tuzilishi to'g'risidagi tasavvurlarning rivojlanishi. Mikrodunyodagi fizik kattaliklar o'lchamlari. Uzunlik. Energiya. Tezlik. Vaqt. Massa. Xarakat miqdor momenti. Atom tuzilishining modellari. Atom tuzilishining Tomson modeli. Rezerford tajribalari. Alfa zarralarning sochilishi. Rezerford formulasi. Atom tuzilishining Rezerford modeli. Planetar modelning kamchiligi. Yadro zaryadini ulchash. Atom. Vodorod atomi uchun Bor modeli. Bor postulatlari. Yadro xarakatini hisobga olish. Izotopik siljish. Frank va Gers tajribalari. Elastik va noelastik toqnashuvlar. Spektrlar. Vodorod atomi spektridagi qonuniyalar. Spektral termlar. Kombinatsion tamoyil. Vodorodsimon ionlar spektri. Pikering seriyasi. Qattiq jismlar issiqlik nurlanishi. Kirxgof qonuni. Absolyut qora jism nurlanishi qonunlari. Kvant o'tishlar. Nurlanish generatorlari. Gazli lazerning faol qismi. Elektromagnit to'lqinlarning korpuskulyar xususiyatlari. Fotosamara. Fotosamara nazariyasi. Kompton samarasi. Yorug'lik bosimi. Rentgen nurlarining hosil qilinishi. Rentgen nurlarining spektrlari. Rentgen nurlarining moddada yutilishi. Rentgen nurlarining moddada sochilishi. Elektronning solishtirma zaryadini aniqlash. Rentgen nurlarining xossalari va ulardan foydalanish. Elektronning orbital mexanik momenti. Elektronning orbital magnit momenti. Elektronning to'liq mexanik va magnit momentlari. Shtern va Gerlax tajribasi. Elektronning speni. Larmor teoremasi. Mikro va makro zarralarning to'liq xossalari. De-Broyl gipotezasi. De-Broyl gipotezasining tajribada tasdiqlanishi. Devedson va Jermer tajribalari. Tomson va Tartakovskiy tajribalari. Aniqsizlik munosabatlari. Mikrozarralarning koordinatalari va impulsini aniqlash. Statsionar va nostatsionar holatlar uchun Shredinger tenglamasi. Zarralarning erkin harakati. Zarralarning bir ulchamli potensial o'radagi harakati. Mikrozarralarning potensial to'siqdan o'tishi va qaytishi. Tunnel samarasi. Vodorod atomi. Vodorodsimon atomlar. Ishqoriy metallar atomlari. Kvant sonlari va ularning fizik ma'nosi. Vodorod va vodorodsimon atomlar spektrining nozik strukturasi. Atom energetik sathlari nozik strukturasi. Atom termlari. Atom nurlanishidagi tanlash qoidalari. Oddiy va murakkab Zeeman samaralari. Pashen va Bak samarasi. Shtark samarasi. Ko'p elektronli atomlar tizimi. Ko'p elektronli atomlarda elektron sathlari tuzilishi. Geliy atomi. Pauli tamoyili. D.Mendelev elementlar davriy tizimining to'ldirilish tartibi. Molekulalar spektrlari. Molekulalar energiyasi. Molekulyar kuchlar. Kristallarda bog'lanish turlari. Ion bog'lanish. Kovalent bog'lanish. Vodorod bog'lanish. Metall bog'lanish. Energetik zonalar. O'ta oquvchanlik. Tajriba natijalari. Relyativistik to'liq tenglamalari. Vodorod va vodorodsimon atomlar sathlarining Lamb siljishi. Fizik vakuum va Lamb siljishi.

Issiqlikning nurlanishi. Kovakda muvozanat nurlanish. Kirxgof qonuni. Stefan-Bolsman qonuni va Vin siljish qonuni. Reley-Jins qonuni. Plank gipotezasi. Plank formulasi.

Elektromagnit nurlanishlarning korpuskulyar xususiyatlari. Rentgen spektrning qisqa to'liq chegarasi. Tashqi fotoeffekt. Fotonlar. Kompton effekti.

Zarralar va to'liqlar. De-Broyl gipotezasi. Zarralar to'liq xususiyatlari. Devisson-Jermer va Tomson tajribalari. De-Broyl to'liqlari. To'liq paketi. De-Broyl fazaviy va gruppaviy tezliklari. Noaniqlik prinsipi.

Vodorod atomining Bor nazariyasi. Vodorod atomi spektridagi qonuniyalar. Tomson atom modeli. Rezerford tajribalari. Kombinatsion prinsip. Bor postulatlari. Frank-Gers tajribalari. Vodorod atomining Bor nazariyasi.

Kvant mexikasining asoslari. To'liq funksiyasi va uning xususiyatlari. Shredinger tenglamasi. Statsionar va nostatsionar holat. Ehtimollik zichligi va ehtimollik zichligining oqimi. Fizik kattaliklarning operatorlari. Operatorlarning xususiy qiymatlari va xususiy funksiyalari. Fizik kattaliklarning o'rtacha qiymati va dispersiyasi. Gamilton operatori. Mikrozarralarning erkin harakati. To'g'ri burchakli potensial chuqurlik. Garmonik ossillyator. Zarrachalarning potensial to'siqdan o'tishi. Tunnel effekti. Yadrolarning alfa parchalanishi. Avtoelektron emissiya.

Bir elektronli atomlar. Markaziy-simmetrik maydon potentsiali. Shryodenger tenglamasi. L^2 , L_z operatorlari, ularning xususiy qiymatlari va sathlari. Kvant sonlari. Vodorod atomi. Elektronning oprbital mexanik va magnit momentlari. Bor magnetoni. Shtern va Gerlax tajribasi. Ulunbek va Gaudsmit gipotezasi. Elektron spini. Elektronning xususiy magnit momenti. Spin giromagnit qo'shish qoiyidasi haqida tushuncha. Spin-orbital o'zaro ta'sir. Vodord atomi spektrining nozik strukturasi. Nozik struktura (Dirak) formulasi. Klassik fizika va optikaga chegaroviy o'tish. G'alaueonlrni kvantmexanik nazariya asoslari. Aynan o'xshash zarralar. Bozonlar va fermionlar. Pauli prinsipi. Fermi va boze zarralar sistemalari.

Ko'p elektronli atomlar. Ko'p elektronli atomlarni tavsiflash umumiy prinsipi. Atomda hajmiy zaryadning va elektrostatik potentsialining taqsimoti haqida tasavvur. Bir elektronli holat. Atom holatlarini elektronlar bilan to'ldirilish.

Rentgen spektrlari. Atomdagi ichki elektronlar o'tishi. Xarakteristik rentgen nurlanish. Mozli qonuni. Oje effekti.

Atom tashqi kuchlar maydonida. Atom magnit maydonda. Kuchli va kuchsiz maydon lande faktori. Zeeman va Pashen-Bak effektlari. Elektron paramagnit rezonans. (EPR) atom elektr maydonda. Shtark effekti.

Molekulalar. Adibatini yaqinlashish. Vodorod molekulyar ioni.. Vodorod molekulas. Gaymer-London nazariyasi. Elektronlar juftlashishi. Ikki atomli molekular termlari. Kimyoviy bog'lanish. Kavalent va ion bog'lanishlar. Valentlik. Ximiyozviy bog'lanishlarning tuyinishi. Orbitalar gibridizatsiyasi. Stereoximiya elementlar. Molekulyar orbital. Molekulalarda yadro tebranma va aylanma harakati haqida tasavvur. Frank-kondon prinsipi. Ikki atomli molekular holatlarini sistematikasi haqida ba'zi bir ma'lumotlar.

Amaliy mashg'ulotlar

Kovakda muvozanat nurlanish. Kirxgof qonuni. Stefan-bolsman qonuni va Vin siljish qonuni. Reley-Jins qonuni. Rentgen spektrning qisqa to'lqin chegarasi. Tashqi fotoeffekt. Fotonlar. Kompton effekti. De-Broyl to'lqinlari. To'lqin funksiyasi va uning xususiyatlari. Shryodenger tenglamasi. Stasionar va nostatsionar holat. Ehtimollik zichligi va ehtimollik zichligining oqimi. Fizik kattaliklarning operatorlari. Operatorlarning xususiy qiymatlari va xususiy funksiyalari. Fizik kattaliklarning o'rtacha qiymati va dispersiyasi. Gamilton operatori. Garmonik ossillyator. Tunnel effekti. Yadrolarning alfa parchalanishi. Avtoelektron emissiya. Mozli qonuni. Oje effekti. Gaymer-London nazariyasi. Elektronlar juftlashishi. Ikki atomli molekular termlari. Kimyoviy bog'lanish. Kavalent va ion bog'lanishlar. Valentlik. Ximiyozviy bog'lanishlarning tuyinishi. Orbitalar gibridizatsiyasi. Stereoximiya elementlar.

Laboratoriya ishlari

Fotoeffekt qonunlarini o'rganish. Elektronning chiqish ishini aniqlash. Holl effekti yordamida yarim o'tkazgichlarda Holl doimiysi va elektronlar konsentratsiyasini aniqlash. Elektronlar dastasini magnit maydonda fonuslar asosida elektronning solishtirma zaryadni aniqlash. Optik pirometr yordamida Stefan-Bolsman doimiysini aniqlash. Fotoelementning sezgiriligini aniqlash. Elektronning chiqish ishi va Plank doimiysini aniqlash. Vodorod atomining spektrini o'rganish.

Mustaqil ish

Laboratoriya seminar va amaliy mashg'ulotlarga nazariy tayyorgarlik ko'rish. Absolyut qora jism nurlanishi. Atomning Tomson modeli. Rezerford tajribasi. Kompton effekti. Fotoeffekt. Fotoeffekt qonunlari. De-Broyl to'lqinlari. Frank va Gers tajribalari. Vodorod atomining Bor nazariyasi. Elektronni harakat miqdori momenti. Elektronni magnit momenti. Shtern va Gerlax tajribasi. Xarakteristik rentgen nurlanish. Elektron paramagnit rezonans. Shtark effekti. Vodorod molekulas.

1. Ma'ruza mashg'ulotlari

T/r	Dars davomida qaraladigan asosiy masalalar	Ajrat. soat
1	Kirish. Atom fizikasi fanining asosiy maksadi. Atom fizikasi fanining tarixi haqida. Atom fizikasida kattaliklar o'lchov birliklari.	2
2	Issiqlikning nurlanishi. Kovakda muvozanat nurlanish. Kirxgof qonuni. Stefan-Bolsman qonuni va Vin siljish qonuni. Reley-Jins qonuni. Plank gipotezasi. Plank fomulasi.	2
3	Elektromagnit nurlanishning korpuskulyar xususiyatlari. Rentgen spektrning to'liqin chegarasi. Tashqi fotoeffekt. Fotonlar. Kompton effekti.	2
4	Zarralar va to'liqlar. De-Broyl gipotezasi. Zarralar to'liqin xususiyatlari. Devisson-Jermer va Tomson tajribalari. De-Broyl to'liqlari. To'liqin paketi. De-Broyl fazaviy va gruppaviy tezliklari. Noaniklik prinsipi.	4
5	Vodorod atomining Bor nazariyasi. Vodorod atomi spektridagi qonuniyatlar. Tomson atom modeli. Rezerford tajribalari. Kombinasion prinsip. Bor postulatalari. Frank va Gers tajribalari. Vodorod atomining Bor nazariyasi.	4
6	Kvant mexikasining asoslari. To'liqin funksiyasi va uning xususiyat-lari. Shryodenger tenglamasi. Stasionar va nostatsionar holat. Ehtimollik zichligi va ehtimollik zichligining oqimi. Fizik kattaliklarning operatorlari. Operatorlarning xususiy qiymatlari va xususiy funksiyalari. Fizik kattaliklarning o'rtacha qiymati va dispersiyasi. Gamilton operatori. Mikrozzarrachalarning erkin harakati. To'g'ri burchakli potensial chuqurlik. Garmonik ossillyator. Zarrachalarning potensial to'siqdan o'tishi. Tunnel effekti. Yadrolarning alfa parchalanishi. Avtoelektron emissiya.	6
7	Bir elektronli atomlar. Markaziy-simmetrik maydon potentsiali. Shryo-denger tenglamasi. L^2 , L_z operatorlari, ularning xususiy qiymatlari va sathlari. Kvant sonlari. Vodorod atomi. Elektronning oprbital mexanik va magnit momentlari. Bor magnetoni. Shtern va Gerlax tajribasi. Ulunbek va Gaudsmit gipotezasi. Elektron spini. Elektronning xususiy magnit mo-menti. Spin giromagnit qo'shish qoiyidasi haqida tushuncha. Spin-orbital o'zaro ta'sir. Vodord atomi spektrining nozik strukturasi. Nozik struktura (Dirak) formulasi. Klassik fizika va optikaga chegaroviy o'tish. G'alaueonlrni kvantmexanik nazariya asoslari. Aynan o'xshash zarralar. Bo-zonlar va fermionlar. Pauli prinsipi. Fermi va boze zarralar sistemalari.	8
8	Ko'p elektronli atomlar. Ko'p elektronli atomlarni tavsiflash umumiy prinsipi. Atomda hajmiy zaryadning va elektrostatik potentsialining taqsi-moti haqida tasavvur. Bir elektronli holat. Atom holatlarini elektronlar bilan to'ldirilish.	4
9	Rentgen spektrlari. Atomdagi ichki elektronlar o'tishi. Xarakteristik rentgen nurlanish. Mozli qonuni. Oje effekti.	2
10	Atom tashqi kuchlar maydonida. Atom magnit maydonda. Kuchli va kuchsiz maydon lande faktori. Zeeman va Pashen-Bak effektlari. Elektron paramagnit rezonans. (EPR) atom elektr maydonda. Shtark effekti.	2
11	Molekulalar. Adibatini yaqinlashish. Vodorod molekulyar ioni.. Vodorod molekulasi. Gaymer-London nazariyasi. Elektronlar juftlashishi. Ikki atomli molekulalar termlari. Kimyoviy bog'lanish. Kavalent va ion bog'lanishlar. Valentlik. Ximiyozviy bog'lanishlarning tuyinishi. Orbi-talar gibridizatsiyasi. Stereoximiya elementlar. Molekulyar orbital. Mole-kulalarda yadro tebranma va aylanma harakati haqida tasavvur. Frank-kondon prinsipi. Ikki atomli molekulalar holatlarini sistematikasi haqida ba'zi bir ma'lumotlar.	4
	JAMI	40

2. Amaliy mashg'ulot

T/r	Dars davomida qaraladigan asosiy masalalar	Ajrat. soat
Klassik atom fizikasi		
1	Absolyut qora jismning nurlanishi. Kirxgof qonuni. Stefan-Boltsman qonuni. Vin siljish qonuni. Reley-Jins qonuni. Plank formulasi.	2
2	Fotoeffekt. Tashqi va ichki fotoeffekt. Fotonlar. Kompton effekti.	2
3	De-Broyl gipotezasi. Zarralarning to'qin xususiyatlari. To'liq paket. Noaniqlik prinsipi.	2
4	Vodorod atomi spektridagi qonuniyatlar. Rezerford formulasi. Kobinatsion prinsip. Bor postulatalari.	2
5	Atomdagi ichki elektronlar o'tishi. Xarakteristik roentgen nurlanishi. Mozli qonuni. Oje effekti.	2
Kvant atom fizikasi		
6	To'liq funksiyasi va uning xususiyatlari. Shryodinger tenglamasi. Statsionar va nostatsionar holatlar.	2
7	Fizik kattaliklarning operatorlari. Operatorlarning xususiy qiymatlari va xususiy funksiyalari. Fizik kattaliklarning o'rtacha qiymati va dispersiyasi.	2
8	Gamilton operatori. Mikrozaralarning erkin harakati. Tunnel effekti. Yadrolar α -parechalanishi.	2
9	Markaziy simmetrik maydon potentsiali. Radial tenglama. Energiya sathlari. Kvant sonlari. Elektronning orbital, mexanik va magnit momentlari. Bor magnetoni.	4
10	O'zaro ta'sirlashmaydigan harakat miqdori momentlarini qo'shish qoidasi. Ulenbek va Gaudsimit gipotezasi.	2
11	Nozik struktura (Dirak) formulasi. Klassik fizika va optikaga chegaraviy o'tish.	2
JAMI		24

3. Laboratoriya mashg'ulotlari

№	Labo- ra- tori- ya ishi raqa- mi	Dars davomida qaraladigan asosiy mavzular	Ajrat. soat	Adabi-yotlar
1	№1	Fotonlar uchun noaniqlik munosabatini aniqlash.	6	[21,22]
2	№2	Elektronlar dastasini magnit maydonda fokuslash asosida elektronning solishtirma zaryadini aniqlash	10	
3	№3	Magnitron usuli bilan elektronning solishtirma zaryadini aniqlash	6	
4	№4	Optik pirometr yordamida Stefan-Bolsman doimiysini aniqlash.	6	[21,22]
5	№5	Termistor qarshiligining temperaturaga bog'liqligi-dan foydalanib, yarimo'tkazgich atomining ionlashtirish energiyasini aniqlash	10	
6	№6	Fotoeffekt qonunlarini o'rganish. Fotoelementning sezgirligini aniqlash.	10	[21,22]
7	№7	Plank doimiysi va elektronning chiqish ishini aniqlash.	8	[21,22]
8	№8	Vodorod atomining spektrini o'rganish.	6	
JAMI			62	

Mustaqil ta'lim topshiriqlari.

Mustaqil ta'lim talabalarining o'qish jarayonidagi asosiy vazifalaridan biri hisoblanadi va u rejali xarakter kasb etadi. Mustaqil ta'lim mavzusi talabalar mustaqil o'rganadigan ma'ruza va amaliy mashg'ulotlardan beriladi. Mustaqil ta'lim talabalarining nazariy bilimlarini mustahkamlashga, mavzularni tushunish qobiliyatini maksimal darajada rivojlantirishga va umumiy dunyoqarashini kengaytirishga yordam beradi.

Fanning ma'ruza va amaliy mashg'ulotlari asosan talabalar bilan bahs-munozara va savol-javob tartibida olib boriladi. Bunday darslarning samarali o'tkazilishi uchun talabalar dars mavzulari bo'yicha ko'proq mustaqil tayyorgarlik ko'rishlari kerak. Mashg'ulotlarda talabalarga testlar beriladi va ayrim mavzular bo'yicha misollar yechiladi. Fanni chuqurroq o'rganishi uchun har bir talabaga mustaqil ish (referat) yozish va amaliy ma'ruzalar tayyorlash uchun topshiriqlar beriladi.

Mustaqil ta'lim davomida talabalar mustaqil ravishda qo'shimcha adabiyotlardan foydalanishlari kerak. Bunda talabalarga atom va yadro fizikasining nazariy va amaliy bilimlari to'liq beriladi. Bundan tashqari atom fizikasiga doir eksperimental qurilmalarning ishlash prinsiplari to'la o'rgatiladi.

Mustaqil ta'lim sifatida o'rganiladigan quyidagi mavzular tavsiya etiladi:

T/r	Mavzu	So-at	Adabiyotlar
	Uzunlik. Energiya. Tezlik. Vaqt. Massa. Xarakat miqdor momenti.	2	[1,2]
	Alfa zarralarning sochilishi. Rezerford formulasi. Atom tuzilishining Rezerford modeli. Planetar modelning kamchiligi. Yadro zaryadini ulchash.	2	[1-3]
	Yadro xarakatini hisobga olish. Izotopik siljish. Elastik va noelastik tuqnashuvlar. Kombenatsion tamoyil.	2	[2-4]
	Absolyut qora jism nurlanishi qonunlari. Kvant o'tishlar.	2	[3-4]
	Elektromagnit to'lqinlarning korpuskulyar xususiyatlari.	2	[3-5]
	Elektronning solishtirma zaryadini aniqlash. Rentgen nurlarining xossalari va ulardan foydalanish.	2	[5,6]
	Shtern va Gerlax tajribasi. Elektronning spini. Larmor teoremasi.	2	[5,6]
	Noaniqlik munosabatlari. Mikrozararlarning koordinatalari va impulsini aniqlash.	2	[1-5]
	Zarralarning erkin harakati. Mikrozararlarning potensial to'siqdan o'tishi va qaytishi.	2	[5-7]
0	Ishqoriy metallar atomlari. Atom energetik sathlari nozik strukturasi.	4	[5-7]
1	Atom termlari. Atom nurlanishidagi tanlash qoidalari.	2	[6-8]
2	Ko'p elektronli atomlar tizimi. Ko'p elektronli atomlarda elektron sathlar tuzilishi.	2	[5-7]
3	Molekular energiyasi. Molekulyar kuchlar.	2	[3-5]
4	Kristallarda bog'lanish turlari. Energetik zonalar. O'ta oquvchanlik. Tajriba natijalari.	2	[4-8]
5	Relyativistik to'lqin tenglamalari. Fizik vakuum va Lemb siljishi.	2	[4-9]
6	Zarralarning elastic sochilishiga doir masalalar yechish.	2	[1,3]
7	Yorug'liqning korpuskulyar xususiyatlariga doir masalalar yechish.	4	[1,2,4]
8	Fotoelektrik va Kompton samaralariga doir masalalar yechish.	4	[5,6]
9	Spektral seriyalarga doir masalalar yechish.	2	[7,8]
0	Rentgen nurlarining sochilishi va yutilishiga doir masalalar yechish.	4	[8,9]
1	Stasionar holatlar uchun masalalar yechish.	4	[9,10]
2	Atomning vektorli modeliga doir masalalar yechish.	3	[10,11]
3	Zeemanning oddiy va murakkab samaralariga doir masalalar yechish.	4	[1,2,3]
4	Elektron konfiguratsiyalar ga doir masalalar yechish.	4	[11,12]
	JAMI:	130	

ADABIYOTLAR

Asosiy adabiyotlar

1. Шпольский Э.В. Атомная физика, 1.1,2. – М.: Наука, 1984.
2. Матеев А.Н. Атомная физика. – М.: Высшая школа, 1989.
3. Гольдин Л.Л., Новикова Г.И. Введения в квантовую физику. – М.: Наука, 1988.
4. Вихман Э. Квантовая физики. – М.: Наука, 1974.
5. Сивухин Д.В. Курс общей физики. Т.5, Ч.1. – М.: Наука, 1988.
6. Наумов А.И. Физика атомного ядра и элементарных частиц. М.,1984.
7. Bekjonov R.B., Axmadxo'jayev B. Atom fizikasi. – Toshkent: O'qituvchi, 1979.
8. Милантьев. Атомная физика. – М.: Изд-во МГУ, 2000.
9. Иродов И.Б. Задачи по общей физики. – М.: Изд-во МГУ, 2001.

Qo'shimcha adabiyotlar

10. Борн М. Атомная физика. – М.: Мир, 1965.
11. Фейман Р. Фейнмановские лекции по физики. Т.3,8,9. – М.: Мир, 1967.
12. Бом Д. Квантовая теория. – М.: Наука, 1965.
13. Фано У., Фано Л. Физика атомов и молекул. – М.: Наука, 1980.
14. Флюгге З. Задачи по квантовой механике. Т.1, 2. – М.: Мир, 1974.
15. Милантьев В.П. Атомная физика. – М.: Изд-во Университета дружба народов, 1999.
16. Сивухин Д.В. Курс общей физики. Том 5. Атомная и ядерная физика. – М.: Физматлит, 2002.
17. Г.Ахмедова, Ш.Оманов, У.Салихбаев “Атом физикаси”, Абдулла Қодирий номидаги халқ мероси нашриёти Тошкент-2005.
18. S.X.Astanov, U.N.Islomov, N.N.Dalmuradova “Umumiy fizika” kursining “Kvant mexanikasi va atom fizikasi” bo'limidan ma'ruza mavzularini mustaqil o'rganish uchun, uslubiy ko'rsatma, Buxoro – 2006, Ziyonet.uz.
19. Nasriddinov K.R., Parsoxonov A.G', Mansurova M.Yu. “Atom fizikasi”, O'quv qo'llanma, Nizomiy nomidagi Toshkent Davlat pedagogika universiteti, Toshkent- 2006, Ziyonet.uz.
20. Qodirov M.J. “Kvant mexanikasi fanidan ma'ruzalar matni”, Qarchi Davlat universiteti, Qarshi -2009, Ziyonet.uz.
21. Mirjalilova M.A. Fizika va elektroikaning maxsus boblari (Kvant mexanikasi va qattiq jismlar fizikasi) 1-qism (O'quv qo'llanma), Toshkent, ToshDTU, 2009

**«Atom fizikasi» fani bo'yicha reyting nazoratlari
GRAFIGI**

Ta'lim yo'nalishi:	Fizika
O'quv shakli:	Kunduzgi
Semestr:	5
Umumiy o'quv soati:	256 soat
Ma'ruza:	40 soat
Amal.mashg'ulot:	24 soat
Laboratoriya:	62 soat
Mustaqil ish:	130 soat

Mavzular- ning tartib raqami	O'quv yuklama, soat					Nazorat				
	Ma' ruza	Ama l. mas h.:	Labo rato riya	Mus taqil	Jami	Turi	Shakli	bali Mak si mal	sara lash (55 %)	Muddati (hafta)
Joriy nazorat (JN)										
Amal.mash.: 1-4 Labor: 4 ish		8	20	30	58	1-JN	Og'zaki	11		(jadval bo'yi- cha)
Amal.mash.: 5-8 Labor: 4 ish		8	20	30	58	2-JN	Og'zaki	12		(jadval bo'yi- cha)
Amal.mash.: 9-12 Labor: 4 ish		8	22	30	60	3-JN	Og'zaki	12		(jadval bo'yi- cha)
ΣJN		24	62	90	176			35		
Oraliq nazorat (ON)										
Ma'ruza: 1-10 Mustaqil:	20			18	38	1-ON	Og'zaki	17		(jadval bo'yi- cha)
Ma'ruza: 11-20 Mustaqil:	20			22	42	2-ON	Og'za ki	18		(jadval bo'yi- cha)
ΣON	40			40	80			35		
ΣJN + ΣON	40	24	62	130	256			70	39	
Yakuniy nazorat (YaN)										
YaN	40	24	62	130	256		Og'zaki	30		(jadval bo'yi- cha)
ΣJN + ΣON+YaN	40	24	62	130	256			100	55	

Kafedra mudiri:

Prof. R.M.Ibadov

**«Atom fizikasi»
kursidan talabalar bilimni reyting tizimi
asosida baholash mezonlari
Joriy baholashlar mezonlari**

Maksimal ball				Baholanadigan ish turlari
Jami	1-JB	2-JB	3-JB	
18	6	6	6	Darsga nazariy tayyorgarlik bilan kelish va faol ishtirok etish, uy vazifalarini bajarish, referat yozish va bayon etish. (mustaqil ta'lim 4 ball)
17	5*	6*	6*	Jami 4 ta laboratoriya ishining 2 tasi uchun, har biri uchun maksimal 3 balldan, qolgan ikkitasi uchun esa 4 va 7 balldan ajratildi (ishni to'g'ri va muddatida bajarish, hisobot yozish va nazorat savollariga to'g'ri javob berish. (mustaqil ta'lim 3 ball)
35	11	12	12	

Oraliq baholashlar mezonlari

Maksimal ball				Baholanadigan ish turlari
Jami	1-OB	2-OB		
27	13	14		Barcha bo'limlar bo'yicha nazariy bilim va amaliy ko'nikma darajasi
8	4	4		O'quv dasturiga qo'shimcha mavzular bo'yicha konspekt yozish va himoya qilish (mustaqil ta'lim)
35	17	18		

Yakuniy baholashlar mezonlari

Maksimal ball	Baholanadigan ish turlari
24	Fan bo'yicha nazariy bilim va amaliy ko'nikma darajasi
6	O'quv dasturiga qo'shimcha mavzular bo'yicha bilim darajasi (mustaqil ta'lim)
30	

Namunaviy mezonlar

Ball	Baho	Talabaniy bilim darajasi
86-100	A'lo (5)	Xulosa va qaror qabul qilish; ijodiy fikrlay olish; mustaqil mushohada yurita olish; olgan bilimlarini amalda qo'llay olish; mohiyatini tushunish; bilish, aytib berish; tasavvurga ega bo'lish.
71-85	Yaxshi (4)	Mustaqil mushohada yurita olish; olgan bilimlarini amalda qo'llay olish; mohiyatini tushunish; bilish, aytib berish; tasavvurga ega bo'lish.
55-70	Qoniqarli (3)	Mohiyatini tushunish; bilish, aytib berish; tasavvurga ega bo'lish.
0-54	Qoniqarsiz (0-1-2)	Bilmaslik; aniq tasavvurga ega bo'lmaslik.

Kafedra mudiri:

Prof. R.M. Ibadov

*) 4 ta ishning o'rtacha bali

«TASDIQLAYMAN»

Fizika fakulteti dekani
Prof. N.B.Eshqobilov

“ ” _____ 2010-y.

Alisher Navoiy nomidagi Samarqand davlat universiteti fizika fakulteti,
Yadro fizikasi kafedrası bo'yicha 3-kurs talabalari uchun
«Atom fizikasi» fanidan ma'ruza darslarining
2010-2011-o'quv yili uchun

KALENDAR ISH REJASI

№	O'tilgan mavzular	Soat	O'tka-zish sanasi	Ijro belgisi	Izoh
1	Kirish. Atom fizikasi fanining asosiy maksadi. Atom fizikasi fanining tarixi haqida. Atom fizikasida kattaliklar o'lchov birliklari.	2	Sentiyabr		
2	Issiqlikning nurlanishi. Kovakda muvozanat nurlanish. Kirxgof qonuni. Stefan-Bolsman qonuni va Vin siljish qonuni. Reley-Jins qonuni. Plank gipotezasi. Plank fomulasi.	2	Sentiyabr		
3	Elektromagnit nurlanishning korpuskulyar xususiyatlari. Rentgen spektrning to'lqin chegarasi. Tashqi fotoeffekt. Fotonlar. Kompton effekti.	2	Sentiyabr		
4	Zarralar va to'likinlar. De-Broyl gipotezasi. Zarralar to'lqin xususiyatlari. Devisson-Jermer va Tomson tajribalari. De-Broyl to'liqlari. To'lqin paketi. De-Broyl fazaviy va gruppaviy tezliklari. Noaniklik prinsipi.	4	Oktiyabr		
5	Vodorod atomining Bor nazariyasi. Vodorod atomi spektridagi qonuniyatlar. Tomson atom modeli. Rezerford tajribalari. Kombinasion prinsip. Bor postulatalari. Frank va Gers tajribalari. Vodorod atomining Bor nazariyasi.	4	Oktiyabr		
6	Kvant mexanikasining asoslari. Kvant mexanikasining asoslari. To'lqin funksiyasi va uning ususiyatlari. Shryodinger tenglamasi. Stasionar va nostasionar holat. Ehtimollik zichligi va ehtimollik zichligining oqimi. Fizik kattaliklarning operatorlari. Operatorlarining xususiy qiymatlari va xususiy funksiyalari. Fizik kattaliklarning o'rtacha qiymati va dispersiyasi. Gamilton operatori. Mikro zarralarning erkin harakati. To'g'ri burchakli potensial chuqurlik. Garmonik ossillyator. Zarrachalarning potensial to'siqdan o'tishi. Tunnel effekti. Yadrolar	6	Oktiyabr Noiyabr		

	α – parchalanishi. Avtoelektron emissiya.				
7	Bir elektronli atomlar. Markaziy-simmetrik maydon potentsiali. Shryodenger tenglamasi. L^2 , L_z operatorlari, ularning xususiy qiymatlari va sathlari. Kvant sonlari. Vodorod atomi. Elektronning oprbital mexanik va magnit momentlari. Bor magnetoni. Shtern va Gerlax tajribasi. Ulunbek va Gaudsmit gipotezasi. Elektron spini. Elektronning xususiy magnit momenti. Spin giromagnit qo'shish qoiyidasi haqida tushuncha. Spin-orbital o'zaro ta'sir. Vodord atomi spektrining nozik strukturasi. Nozik struktura (Dirak) formulasi. Klassik fizika va optikaga chegaroviy o'tish. G'alaeuonlrni kvantmexanik nazariya asoslari. Aynan o'xshash zarralar. Bozonlar va fermionlar. Pauli prinsipi. Fermi va boze zarralar sistemalari.	8	Noiyabr		
8	Ko'p elektronli atomlar. Ko'p elektronli atomlarni tavsiflash umumiy prinsipi. Atomda hajmiy zaryadning va elektrostatik potentsialning taqsimoti haqida tasavvur. Bir elektronli holat. Atom holatlarini elektronlar bilan to'ldirish.	4	Dekabr		
9	Rentgen spektrlari. Atomdagi ichki elektronlar o'tishi. Xarakteristik rentgen nurlanish. Mozli qonuni. Oje effekti.	2	Dekabr		
10	Atom tashqi kuchlar maydonida. Atom magnit maydonda. Kuchli va kuchsiz maydon lande faktori. Zeeman va Pashen-Bak effektlari. Elektron paramagnit rezonans. (EPR) atom elektr maydonda. Shtark effekti.	2	Dekabr		
11	Molekulalar. Adiabatik yaqinlashish. Vodorod molekulyarioni. Vodorod molekulas. Gaymer-London nazariyasi. Elektronlar juftlashishi. Ikki atomli. molekulalar termlari. Kimiyaviy bog'lanish. Kovalent va ion bog'lanishlar. Valentlik. Kimiyaviy bog'lanishlarning to'yinishi. Orbitalar gibridizasiyasi. Stereoximiya elementlari. Molekulyar orbital. Molekulalarda yadro tebranma va aylanma harakati haqida tasavvur. Ikki atomli molekulalarda elektromagnit o'tishlar uchun tanlash qoidasi. Frank-Kondon prinsipi. Ikki atomli molekulalar holatlarining sistematikasi haqida ba'zi bir ma'lumotlar	4	Yanvar		
	JAMI	40			

Kafedra mudiri:

prof. R.M.Ibadov

Darsning xronologik xaritasi: 80 minut

1. Darsni tashkil qilish. 2 minut.
2. Davomatni tekshirish. 2 minut.
3. Atom fizikasi fanidan o'tiladigan mavzular ishchi dasturi bilan qisqacha tanishtirish. 4 minut.
4. Atom fizikasi fanining oldingi o'rganilgan umumiy fizika kurslaridan farqi va umumiylik tomonlarini bayon qilish. 5 minut.
5. Atom fizikasi kursini o'rganishda foydalaniladigan adabiyotlar, ma'ruza matnlari bulardan foydalanish usullari. (Ma'ruza matnda har bir mavzular uchun reja, tayanch so'zlar, adabiyotlarga ko'rgazmalar, nazorat savollar keltirilganligini alohida ta'kidlash). 5 minut.
6. Yangi mavzuni bayon qilish. Atom fizikasining yaratilishi va rivojlanish bosqichlari. Atomning tarkibi, atomning asosiy xususiyatlarini bayon etish, atom fizikasi fani yutuqlarining qo'llanishi va yechimi muhim bo'lgan muammolarini bayon qilish. 55 minut.
7. O'tilgan mavzu bo'yicha savol-javoblar. 7 minut.

O'quv mashg'ulotida ta'lim texnologiyasi modeli

1-Mavzu: Atom fizikasi fanining asosiy maqsadi. Atom fizikasi fanining tarixi haqida. Atom fizikasida kattaliklar o'lchov birliklari.

<i>Vaqt: 80 min.</i>	<i>Talabalar soni: 52 ta</i>
<i>O'quv mashg'ulotining shakli</i>	Ma'lumotli kirish - ma'ruza
<i>O'quv mashg'ulotining tuzilishi</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. O'quv kursi va mashg'ulot mavzusiga kirish 2. Bilimlarni faollashtirish - aqliy hujum 3. Ma'ruza matnini tarqatish 4. Asosiy atamalarni aniqlash-pinbord
<i>O'quv mashg'ulot maqsadi: O'quv fani to'g'risida umumiy tasavvurlarni berish</i>	
<i>Pedagogik vazifalar:</i> - Atom tuzilishining murakkabligi. - Atom fizikasi fanining tarixi haqida. - Atom tuzilishining murakkabligini tasdiqlovchi hodisalar.	<i>O'quv faoliyat natijalari:</i> <ol style="list-style-type: none"> 1. Atom tuzilishining murakkabligi. 2. Atom fizikasi fanining tarixi haqida ma'lumot. 3. Atom tuzilishining murakkabligini tasdiqlovchi hodisalar.
<i>Ta'lim usullari</i>	Ma'ruza minbari
<i>Ta'limni tashkillashtirish shakli</i>	Jamoaviy
<i>Ta'lim vositalari</i>	Ma'ruza matni, kompyuter
<i>Ta'lim berish sharoiti</i>	Texnik vositalar bilan jihozlangan xona
<i>Monitoring va baholash</i>	Tezkor - so'rov.

Ma'lumotli kirish - ma'ruzasining texnologik xaritasi

Ish bosqich-lari va vaqti	Faoliyat mazmuni	
	ta'lim beruvchi	ta'lim oluvchilar
1-bosqich. O'quv mashg'ulotiga kirish (20 daq.)	<p>1.1 Mavzuning nomi, maqsad va kutilayotgan natijalarni yetkazadi. Taqdimot bo'yicha ekranga fanning tuzilmaviy-mantiqiy chizmasini chiqaradi, mavzularning o'zaro aloqasini yoritadi, ularga qisqa tavsif beradi, fan miqyosida bajariladigan uslubiy va tashkiliy ishlar xususiyatlarini tushuntiradi.</p> <p>Reyting-nazorat tizimi, joriy, oraliq, va yakuniy nazoratni baholash mezonlari</p> <p>(№ 1.1 ilova) bilan tanishtiradi.</p> <p>Mavzu bo'yicha asosiy tushunchalarni; mustaqil ishlash uchun adabiyotlar ro'yxatini aytadi.</p> <p>1.2. Birinchi o'quv mashg'ulot mavzusi, maqsad va o'quv faoliyat natijalarini aytadi.</p> <p>1.3. Mavzuni mustahkamlash uchun savollarni beradi (3-ilova)</p>	<p>Tinglaydilar</p> <p>Tinglaydilar</p> <p>Yozib oladilar.</p>
2-bosqich. Asosiy (50 daq.)	<p>2.1. Mavzu bo'yicha ma'ruza matnini tarqatadi va uning rejasi, asosiy tushunchalar bilan tanishishni taklif qiladi.</p> <p>2.3. Berilgan savollar asosida javoblar berilib umumiy xulosalar chiqariladi.</p> <p>2.4 Talabalar bilan birga fanga taaluqli bo'lmagan va qaytariluvchi ma'lumotlarni ochib tashlaydi, muhim asosiy tushunchalarni (Pinbord) kiritadi.</p>	<p>Tinglaydilar.</p> <p>Tinglaydilar, yozib oladilar.</p>
3-bosqich. Yakuniy (10 daq.)	<p>3.1. Mavzu bo'yicha yakun yasaydi, qilingan ishlarning kelgusida kasbiy faoliyatidagi ahamiyatiga talabalar e'tiborini qaratadi.</p> <p>3.2 O'tilgan darsni mustahkamlash uchun foydanilgan adabiyotlar ro'yxati keltiriladi.</p> <p>3.3. Mustaqil ish uchun topshiriq beradi va uning baholash mezonlari bilan tanishtiradi.</p>	<p>O'z-o'zini, o'zaro baho-lashni o'tkazadilar.</p> <p>Topshiriqni yozadilar</p>

BAHOLASH MEZONLARI

№	Nazorat turi	Ball	Nazorat ishi	Uy ishi	Mustaqil ish	Darsda faolligi	Amaliy ish	Laboratoriya
1	JN-1	11	2	2	2	1	2	2
2	JN-2	12	3	2	2	1	2	2
3	JN-3	12	3	2	2	2	2	2
3	ON-1	17	13	2	1	1	-	-
4	ON-2	18	14	2	1	1	-	-
5	YN	30	30					

86-100% “a’lo”
 71-85% “yaxshi”
 55-70% “qoniqarli”
 0-54% “qoniqarsiz”

Talabalar bilimini faollashtirish uchun tezkor savollar

1. Atom fizikasi fanining tarixi.
2. Atom fizikasida kattaliklar, o'lchov birliklari.
3. Fizik jarayonlar haqida ma'lumot bering.
4. Massa zarralarning inertligi va gravitatsion xossalari.
- 5.

Aqliy hujum qoidasi:

Hech qanday birga baholash va tanqidga yo'l qo'yilmaydi!

Taklif etilayotgan g'oyani baholashga shoshma, agarda u hattoki ajoyib va g'aroyib bo'lsa ham hamma narsa mumkin.

Tanqid qilma, hamma aytilgan g'oyalar qimmatli teng kuchlidir.

O'rta chiquvchini bo'lma!

Turtki berishdan o'zingni ushla!

Maqsad miqdor hisoblanadi!

Qancha ko'p g'oyalar aytilsa, undan ham yaxshi: yangi va qimmatli g'oyalarni paydo bo'lishi uchun ko'p imkoniyatdir.

Agarda g'oyalar qaytarilsa, xafa bo'lma va hijolat chekma.

Tasavvuringni “jo'sh urishiga” ruxsat ber!

Agarda g'oyalar qaytarilsa, xafa bo'lma va hijolat chekma.

Tasavvuringni “jo'sh urishiga” ruxsat ber!

Pinbord (inglizchadan: *pin*- mahkamlash, *board* – yozuv taxtasi) munozara usullari yoki o'quv suhbatini amaliy usul bilan moslashdan iborat.

Ta'lim beruvchi:

→ Taklif etilgan muammoni yechishga o'z nuqtai nazarini bayon qiladi.

→ Ommaviy to'g'ri aqliy hujumni tashkillashtiradi.

Ta'lim oluvchilar quyidagi g'oyalarni:

→ Taklif etadilar, muhokama qiladilar, baholaydilar eng ko'p maqbul (samarali va boshqa g'oyalarni tanlaydilar va ularni qog'oz varag'iga asosiy so'zlar ko'rinishida (2 so'zdan ko'p bo'lmagan) yozadilar va yozuv taxtasiga biriktiradilar.

→ Guruh a'zolari (ta'lim beruvchi tomonidan belgilangan 2-3 talaba yozuv taxtasiga chiqadilar va boshqalar bilan maslahatlashib:

- aniq xato yoki qaytariluvchi g'oyalarni saralaydilar;
- tortishuvlarni aniqlaydilar;
- g'oyalarni tizimlashtirish mumkin bo'lgan belgilar bo'yicha aniqlaydilar;
- shu belgilar bo'yicha hamma g'oyalarni yozuv taxtasida guruhlaydilar (kartochka/ varaqlar).

Ta'lim beruvchi:

→Umumlashtiradi va ish natijalarini baholaydi.

Monitoring va baholash

O'tilgan mavzu bo'yicha og'zaki so'rov, tezkor savol-javob qarab 1-2 ballgacha baholanadi.

Ilova 1.5

Mustaqil ish topshiriqlari.

1. Uzunlik. Energiya. Tezlik. Vaqt. Massa. Xarakat miqdor momenti.
2. Atom fizika fani mashg'ulotlariga nazariy tayyorgarlik ko'rish.
3. Taqdimot slaydlari.

1- Ma'ruza (2-soat)

Kirish. Atom fizikasi fanining asosiy maqsadi. Atom fizikasi fanining tarixi haqida. Atom fizikasida kattaliklar o'lchov birliklari.

Reja:

1. Atom tuzilishining murakkabligi.
2. Atom fizikasi fanining tarixi haqida.
2. Atom tuzilishining murakkabligini tasdiqlovchi hodisalar.
3. Atom fizikasida kattaliklar o'lchov birliklari.

Tayanch so'zlar va iboralar: Atom, yadro, vodorod, kislorod, kvant, energiya, dualizm, orbital, elektron zaryadi, kvant sonlar, molekula, Faradey, elektroliz, Milliken, katod, planetar.

Elementlarning atom tuzilishi haqidagi hozirgi zamon nazariya so'nggi 200 yillar davomida fizika, kimyo va matematika fanlari asosida katta ilmiy izlanishlar natijasida yuzaga keldi.

Atom so'zi bizning eramizgacha ma'lum bo'lib, u jismlarni tashkil etuvchi eng kichik zarra shaklida tasavvur qilingan. Atom har qanday moddalarning bo'linish chegarasidir. Mavjud moddalar atomlarining bir-birlaridan farqi nimada va ular birikma hosil qilganda qanday nisbatda bo'ladi?

Bu savolga 1803 yili javob topildi. Jismlar juda kichik zarralardan tashkil topgan va har bir moddaning atomi o'ziga xos xususiyatiga ega. Ular kimyoviy reaksiyaga kirishganda o'zgarimas karrali sonlar nisbatida aralashib, o'z xususiyatlarini saqlab qoladi degan g'oyaga kelishildi. Masalan,

4 g vodorod gazi 32 g kislorod gazi bilan reaksiyasiga kirib, 36 g suv bug'ini hosil qiladi $2H_2 + O_2 = 2H_2O$. Ularning (vodorod; kislorod; suv) bug'ining massalar nisbati 4:32:36 har qanday sharoitda ham o'zgarmaydi. Bu nisbat molyar og'irliklar nisbatidir. Reaksiya quyidagicha yozilishi bizga ma'lum. Atom va molyar massalarning ahamiyati katta. Natijada bir molga mos keluvchi zarralar soni, ya'ni Avogadro soni aniqlanadi.

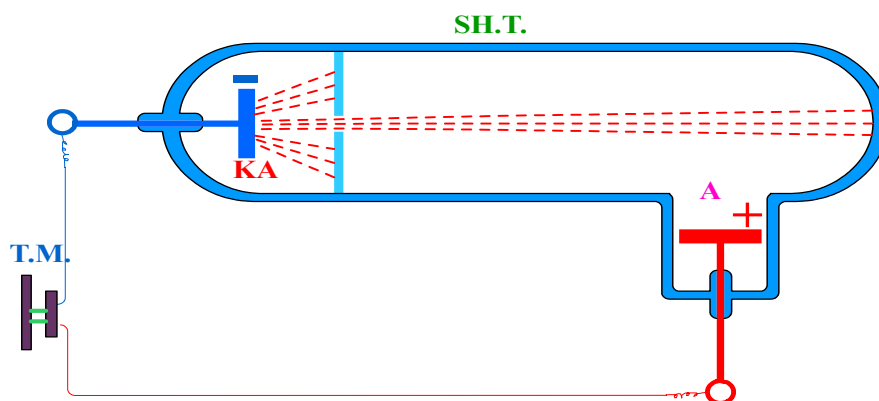
1827 yili ingliz olimi Robert Broun molekullarning betartib harakatini kuzatadi. Zarralarning tartibsiz harakatini Broun harakati deyiladi.

1865 yilda Loshmidt normal sharoitdagi $1m^3$ hajmga mos keluvchi molekular sonini (Loshmidt soni) aniqlashga muvassar bo'ladi. Hozirgi vaqtda Loshmidt son qiymatini katta aniqlikda topishgan, u $N_L = 2,6868 \cdot 10^{25} m^{-3}$ ga teng. Loshmidt sonini bilgan holda bitta molekula yoki atom massasini aniqlash mumkin.

XVIII va XIX asrlar davomida elektr va magnetizmga oid ancha ilmiy ishlar qilingan. Shu sababdan elementar zarralar zaryadga egami va uning kattaligi nimaga teng degan savol tug'ildi. Bu savolga javob Faradeyning elektroliz qonuniga asosan bir mol yoki bir gramm atom moddalarda Faradey soniga ($F = 96521 Kl$)ga teng elektr miqdori bo'lishi aniqlanadi. Buni Loshmidt soniga bo'lsak bitta zarraning zaryadiga tegishli son topiladi. Natijada $e = 1,6 \cdot 10^{-19} Kl$ ga teng. Bu eng kichik zarraning zaryad kattaligi.

1869 yil rus olimi D.I.Mendeleyev kimyoviy elementlarning xususiyatlari, ularning atom og'irliklariga davriy ravishda bog'liqligini aniqlab, kimyoviy elementlarning davriy sistemasini tuzdi.

1879 yilda Kruks kavsharlangan vakuumli shisha trubkada katod nurlarini kuzatdi (1 -rasm).



1-rasm.

Katod nurlarining xosil qiluvchi trubka.

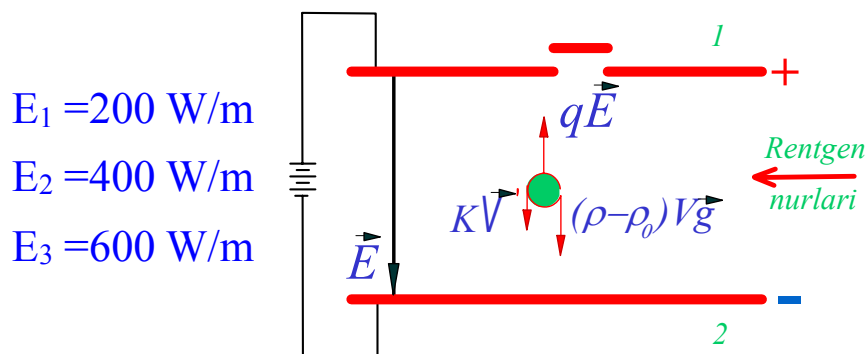
Katod va anodga tok manbai ulanganda, katoddan elektronlar chiqadi. Tirqishli ekran yordamida shisha trubka markazida ingichka elektronlar dastasini hosil qiladi. Ular shisha bilan to'qnashib yorug'lik nurini tarqatadi.

1881 yilda Gelmgols, agarda jismlar atomlardan tashkil topgan bo'lsa, u holda o'tkazgichda elektr tokining o'tishiga elementar zarralar sababchi bo'ladi degan fikrni bildirdi.

1906 yili ingliz olimi Tomson, qator tajribalar asosida katod nurlari-elektronlar ekanligini isbotladi.

1908-1913 yillar davomida Milliken nafis o'lchashlar asosida (2-rasm) elektron zaryadining kattaligi $e = 1,6 \cdot 10^{-19} Kl$ ga tengligini aniqladi. Elektron zaryadining tajribada topilgan kattaligi nazariy hisoblab topilgan son bilan mos keldi. Hozirgi vaqtda elektronlarni bir necha usullar bilan hosil qilishadi:

- termoelektron emissiya-qizigan metall yuzasidan elektronlarning chiqishi;
- ikkilamchi emissiya-katta energiyali zarralar bilan metall sirtini bombardimon qilganda, uning yuzasidan elektronlarning chiqishi;
- avtoelektron emissiya-katta elektr maydon ta'sirida metall yuzasidan elektronlarning chiqishi;
- fotoelektron hodisa-metall sirti bilan yorug'lik ta'sirlanganda elektronlarning chiqishi.

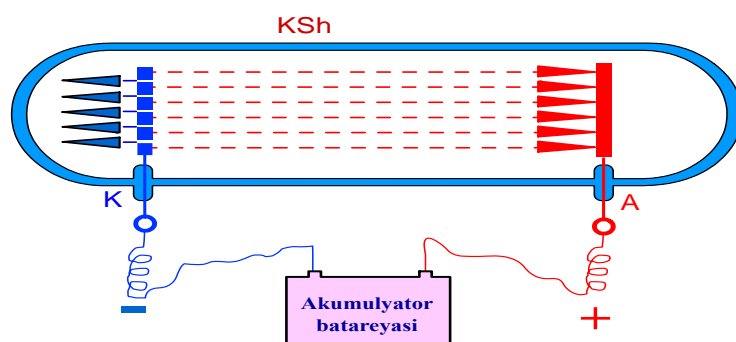


2-rasm.

Elektron zaryadini aniqlashda Milliken tajribasining sxemasi.

XIX asrgacha atomlar bo'linmas zarrachalar deb kelinar edi. Lekin XIX asr boshida jismlar molekulalardan, molekula-atomlardan, atom-elementar zarralardan tashkil etilishi aniqlandi. Molekulalar va atomlar tartibsiz, betinim harakatda bo'ladi. Atom va elektron massalari va zaryadlari aniqlandi. Atom normal sharoitda elektr neytral bo'lib, u musbat va manfiy zarralar yig'indisiga tengligi aniqlandi. Qattiq jismni tashkil etuvchi atomlar orasi bo'shliqdan iborat degan fikrga kelishdi.

1886 yili Goldshteyn, Kruks tajribasidan farqli, katod nurlarini tekshirish jarayonida kanal nurlarini, ya'ni katod teshiklaridan o'tuvchi nurlar dastasini kuzatdi (3-rasm).



3- rasm.

KSh-Kavsharlangan shisha balon, K-Katod, A-Anod

Kanal nurlari musbat zaryadlangan zarralardan tashkil etishi aniqlandi. Ularni shisha kolbadagi ionlangan gazlar hosil qiladi.

Moddalarning eng kichik atomlar deb nomlangan bo'linmas zarralardan tuzilgan degan ta'limot qadimgi faylasuflar asarlaridan ma'lum. Fanning XIX asr oxiri va XX asr boshidagi taraqqiyoti bu ta'limotning to'g'riligini ko'rsatadi. Lekin faylasuflar aytganday atom dunyoning elementar bo'linmas asosi emas, balki murakkab kvant mexanik ob'yektligi namoyon bo'ldi. Atomlarning turli xossalari, xususiyatlari namoyon bo'lib, fan - texnikaning turli sohalarida qo'llanila boshlandi. Hozirgi zamon fanida atom fizikasining o'rnini yanada yaqqol tasavvur qilish uchun bu soha amal qiladigan o'lchamlarga murojaat qilamiz. Agar tezliklar nuqtai-nazaridan qarasak,

1. $v \ll c$ tezliklardagi jarayonlarni relyativistik fizika o'rganadi.
2. $v \leq c$ tezliklardagi jarayonlarni esa norelyativistik fizika o'rganadi.

Atom fizikasidagi jarayonlar tezlik nuqtai-nazaridan ko'proq ikkinchi bandga, ya'ni norelyativistik fizikaga taalluqli.

Fizik jarayonlarni masshtab bo'yicha qarasak esa quyidagicha bo'ladi:

1. $R \geq 100$ mln yorug'lik yili masofadagi jarayonlar megadunyo jarayonlaridir. Bu jarayonlarni astronomiya va unig astrofizika, kosmologiya kabi bo'limlari o'rganadi.
2. Yer sitida oddiy jismlar bilan bo'ladigan jarayonlar makrodunyo jarayonlari bo'lib bu jarayonlar Nyuton mexanikasi doirasida o'rganiladi.
3. $R \leq 10^{-8} m$ masshtablarda sodir bo'ladigan jarayonlar mikrodunyo jarayonlari deyiladi.

Shu jumladan $10^{-10} m \leq R \leq 10^{-8} m$ masofalardagi jarayonlarni molelkulyar va atom fizikasi o'rganadi;

$10^{-15} m$ masshtabdagi jarayonlarni yadro va elementar va zarralar fizikasi bo'limi o'rganadi;

$10^{-18} m \leq R \leq 10^{-15} m$ masofadagi jarayonlarni esa yuqori energiyalar fizikasi o'rganadi.

Shunday qilib, atom fizikasi $10^{-10} m \leq R \leq 10^{-8} m$ masshtabdagi relyativistik atom tuzilishi va ular bilan bo'ladigan jarayonlarni o'rganadi. Dastlab atom statik sistema deb qaralgan. Tomson tomonidan ilgari surilgan g'oyaga asosan atom musbat elektr zaryadga ega sferadan iborat va bu sfera radiusi atom radiusi $10^{-10} m$ ga teng va bu sfera ichida elektronlar erkin suzib yuradi. Atomning yorug'lik chiqarishi esa ushbu sfera ichida harakatlanayotgan elektronlar tebranishi orqali tushuntirilgan. Alfa zarralar sochilishiga doir tajriba bu modelni rad etdi va planetar modeliga kelindi. Bu modelga asosan atom deyarli butun massasini o'zida jamlagan yadroga ega va elektronlar shu yadro atrofida aylanadi. Yadro $10^{-14} m - 10^{-15} m$ o'lchamga ega. Atom tuzilishini tadqiq qilinishining yaxshi usuli uni α - zarralar bilan «zondlash»dir, ya'ni atomlarni α -zarralar bilan bombardimon qilishdir.

Endi atom fizikasida ishlatidigan ayrim fizik kattaliklarni keltiramiz:

Mikrodunyo hodisalarini tekshirishlar ko'rsatadiki, atomlar va boshqa elementar zarralar bo'ysinadigan qonunlar makrodunyo qonunlaridan farq qiladi. Bu esa ma'lum darajada tezlik, energiya, uzunlik va boshqa fizik kattaliklar o'lchamliklarining boshqa masshtabga o'tishi bilan bog'liqdir. Lekin buni makrodunyo va mikrodunyo qat'iy chegara bilan ajratilgan, mikrodunyoda boshqa qonunlar, makrodunyoda yana boshqa qonunlar ta'sir qiladi deb tushunmaslik kerak. Mikrodunyoda ta'sir qiladigan barcha qonunlar makrodunyoda ham ta'sir qiladi, lekin tekshiriladigan namunalar masshtabi boshqa bo'lgani uchun bu qonunlarning shakli, foydalanishlari o'zgaradi va mikrodunyo qonunlariga o'tadi. Mikrodunyoda fizik kattaliklarning o'lchamliklari masshtabini qarab chiqaylik.

Uzunlik. Atom o'lchami $10^{-8} sm$ ($1 \text{ \AA} = 10^{-8} sm = 10^{-10} m$) yoki $10^{-10} m$ tartibidadir. Bu kattalik atomning tashqi elektron orbitasi radiusini ifodalaydi. Yuz million atomni bir qatorga joylashtirsa. $1 sm = 10^2 m$ uzunlikni egallaydi. Yadroning o'lchami ($10^{-12} \div 10^{-13}$) sm yoki ($10^{-14} \div 10^{-15}$) m tartibidadir. $10^{-13} sm = 10^{-15} m$ uzunlik bir Fermi deb qabul qilingan. Ya'ni,

$$1 \text{ fermi} = 10^{-15} m$$

yoki

$$1 \text{ fermi} = 10^{-13} sm.$$

Hozirgi kungacha o'tkazilgan tajribalarda 0,1 Fermi yoki $10^{-14} sm = 10^{-16} m$ gacha bo'lgan uzunlikni o'lchashga muvaffaq bo'lingan. Demak, mikrodunyoda uzunlik Fermi birliklarida o'lchanadi.

Energiya. Atom va yadro tadqiqotlarida energiyaning o'lchov birligi sifatida elektronvolt (eV), kiloelektronvolt (keV), megaelektronvolt (MeV) va gigaelektronvolt (GeV) birlikla ishlatiladi.

Bir elektronvolt elektron elektr maydonida potentsiallari farqi bir volt bo'lgan ikki nuhta orasida harakatlanganida olgan energiyasidir. Bir elektronvolt energiya va ish birliklari orasidagi bog'lanishlarni ko'raylik. Elektr maydonda zaryadni bir nuqtadan ikkinchi nuqtaga ko'chirishda maydon kuchlarining bajargan ishi quyidagicha aniqlanadi:

$$A = qU, \quad (1)$$

q-elektron zaryadi. O'lchov birligi SI-tizimida Kulon. Zaryad kattaligi $q = 1,6 \cdot 10^{-19} Kl$.

$1 Kl = 3 \cdot 10^9$ SGSE zaryad birligi.

U vaqtda: $q = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 3 \cdot 10^9 = 4,8 \cdot 10^{-10}$ SGSE zaryad birligi.

U-potensiallar farqi, o'lchov birligi SI-tizimida volt.

$$1V = \frac{1}{3 \cdot 10^2} \text{ SGSE} = \frac{1}{300} \text{ SGSE potensial birligi.}$$

(1)-formula asosida SGSE birliklar tizimida:

$$1\text{eV} = 4,8 \cdot 10^{-10} \text{ CGSE} \cdot \frac{1}{300} \text{ SGSE} = 1,6 \cdot 10^{-12} \text{ erg.}$$

Demak, mikrodunyoda energiya birliklari quyidagicha:

$$1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-12} \text{ erg} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Joul};$$

$$1\text{keV} = 10^3 \text{ eV} = 10^3 \cdot 1,6 \cdot 10^{-12} \text{ erg} = 1,6 \cdot 10^{-9} \text{ erg} = 1,6 \cdot 10^{-16} \text{ Joul};$$

$$1\text{MeV} = 10^6 \text{ eV} = 10^6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-12} \text{ erg} = 1,6 \cdot 10^{-6} \text{ erg} = 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ Joul};$$

$$1\text{GeV} = 10^9 \text{ eV} = 10^9 \cdot 1,6 \cdot 10^{-12} \text{ erg} = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ erg} = 1,6 \cdot 10^{-10} \text{ Joul.}$$

Bu birliklar asosida massa atom birligining energiya ekvivalentini aniqlash mumkin:

$$1\text{m.a.b} = 931,5 \text{ MeV};$$

$$1\text{elektron massa} = 0,511 \text{ MeV.}$$

Tezlik. Har qanday harakatlar tezligining mutlaq chegarasi yorug'likning vakuumdagi tezligi hisoblanadi, ya'ni:

$$c = 3 \cdot 10^{10} \text{ sm/s} = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s.}$$

Yorug'lik tezligi bilan elektromagnit to'lqinlar va massaga ega bo'lmagan neytrino harakatlanadi. Massaga ega bo'lgan boshqa elementar zarralar yorug'lik tezligiga yaqin tezlikka ega bo'lishi mumkin, lekin yorug'lik tezligidan kichik. Masalan protonning kinetik energiyasi 10^9 eV bo'lganda, uning tezligi yorug'lik tezligining 85% iga teng bo'ladi. Mikrodunyoda zarralar tezligi yorug'lik tezligi bilan taqqoslanishi va unga yaqin bo'lishi mumkin, bunday hol makrodunyoda hech qachon bo'lmaydi. Yorug'lik tezligi mikrodunyoda tezliklar masshtabini belgilaydigan kattalik sifatida qabul qilinadi. Demak, mikrodunyoda tezlik yorug'lik tezligi ulushlari bilan o'lchanadi.

Uzunlik Fermilarda, tezlik yorug'lik tezligi ulushlarida o'lchanadigan mikrodunyoda hodisalar yuz beradigan vaqt masshtabi ham biz odatlangan vaqtdan farq qilish kerak. Agar 10 Fermi uzunlikni yorug'lik tezligiga bo'lsak, ya'ni, zarra yorug'lik tezligi bilan harakatlanib yadroni diaametri bo'yicha kesib o'tishi uchun ketgan vaqti hisoblansa, quyidagi kattalik hosil bo'ladi:

$$\frac{10 \cdot 10^{-13}}{3 \cdot 10^{10}} \approx 3 \cdot 10^{-23} \text{ s,}$$

10^{-23} sekund ba'zan yadro vaqti deb ham yuritiladi, bu bilan elementar zarralar mikrodunyosida vaqt masshtabi aniqlanadi.

Massa zarralarning inertligini va gravitasion xossalari-ni ifodalaydi. Massa orqali zarraning zaxira energiyasi aniqlanadi. Nisbiylik nazariyasiga asosan \mathcal{G} tezlik bilan harakatlanayotgan jismning to'liq energiyasi:

$$E = mc^2 = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{\mathcal{G}^2}{c^2}}}, \quad (2)$$

$\mathcal{G} \ll c$ bo'lganda \mathcal{G}/c daraja bo'yicha yoyib to'liq energiya uchun quyidagi ifoda hosil qilinadi.

$$E \approx \frac{m_0 \mathcal{G}^2}{2} + m_0 c^2, \quad (3)$$

(3) ko'rinadiki, jismning to'liq energiyasi uning kinetik energiyasi va tinchlikdagi energiyasidan iborat tinchlikdagi massasi m_0 bo'lgan jism zaxira E_0 xususiy energiyaga ega bo'ladi, bu energiya $E_0 = m_0 c^2$ munosabat bilan ifodalanadi. Elementar zarralarning massa birligi sifatida elektronning tinchlikdagi massasi (m_e):

$$m_e = 910^{-28} \text{ g} = 9 \cdot 10^{-31} \text{ kg,}$$

qabul qilingan. Agar bu massa energetik birliklarda ifodalansa, elektron massasining energiyaga ekvivalentligi hosil bo'ladi:

$$1\text{elektron massa} = m_e c^2 = \frac{9 \cdot 10^{-28} \cdot 9 \cdot 10^{20}}{1,6 \cdot 10^{-6}} = 0,511 \text{ MeV.}$$

Atom va yadro fizikasida atom va yadro massalari massaning atom birliklarida o'lchanadi. 1962 yilgacha massaning bir atom birligi qilib, kislorod ($^{16}_8O$) neytral atomi massasining 1/16 qismi qabul qilingan edi. 1962 yildan boshlab atom massasining yangi uglerod ($^{12}_6C$) shkalasi qabul qilindi. Bunda massaning bir atom birligi qilib uglerod ($^{12}_6C$) atomi massasining 1/12 qismi qabul qilindi. Massaning atom birligi qisqacha m.a.b ko'rinishida yoziladi. Bu birlik atom massasining xalqaro birli-gidir.

$$1\text{m.a.b}=1/12^{12}\text{C massasi.}$$

Uglerod shkalada vodorod atomining massasi 1,0078252, neytron massasi 1,0086654, elektron massasi 0,0005486 massa birligiga teng. Massaning atom birligini grammlarda ifodalash mumkin:

$$1\text{m.a.b}=\frac{1}{16}\cdot\frac{16}{N_A}=\frac{1}{6,023\cdot10^{23}}=1,66\cdot10^{-24}\text{ g.}$$

ya'ni, $1\text{ m.a.b}=1,66\cdot10^{-24}\text{g}=1,66\cdot10^{-27}\text{kg.}$

Massaning bir atom birligining energiyaviy ekvivalenti ($m=1,66\cdot10^{-24}\text{g}$ va $c=3\cdot10^{10}\text{sm/s}$), $E=mc^2=1,492\cdot10^{-3}\text{erg.}$

Harakat miqdor momenti. Harakat miqdor momentining kvant birligi qilib \hbar qabul qilingan.

$$\hbar=\frac{h}{2\pi}=\frac{6.625\cdot10^{-27}}{2\pi}=1.054\cdot10^{-27}\text{ erg}\cdot\text{s}.$$

Demak, $\hbar=1,054\cdot10^{-27}\text{ erg}\cdot\text{s}$ yoki $\hbar=1,054\cdot10^{-34}\cdot\text{s.}$

Atomdagi elektron bir \hbar yoki bir necha \hbar - ($n\cdot\hbar$) harakat miqdor momentiga ega bo'lishi mumkin. Harakat miqdor momenti bir qiymatdan ikkinchi qiymatga o'tgandagi o'zgarishi juda kichik bo'ladi, bunday kichik o'zgarishni makroduyo hodisalarida sezib ham kuzatib ham bo'lmaydi. Zarralarning harakat miqdor momentini oshirish uchun ularning tezligini oshirish kerak. Orbitadagi elektornning harakat miqdor momentini \hbar ga oshirish uchun uning tezligini ikki marta oshirish kerak bo'ladi.

Demak:

Yorug'lik vakumidagi tezligi $c=2,998\cdot10^{10}\text{ sm/sek}$

Gravitatsiya doimiysi $\gamma=6,67\cdot10^{-8}\text{ sm}^3/(g\cdot\text{sek}^2)=6,67\cdot10^{-11}\frac{\text{m}^3}{\text{kg}\cdot\text{sek}^2}$

Avogadro soni $N_A=6,02\cdot10^{-23}\text{ mol}^{-1}$

Lommidt soni $n_0=2,69\cdot10^{19}\text{ sm}^{-3}$

Universal gaz doimiysi $R=8,314\cdot10^7=8,314\frac{\text{J}}{\text{grad}\cdot\text{mol}}$

Ideal gaz standart hajmi $v_0=22,42\text{ l/mol}$

Bolsman doimiysi $k=1,38\cdot10^{-16}\text{ erg/grad}=1,38\cdot10^{-23}\text{ J/grad}$

Plank doimiysi $\begin{cases} h=6,625\cdot10^{-27}\text{ erg}\cdot\text{sek} \\ \hbar=h/2\pi=1,054\cdot10^{-27}\text{ erg}\cdot\text{sek} \end{cases}$

Elementar zaryad $e=4,803\cdot10^{-10}\text{ SGSE}=1,601\cdot10^{-19}\text{ K}$

Faradey soni $F=eN=96520\text{ K/g}\cdot\text{egv}$

Og'irlik kuchi tezlanishi $g=980,655\text{ sm/sek}^2=9,8\frac{\text{m}}{\text{sek}^2}$

Stefan — Bolsman doimiysi $\sigma=5,67\cdot10^{-12}\text{ Vt/(sm}^2\cdot\text{grad}^4)=5,67\cdot10^{-8}\text{ Vt/(m}^2\cdot\text{grad}^4)$

Vin siljish qonuni doimiysi $v=\lambda_A T=0,29\text{ sm}\cdot\text{grad}$

Ridberg doimiysi $R_\alpha=109737,31\text{ sm}^{-1}$

Birinchi Bor radiusi $r_1=\frac{\hbar^2}{m_1 l^2}=0,529\cdot10^{-8}\text{ sm}$

Vodorod atomi elektroni bog'lanish energiyasi $E = \frac{m_l l^4}{2\hbar^2} = 13,59 eV$

Kompton to'liqin uzunligi $\lambda = \frac{\hbar}{mc} \begin{cases} 3,86 \cdot 10^{-11} sm \\ 2,10 \cdot 10^{-14} sm \end{cases}$ (mos holda e va p uchun)

Elektronning klassik radiusi $r_e = \frac{e^2}{m_e c^2} = 2,818 \cdot 10^{-13} sm$

Nozik struktura doimiysi $\alpha = \frac{e^2}{\hbar c} = \frac{1}{137}$

Bor magnetoni $M_b = \frac{e\hbar}{2m_e c} \approx 0,927 \cdot 10^{-20} erg/e$

Yadro magnetoni $M_{ya} = \frac{e\hbar}{2m_p c} = 5,05 \cdot 10^{-24} erg/e$

Massaning atom birligi $1m.a.b. = \begin{cases} 1,660 \cdot 10^{-24} g \\ 931,44 MeV \end{cases}$

Elektron massasi $m_e = 9,108 \cdot 10^{-28} g$

Proton massasi $m_p = 1,6724 \cdot 10^{-24} g$

Neytron massasi $m_n = 1,6748 \cdot 10^{-24} g$

α —zarracha massasi $m_\alpha = 6,6444 \cdot 10^{-24} g$

Proton massasining elektron massasiga nisbati $\frac{m_p}{m_e} = 1836,16$

Ayrim kattaliklar orasidagi bog'lanishlar.

$1A^0 = 10^{-8} sm$

$1fermi = 10^{-13} sm$

$1barn = 10^{-24} sm^2$

$1yil = 3,15 \cdot 10^7 sm$

$1bar = 10 din / sm^2$

$1J = 10^7 erg = 0,239 kal = 6,242 \cdot 10^{18} eV$

$1eV = 1,6 \cdot 10^{-12} erg = 1,6 \cdot 10^{-19} J$

$1kal = 4,18 J$

$1atm = 1,014 \cdot 10^6 din / sm^2$

$1k = 3 \cdot 10^9 SGSE$

$1a = 3 \cdot 10^9 SGSE$

$1V = 1/300 SGSE$

$1om = \frac{1}{9 \cdot 10^{11}} SGSE$

Radioaktivlik va doza birliklari

$1kyuri = 3,7 \cdot 10^{10} \frac{juft}{sek}$

1rentgen = 0,114erg yutilgan energiyaga teng 1rad = 1G moddada yutilgan 100 erg energiyaga teng.
1 ber biologik to'qimada yutilgan 1 rad rentgen yoki γ nurlanishga teng.

Tera (T)	10^{12}
Giga (G)	10^9
Mega (M)	10^6
Kilo (K)	10^3
Detsi (d)	10^{-1}
Santi (S)	10^{-2}
Milli (M)	10^{-3}
Mikro (Mk)	10^{-6}
Nano (N)	10^{-9}
Piko (p)	10^{-12}

Mustahkamlash uchun savollar

1. Atom fizikasi fanining tarixi.
2. Atom fizikasida kattaliklar, o'lchov birliklari.
3. Fizik jarayonlar haqida ma'lumot bering.
4. Massa zarralarning inertligi va gravitatsion xossalari.

Adabiyotlar

1. Axmadjonov O.I. «Fizika kursi, optika, atom va yadro fizikasi». Toshkent -«O'qituvchi», 1989.
2. Зисман Г.А., Тодес О.М. «Курс общей физики» 3-том. М.»Наука» 1968.
3. Детлаф А.А., Яворский Б.М., « Курс физики » М.: «Высшая школа », 2000.
4. Трофимова Т.И. «Курс физики». М.: «Высшая школа», 2000.
5. Савельев И.В. «Курс общей физики, книга 5.», М.: Наука. 1998.
6. Кристи Р., Питти А. Строение вещества: Введение в современную физику. М.: Наука. 1969.
7. Яворский Б.М., Детлаф А.А. Справочник по физике М.: Наука. 1980.

Darsning xronologik xaritasi: 80 minut

1. Darsni tashkil qilish. 2 minut.
2. Davomatni tekshirish. 2 minut.
3. Atom fizikasi fanidan o'tiladigan mavzular ishchi dasturi bilan qisqacha tanishtirish. 4 minut.
4. Atom fizikasi fanining oldingi o'rganilgan umumiy fizika kurslaridan farqi va umumiylik tomonlarini bayon qilish. 5 minut.
5. Atom fizikasi kursini o'rganishda foydalaniladigan adabiyotlar, ma'ruza matnlari bulardan foydalanish usullari. (Ma'ruza matnda har bir mavzular uchun reja, tayanch so'zlar, adabiyotlarga ko'rgazmalar, nazorat savollar keltirilganligini alohida ta'kidlash). 5 minut.
6. Yangi mavzuni bayon qilish. Atom fizikasining yaratilishi va rivojlanish bosqichlari. Atomning tarkibi, atomning asosiy xususiyatlarini bayon etish, atom fizikasi fani yutuqlarining qo'llanishi va yechimi muhim bo'lgan muammolarini bayon qilish. 55 minut.
7. O'tilgan mavzu bo'yicha savol-javoblar. 7 minut.

O'quv mashg'ulotida ta'lim texnologiyasi modeli

2-Mavzu: Issiqlikning nurlanishi. Kovakda muvozanat nurlanish. Kirxgof qonuni. Stefan-Bolsman qonuni va Vinning siljish qonuni. Reley-Jins qonuni. Plank gipotezasi. Plank fomulasi.

<i>Vaqt: 80 min.</i>	<i>Talabalar soni: 52 ta</i>
<i>O'quv mashg'ulotining shakli</i>	Ma'lumotli kirish - ma'ruza
<i>O'quv mashg'ulotining tuzilishi</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. O'quv kursi va mashg'ulot mavzusiga kirish 2. Bilimlarni faollashtirish - aqliy hujum 3. Ma'ruza matnini tarqatish 4. Asosiy atamalarni aniqlash-pinbord
<i>O'quv mashg'ulot maqsadi: O'quv fani to'g'risida umumiy tasavvurlarni berish</i>	
<i>Pedagogik vazifalar:</i> <ul style="list-style-type: none"> - Issiqlik nurlanishi - Absalyut qora jism. - Kirxgof qonuni - Reley-Jiis formulasi. - Vinning siljish qonuni. 	<i>O'quv faoliyat natijalari:</i> <ul style="list-style-type: none"> - Issiqlik nurlanishi nima. - Absalyut qora jism haqida ma'lumot - Kirxgof qonunini ta'riflang - Reley-Jiis formulasining ifodasi - Vinning siljish qonuni haqida tushuncha
<i>Ta'lim usullari</i>	Ma'ruza minbari
<i>Ta'limni tashkillashtirish shakli</i>	Jamoaviy
<i>Ta'lim vositalari</i>	Ma'ruza matni, kompyuter
<i>Ta'lim berish sharoiti</i>	Texnik vositalar bilan jihozlangan xona
<i>Monitoring va baholash</i>	Tezkor - so'rov.

Ma'lumotli kirish - ma'ruzasining texnologik xaritasi

Ish bosqich-lari va vaqti	Faoliyat mazmuni	
	ta'lim beruvchi	ta'lim oluvchilar
1-bosqich. O'quv mashg'ulotiga kirish (20 daq.)	<p>1.1 Mavzuning nomi, maqsad va kutilayotgan natijalarni yetkazadi. Taqdimot bo'yicha ekranga fanning tuzilmaviy-mantiqiy chizmasini chiqaradi, mavzularning o'zaro aloqasini yoritadi, ularga qisqa tavsif beradi, fan miqyosida bajariladigan uslubiy va tashkiliy ishlar xususiyatlarini tushuntiradi.</p> <p>Reyting-nazorat tizimi, joriy, oraliq, va yakuniy nazoratni baholash mezonlari</p> <p>(№ 1.1 ilova) bilan tanishtiradi.</p> <p>Mavzu bo'yicha asosiy tushunchalarni; mustaqil ishlash uchun adabiyotlar ro'yxatini aytadi.</p> <p>1.2. Birinchi o'quv mashg'ulot mavzusi, maqsad va o'quv faoliyat natijalarini aytadi.</p> <p>1.3. Mavzuni mustahkamlash uchun savollarni beradi (3-ilova)</p>	<p>Tinglaydilar</p> <p>Tinglaydilar</p> <p>Yozib oladilar.</p>
2-bosqich. Asosiy (50 daq.)	<p>2.1. Mavzu bo'yicha ma'ruza matnini tarqatadi va uning rejasi, asosiy tushunchalar bilan tanishishni taklif qiladi.</p> <p>2.3. Berilgan savollar asosida javoblar berilib umumiy xulosalar chiqariladi.</p> <p>2.4 Talabalar bilan birga fanga taaluqli bo'lmagan va qaytariluvchi ma'lumotlarni ochib tashlaydi, muhim asosiy tushunchalarni (Pinbord) kiritadi.</p>	<p>Tinglaydilar.</p> <p>Tinglaydilar, yozib oladilar.</p>
3-bosqich. Yakuniy (10 daq.)	<p>3.1. Mavzu bo'yicha yakun yasaydi, qilingan ishlarning kelgusida kasbiy faoliyatidagi ahamiyatiga talabalar e'tiborini qaratadi.</p> <p>3.2 O'tilgan darsni mustahkamlash uchun foydanilgan adabiyotlar ro'yxati keltiriladi.</p> <p>3.3. Mustaqil ish uchun topshiriq beradi va uning baholash mezonlari bilan tanishtiradi.</p>	<p>O'z-o'zini, o'zaro baho-lashni o'tkazadilar.</p> <p>Topshiriqni yozadilar</p>

BAHOLASH MEZONLARI

№	Nazorat turi	Ball	Nazorat ishi	Uy ishi	Mustaqil ish	Darsda faolligi	Amaliy ish	Laboratoriya
1	JN-1	11	2	2	2	1	2	2
2	JN-2	12	3	2	2	1	2	2
3	JN-3	12	3	2	2	2	2	2
3	ON-1	17	13	2	1	1	-	-
4	ON-2	18	14	2	1	1	-	-
5	YN	30	30					

86-100% “a’lo”
 71-85% “yaxshi”
 55-70% “qoniqarli”
 0-54% “qoniqarsiz”

Ilova 1.2

Talabalar bilimini faollashtirish uchun tezkor savollar

1. Bor nazariyasi postulatlarini tushuntirib bering.
2. Issiqlik nurlanishlarining hosil bo‘lish mexanizimi?
3. Atomlarning nur chiqarish mexanizmi?
4. Nurlanish termlari

Ilova 1.3

Aqliy hujum qoidasi:

Hech qanday birga baholash va tanqidga yo‘l qo‘yilmaydi!

Taklif etilayotgan g‘oyani baholashga shoshma, agarda u hattoki ajoyib va g‘aroyib bo‘lsa ham hamma narsa mumkin.

Tanqid qilma, hamma aytilgan g‘oyalar qimmatli teng kuchlidir.

O‘rtaga chiquvchini bo‘lma!

Turtki berishdan o‘zingni ushla!

Maqsad miqdor hisoblanadi!

Qancha ko‘p g‘oyalar aytilsa, undan ham yaxshi: yangi va qimmatli g‘oyalarni paydo bo‘lishi uchun ko‘p imkoniyatdir.

Agarda g‘oyalar qaytarilsa, xafa bo‘lma va hijolat chekma.

Tasavvuringni “jo‘sh urishiga” ruxsat ber!

Agarda g‘oyalar qaytarilsa, xafa bo‘lma va hijolat chekma.

Tasavvuringni “jo‘sh urishiga” ruxsat ber!

Ilova 1.4

Pinbord (inglizchadan: *pin*- mahkamlash, *board* – yozuv taxtasi) munozara usullari yoki o‘quv suhbatini amaliy usul bilan moslashdan iborat.

Ta’lim beruvchi:

→ Taklif etilgan muammoni yechishga o‘z nuqtai nazarini bayon qiladi.

→ Ommaviy to‘g‘ri aqliy hujumni tashkillashtiradi.

Ta’lim oluvchilar quyidagi g‘oyalarni:

→ Taklif etadilar, muhokama qiladilar, baholaydilar eng ko'p maqbul (samarali va boshqa g'oyalarni tanlaydilar va ularni qog'oz varag'iga asosiy so'zlar ko'rinishida (2 so'zdan ko'p bo'lmagan) yozadilar va yozuv taxtasiga biriktiradilar.

→ Guruh a'zolari (ta'lim beruvchi tomonidan belgilangan 2-3 talaba yozuv taxtasiga chiqadilar va boshqalar bilan maslahatlashib:

- aniq xato yoki qaytariluvchi g'oyalarni saralaydilar;
- tortishuvlarni aniqlaydilar;
- g'oyalarni tizimlashtirish mumkin bo'lgan belgilar bo'yicha aniqlaydilar;
- shu belgilar bo'yicha hamma g'oyalarni yozuv taxtasida guruhlaydilar (kartochka/ varaqlar).

Ta'lim beruvchi:

→Umumlashtiradi va ish natijalarini baholaydi.

Monitoring va baholash

O'tilgan mavzu bo'yicha og'zaki so'rov, tezkor savol-javob qarab 1-2 ballgacha baholanadi.

Ilova 1.5

Mustaqil ish topshiriqlari.

1. Absolyut qora jism nurlanishi qonunlari. Kvant o'tishlar.
2. Taqdimot slaydlari.

2- Ma'ruza (2-soat)

**Issiqlikning nurlanishi. Kovakda muvozanat nurlanish.
Kirxgof qonuni. Stefan-Bolsman qonuni va Vinning siljish
qonuni. Reley-Jins qonuni. Plank gipotezasi. Plank fomulasi.**

Reja:

1. Issiqlik nurlanishi.
2. Absolyut qora jism.
3. Kirxgof qonuni.
4. Stefan-Bolsman qonuni.
5. Vinning siljish qonuni.
6. Reley-Jiis formulasi.
7. Plank formulasi.

Tayanch so'zlar va iboralar: Issiqlik nurlanishi, absolyut qora jism, Stefan-Bolsman qonuni, Vinning siljish qonuni, Reley-Jins formulasi, Plank formulasi

Biz atomlarning elektromagnit nurlanishini mumtoz atom fizika nuqtai nazardan qanday tushuntirishni aytib o'tdik. Ammo mumtoz atom fizika issiqlik nurlanish muammosiga qo'llanilganda jiddiy kamchiliklarga duch keldi. Mana shu muammolarni o'rganishda va ularni hal qilishda mumtoz mexanika hamda elektrodinamikaning kamchilik tomonlari sezilib qoldi. Bu yerda mumtoz fizika qonunlari to'g'ri kelmaydigan kvantlar gipotezasini kiritish kerak bo'ldi. Endi mumtoz fizikada hal bo'lmaydigan qarama qarshilikga olib kelgan muammolar ustida to'xtalib o'taylik.

Tajriba natijalarining ko'rsatishicha, yuqori haroratda qattiq jismlar qizdirilganda cho'g'lanib, ko'zga ko'rinuvchi yorug'lik chiqaradi. Xuddi shuningdek ular past haroratda ham issiqlik to'liqlari deb ataluvchi infraqizil nurlar ko'rinishida energiya chiqaradi. Demak, issiqlik nurlanishi ixtiyoriy haroratda vujudga kelar ekan.

Nurlanayotgan jismni ideal qaytaruvchi sirtli, issiqlik o'tkazilmaydigan va havosi so'rib olingan qobiq bilan o'raylik. Bu 1-rasmda keltirilgan qobiqdan qaytgan nurlanish jismga tushib, unda qisman yoki to'liq yutiladi. Demak, qobiqni to'ldirgan nurlanish bilan jism orasida uzliksiz tarzda energiya almashinuvi yuzaga keladi. Agar jism bilan nurlanish orasida energiya taqsimoti har bir to'lqin uzunligi uchun domiy qolsa, jism-nurlanish tizimidagi holat muvozanatda bo'ladi. Tajribadan ma'lumki, nurlanuvchi jism bilan bo'lsa issiqlik nurlanishidir. Boshqa hamma turdagi nurlanishlar muvozanatsiz nurlanish hisoblanadi.

Issiqlik nurlanishining nurlanayotgan jismlar bilan muvozanatda bo'lishiga harorat ortganda jismning nurlanish intensivligining ortib borishiga sabab bo'ladi. Jism bilan nurlanish orasida muvozanat buzilgan, jism energiya yutmay balki energiya chiqaradi deb faraz qilaylik. U vaqtda jismning ichki energiyasi kamaya borib, haroratning pasayishiga olib boradi. Demak, jism chiqaradigan energiyaning kamayishiga olib kelar ekan. Jismning harorati jismdan nurlanayotgan energiya miqdori, unda yutilayotgan energiya miqdoriga tenglashguncha pasaya boradi. Agar muvozanat boshqa tomonga buzilsa, ya'ni nurlanayotgan energiya miqdori yutilayotgandan kam bo'lsa, jismning harorati muvozanat yuz berguncha ko'tariladi. Shunday qilib, jism-nurlanish tizimidagi muvozanatning buzilishi muvozanatni tiklovchi jarayonlarni vujudga keltiradi. Issiqlik nurlanishini o'rganuvchi barcha eksperimentlarda absolyut qora jism ana shunday modellashiriladi. Bo'shliq ichida temperatura oshirilsa tirqishdan chiqayotgan nurlanish energiyasi ham oshadi va uning spektral tarkibi o'zgarib boshlaydi.

Xulosa qilib aytishimiz mumkinki, barcha turdagi nurlanishlar orasida faqatgina issiqlik nurlanishi muvozanatli bo'la oladi. Muvozanatda bo'lgan holat va jarayonlarga termodinamika qonunlarini qo'llash mumkin. Shunday qilib, issiqlik nurlanishi ham termodinamika jarayonlaridan kelib chiqadigan ba'zi umumiy qonunlarga bo'ysunar ekan. Endi biz shu qonuniyatlarni alohida-alohida ko'rib chiqamiz.

Kirxgof qonuni. Issiqlik nurlanishini xarakterlash uchun vatt hisobida o'lchanadigan energiya oqimi kattaligidan foydalanaylik. Nurlanayotgan jismning birlik sirtidan hamma yo'nalish bo'ylab chiqarayotgan energiya oqimi jismning energiyaviy yorituvchanligi R_ϵ deb ataladi.

Nurlanish turli ν -chastotali to'lqinlardan iborat. Jismning birlik sirtidan $d\nu$ chastotalar oralig'idan chiqarayotgan energiya oqimini dR_ν bilan belgilaylik. $d\nu$ -oraligining kichik qiymatidan dR_ν oqim $d\nu$ -ga mutanosib bo'ladi;

$$dR_\nu = r_\nu d\nu \quad (1)$$

r_ν - katalik jismning chiqarish qobiliyati deb ataladi. Tajriba natijalaridan ma'lumki, chiqarish qobiliyati jismning haroratiga kuchli bog'liq. Demak, r_ν -chastota va haroratning funksiyasidir. Energiyaviy yorituvchanlik ham mos ravishda haroratning funksiyasi hisoblanadi.

Chiqarish qobiliyatini bilgan holda energiyaviy yorituvchanlikni quyidagicha hisoblash mumkin:

$$R = \int dR_{\nu T} = \int_0^\infty r_{\nu T} d\nu, \quad (2)$$

energiyaviy yorituvchanlik va chiqarish qobiliyatini haroratga bog'lik ekanliklarini ko'rsatish uchun ularning indeksigi « T » ni qo'shdik.

Nurlanishni ν chastota o'rniga λ to'lqin uzunligi bilan ham xarakterlash mumkin. $d\nu$ spektr qismiga $d\lambda$ to'lqin uzunlik oralig'i mos keladi. Aynan bir sohani aniqlovchi $d\nu$ va $d\lambda$ lar $\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{2\pi c}{\nu}$ formuladan kelib chiquvchi oddiy munosabat bilan bog'langan. Differensiallash natijasida quyidagi hosil bo'ladi:

$$d\lambda = -\frac{2\pi c}{\nu^2} d\nu = -\frac{\lambda^2}{2\pi c} d\nu \quad (3)$$

(3) ifodadagi manfiy ishora muhim rol o'ynamay, u faqat ν va λ kataliklardan birining ortishi ikkinchisining esa kamayishini bildiradi. Shu sababli bundan keyin manfiy ishorani hisobga olmaymiz.

Energiyaviy yorituvchanlikning $d\lambda$ oraliqqa to'g'ri keluvchi qismini (3.1) ifodaga o'xshatib quyidagi ko'rinishda berish mumkin:

$$dR_\lambda = r_\lambda d\lambda \quad (4)$$

Agar (1) va (34)-ifodalarga kiruvchi $d\nu$ va $d\lambda$ intervallar (3) munosabat bilan o'zaro bog'langan bo'lsa, ya'ni spektrning aynan bir qismiga tegishli bo'lsa, u holda dR_ν va dR_λ bir xil bo'lishi kerak.

$$r_\nu d\nu = r_\lambda d\lambda$$

Keyingi tenglikda $d\lambda$ (3) ifodaga asosan almashtirsak quyidagiga ega bo'lamiz:

$$r_\nu d\nu = r_\lambda \frac{2\pi c}{\nu^2} d\nu = r_\lambda \frac{\lambda^2}{2\pi c} d\nu,$$

bundan

$$r_\nu = r_\lambda \frac{2\pi c}{\nu^2} = r_\lambda \frac{\lambda^2}{2\pi c} \quad (5)$$

(5) yordamida r_ν dan r_λ ga va aksincha o'tishi mumkin.

Jism sirtining elementar yuziga $d\nu$ chastota intervalida bo'lgan elektromagnit to'lqinlarning nuriy energiya oqimi dF_ν tushayotgan bo'lsin. Bu oqimning dF_ν qismini jism yutadi. Quyidagi

$$a_{\infty T} = \frac{d\hat{O}_\nu}{d\hat{O}_\lambda} \quad (6)$$

o'lchamsiz kattalikni jismning yutish qobiliyati deb ataladi. Yutish qobiliyati jismning temperaturasi bog'liq. Demak, chastota va temperaturaning funksiyasidir.

Ta'rifga ko'ra $a_{\infty T}$ birdan katta bo'lishi mumkin emas. Tushayotgan hamma chastotali nurlanishni to'liq yuta oladigan jismlar uchun $a_{\infty T} \equiv 1$. Bunday jism absolyut qora jism deb ataladi. Ixtiyoriy jismning chiqarish va yutish qobiliyati o'rtasida aniq bog'lanish mavjud. Bunga quyidagi tajribadan keyin ishonch hosil qilish mumkin. O'zgarmas T temperaturada tutib turiluvchi berk qobiq ichiga bir nechta jism kiritilgan bo'lsin (155-rasm). Qobiq ichidagi havo so'rib olingan, demak jismlar o'zaro va qobiq bilan faqat elektromagnit to'lqinlarni chiqarish va yutish bilan energiya almashinishlari mumkin.

Tajribadan ma'lum bo'lishicha, bunday sistema biror vaqt o'tishi bilan issiqlik muvozanati holatiga keladi, hamma jismlar qobiqning T temperaturasi teng bo'lgan temperaturani oladi. Bunday holatda $a_{\infty T}$ chiqarish qobiliyati katta bo'lgan jism birlik sirtidan birlik vaqt ichida kichik $a_{\infty T}$ ga ega bo'lgan jismga nisbatan ortiq energiya yo'qotadi. Jismlarning temperaturasi (va demak, energiyasi ham) o'zgarmaganligi sababli, ko'p energiya chiqaruvchi jism ko'p energiyani yutishi, ya'ni katta $a_{\infty T}$ ga ega bo'lishi lozim. Shunday qilib, jismlarning $a_{\infty T}$ chiqarish qobiliyati qancha katta bo'lsa, uning $a_{\infty T}$ yutish qobiliyati ham shuncha katta bo'ladi. Bundan quyidagi munosabat kelib chiqadi:

$$\left(\frac{r_{\nu T}}{a_{\nu T}} \right)_1 = \left(\frac{r_{\nu T}}{a_{\nu T}} \right)_2 = \left(\frac{r_{\nu T}}{a_{\nu T}} \right)_a = \dots$$

bunda 1, 2, 3 va hokazolar turli jismlarga tegishli.

Kirxgof quyidagi qonunni ta'riflagan: chiqarish va yutish qobiliyatlarining o'zaro nisbati jismlarning tabiatiga bog'liq bo'lmay, hamma jismlar uchun chastota (to'lqin uzunligi) hamda temperaturaning birday (universal) funksiyasi hisoblanadi:

$$\frac{\tau_{\nu T}}{a_{\nu T}} = f(\nu, T). \quad (7)$$

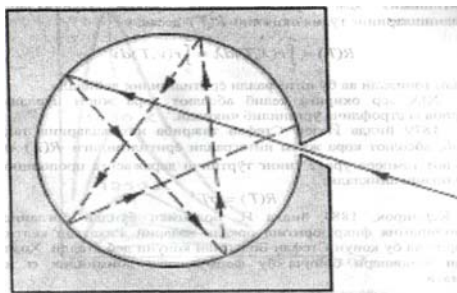
$r_{\nu T}$ va $a_{\nu T}$ larning o'zi bir jismdan ikkinchi jismga o'tganda juda katta o'zgaradi. Ularning nisbatlari esa hamma jismlar uchun birday bo'ladi. Bu, jism bir xil nurni qancha ko'p yutsa, o'sha nurni shuncha chiqaradi, degan ma'noni bildiradi.

Absolyut qora jism uchun berilgan ta'rifga binoan $a_{\nu T} \equiv 1$. Demak, (7) formuladan bunday jism uchun $r_{\nu T}$ ning $f(\nu, T)$ ga tengligi kelib chiqadi. Shunday qilib, Kirxgofning $f(\nu, T)$ universal funksiyasi absolyut qora jismning chiqarish qobiliyatining o'zidir.

Nazariy tadqiqot ishlarida muvozanatli issiqlik nurlanishining spektral tarkibini xarakterlash uchun chastota funksiyasi $f(\nu, T)$ dan foydalanish ancha qulaylik tug'diradi.

Tabiatda absolyut qora jism mavjud emas. Bunday jismning yaxshi modeli bo'lib kichik tirqishga ega bo'lgan ichi bo'sh jism hisoblanadi (1-rasmga qaralsin).

Tirqishdan bo'shliqqa tushayotgan nur idish ichida ko'plab qaytishdan keyin idish devorlari tomonidan to'la yutiladi va tashqaridan bu tirqish tamoman qora bo'lib ko'rinadi. Agar bo'shliq biror T temperaturagacha qizdirilgan va uning ichida issiqlik muvozanati yuzaga kelgan bo'lsa, tirqishdan chiqayotgan bo'shliqning xususiy nurlanishi absolyut qora jism nurlanishi hisoblanadi.



1 -rasm.

Absolyut qora jism modeli

Tajriba ishlarda to'lqin uzunligi funksiyasi $\varphi(\lambda, T)$ dan foydalaniladi. Bu yerda ikkala funksiya bir biri bilan (5) ifodaga o'xshash formula

$$f(\nu, T) = \frac{2\pi c}{\nu^2} \varphi(\lambda, T) = \frac{\lambda^2}{2\pi c} \varphi(\lambda, T) \quad (8)$$

bilan bog'langan. (8) ga asosan, ma'lum $f(\nu, T)$ funksiya bo'yicha $\varphi(\lambda, T)$ dagi ν chastotani $2\pi c / \lambda$ ga almashtirib, hosil bo'lgan ifodani $2\pi c / \lambda^2$ ga ko'paytirish lozim:

$$\varphi(\lambda, T) = \frac{2\pi c}{\lambda^2} f\left(\frac{2\pi c}{\lambda^2}, T\right). \quad (9)$$

Noma'lum $f(\nu, T)$ ni ma'lum $\varphi(\lambda, T)$ ga qarab topish uchun

$$f(\nu, T) = \frac{2\pi c}{\nu^2} \varphi\left(\frac{2\pi c}{\nu}, T\right) \quad (10)$$

munosabatdan foydalanish lozim.

Tabiatda absolyut qora jismlar mavjud emas. Qurum yoki platina qorasi uchun $a_{\nu T}$ yutish qobiliyati faqat chegaralangan chastotalar intervalida birga yaqin: uzoq infraqizil sohada ularning yutish qobiliyatlari birdan ancha kam. Lekin o'z xususiyatlari bilan absolyut qora jismga juda kichik bo'lgan qurilma yasash mumkin. Bunday qurilma juda kichik teshikka ega va deyarli berk bo'lgan kovak idishdan iborat (156-rasm). Teshik orqali qurilma ichiga kirib qolgan nur orqaga qaytib teshik orqali chiqib ketguncha ichki sirtidan ko'p marta qaytadi. Har bir

qaytishda energiyaning bir qismi yutiladi, natijada istalgan chastotali deyarli hamma nurlanish shu kovak ichida yutiladi.

Kirxgof qonuniga asosan, bunday qurilmaning chiqarish qobiliyati $f(\nu, T)$ ga yaqin, bu yerda T kovak devorlarining haroratini bildiradi. Shunday qilib, agar kovak devorlarini biror T haroratda ushlab turilsa, teshikdan spektral tarkibi absolyut qora jismning o'sha haroratdagi nurlanishiga yaqin bo'lgan nurlanish chiqadi. Bu nurlanishni difraksion panjara yordamida spektrga ajratib, spektrning turli qismlaridagi intensivlikni o'lchab, $f(\nu, T)$ va $\varphi(\lambda, T)$ fuksionar ko'rinishini tajribada topishi mumkin. Bunday tajriba natijalari (157-rasm) da berilgan. Turli egri chiziqlar absolyut qora jismning turli haroratlariga tegishli. Egri chiziq bilan chegaralangan yuza absolyut qora jismning muayyan haroratdagi energiyaviy yorituvchanligini bildiradi.

157-rasmda egri chiziqlar gaz molekulalarning tezliklar bo'yicha taqsimot egri chiziqlarda juda o'xshash. Ma'lum darajada esa farqi ham mavjud. Tezliklar bo'yicha taqsimot egri chiziqlari turli haroratlarida bir-birini kesib o'tsa, absolyut qora jismning nurlanishining spektral taqsimot egri chizig'i esa past haroratlarda, o'zidan yuqoriroq bo'lgan haroratlarga mos bo'lgan egri chiziqlarni ichiga yotadi.

Rasmdan shuni xulosa qilish mumkinki, absolyut qora jismning energiyaviy yorituvchanligi haroratga qarab juda tez ortadi. Hamda chiqarish qobiliyatining maksimumi harorat ortishi bilan qisqa to'lqinlar tomon siljib boradi.

Stefan Bolsman qonuni va Vin qonuni. Absolyut qora jismning nazariy jihatdan tushuntirish fizikada juda katta ahamiyatga ega bo'lib, u energiya kvanti tushunchasini kashf etilishiga sababchi bo'ldi. $f(\nu, T)$ funksiyaning ko'rinishini nazariy jihatdan keltirib chiqarish uchun sarf bo'lgan mehnatlar uzoq vaqt masalani umumiy yechimini bera olmadi. 1879 yili Stefan tajriba natijalarni tahlil qilib ko'rib, istalgan jismning R_e energiyaviy yorituvchanligi absolyut haroratning to'rtinchi darajasiga mutanosib degan fikrga keldi. Lekin keyingi olib borilgan tajriba natijalari uning xulosasida xato mavjudligi ko'rsatdi. 1884 yilda Bolsman termodinamik mulohazalarga asoslanib, absolyut qora jismning energiyaviy yorituvchanligi uchun quyidagi ifodani nazariy yo'l bilan hisoblab taklif qildi:

$$R_s^* = \int_0^{\infty} f(\nu, T) d\nu = \sigma T^4 \quad (11)$$

(11) ifodada σ - o'zgarmas kattalik, T - absolyut harorat. Shunday qilib, Stefaning qora bo'lmagan jismlar uchun kelgan xulosasi (u absolyut qora jismlar bilan eksperiment o'tkazmagan), faqat absolyut qora jismlar uchungina o'rinli bo'lib chiqadi. Absolyut qora jismning energiyaviy yorituvchanligi bilan absolyut harorat orasidagi (11) munosabat Stefan-Bolsman qonuni deb ataladi. σ - o'zgarmas kattalik Stefan-Bolsman doimiysi deb ataladi. Uning tajribada topilgan qiymati quyidagiga teng: $\sigma = 5,7 \cdot 10^{-8} \text{ vt} / \text{m}^2 \cdot \text{grad}^4$

Vin qonuni. Vin (1893) termodinamikadan tashqari yana elektromagnit nazariyadan ham foydalanib, spektral taqsimot funksiyasi quyidagi ko'rinishga ega bo'lishini ko'rsatdi:

$$f(\nu, T) = \nu^2 F\left(\frac{\nu}{T}\right). \quad (12)$$

Bu yerda F - chastotaning tempraturaga nisbatining noma'lum funksiyasi. (9) formulaga asosan $\varphi(\lambda, T)$ funksiya uchun quyidagi ifoda hosil bo'ladi:

$$\varphi(\lambda, T) = \frac{2\pi c}{\lambda^2} \left(\frac{2\pi c}{\lambda} \right)^3 F\left(\frac{2\pi c}{\lambda T} \right) = \frac{1}{\lambda^5} \varphi(T), \quad (13)$$

bu yerda $\varphi(\lambda, T) - \lambda T$ ko'paytmaning noma'lum funksiyasi. (13) munosabat $\varphi(\lambda, T)$ funksiyaning maksimumi to'g'ri kelgan λ_m to'lqin uzunligi bilan temperatura orasidagi bog'lanishni keltirib chiqarishga imkon beradi. (13) ni λ ga nisbatan differensiallaymiz:

$$\frac{d\varphi}{d\lambda} = \frac{1}{\lambda^5} T \varphi'(\lambda T) - \frac{5}{\lambda^6} \varphi(\lambda T) = \frac{1}{\lambda^6} [\lambda T \varphi'(\lambda T) - 5 \varphi(\lambda T)] \quad (14)$$

Kvadrat qavs ichidagi ifoda biror $\psi(\lambda T)$ funksiyani beradi. $\varphi(\lambda, T)$ funksiyaning maksimumiga mos kelgan λ_m to'lqin uzunligi uchun (5) ifodani nolgacha aylanishi lozim:

$$\left(\frac{d\varphi}{d\lambda}\right)_{\lambda=\lambda_m} = \frac{1}{\lambda_m^b} \psi(\lambda_m T) = 0$$

Tajribada kelib chiqdiki, $\lambda_m \neq \infty$ da $\psi(\lambda_m T) = 0$ shart bajarilishi lozim. Oxirgi tenglamaning $\lambda_m T$ noma'lumga nisbatan yechimi biror sonni beradi. Biz uni b harfi bilan belgilaymiz. Shunday qilib Vinning siljish qonuni deb ataluvchi

$$T\lambda_m = b \quad (15)$$

munosabat hosil bo'ladi. Konstanta b ning eksperimental qiymati quyidagiga teng:

$$b = 2,90 \cdot 10^7 \text{ A} \cdot \text{grad} = 2,90 \cdot 10^3 \text{ mk} \cdot \text{grad} \quad (16)$$

Reley-Jins formulasi. Reley va Jins energiyaning erkinlik darajasi bo'yicha teng taqsimlanishi haqidagi klassik statistik teorema asosan $f(\nu, T)$ funksiyani aniqlashga urinib ko'rdilar. Ular har bir elektromagnit tebranishga o'rta hisobda kT ning ikkita yarmi, ya'ni uning bitta yarmi to'liqning elektr energiyasiga va ikkinchisi esa magnit energiyasiga to'g'ri keladi deb faraz qildilar (shuni eslatib o'taylikki, klassik tasavvurga asosan har bir tebranish energetik darajasiga o'rtacha ikkita yarim kT ga teng bo'lgan energiya to'g'ri keladi).

Modda bilan muvozanatda turgan nurlanishni ko'rib chiqaylik. Buning uchun ichidan havosi so'rib olingan va devorlari o'zgarmas T temperaturada tutib turilgan kovak idishni ko'z oldimizga keltiraylik. Muvozanat holatda nurlanish energiyasi kovakning hajmida ma'lum $i = i(T)$ zichlik bilan taqsimlangan bo'ladi. Bu energiyaning spektral taqsimotini taqsimlangan bo'ladi. Bu energiyaning spektral taqsimotini

$$du_\nu = u(\nu, T) d\nu$$

shartdan aniqlanadigan $u(\nu, T)$ funksiya orqali xarakterlash mumkin; bu yerda du_ν energiya zichligining $d\nu$ chastota intervaliga to'g'ri keluvchi qismi. Energiyaning to'liq zichligi quyidagi ko'rinishda berilishi mumkin:

$$u(T) = \int_0^\infty u(\nu, T) d\nu$$

Nurlanish energiyasi $u(T)$ ning muvozanat zichligi faqat temperaturaga bog'liq bo'lib, kovak devorlarining xususiyatiga bog'liq bo'lmaydi. Bu hol termodinamik mulohazalardan kelib chiqadi. Devorlari turli materiallardan yasalgan va boshlang'ich paytda bir xil temperaturaga ega bo'lgan ikkita kovak idishni ko'rib chiqaylik. Energiyaning muvozanat va zichligi ikkala kovak ichida turlicha va aytaylik, $u_1(T) \gg u_2(T)$ bo'lsin. Kovaklarni kichik tirqish orqali birlashtiraylik (1-rasm). Bu bilan kovaklar devorlarining nurlanish orqali issiqlik almashinishlariga imkoniyat tug'diramiz. Farazga ko'ra, $u_2 > u_1$ bo'lgani uchun birinchi kovakdan ikkinchisiga oqayotgan energiya oqimi.

Reley-Jins formulasini keltirib chiqarishni qarab chiqaylik Buning uchun maydoni xususiy tebranishlari sonini hisoblashdan boshlaylik. Oddiylik uchun statsionar to'liqin maydoni joylashgan kavak a-qirrali kub shakliga deylik. Yuqorida aytilgandek, statsionar to'liqin maydoni turg'un to'liqlar to'plamidan iborat deb qarash mumkin. Dastlab, to'liqlarga o'tkazilgan normal kubning ikki parallel yoqlariga perpendikulyar bo'lgan to'liqlarni qaraylik. Bu yo'nalishga parallel holda yo'nalish bo'ylab turg'un to'liqlarni hosil qiladi. Bunda to'liqlar tabiatiga bog'liq holda kovak devoriga to'liqin tugunlari yoki do'ngliklari to'g'ri keladi; masalan, elektromagnit to'liqlar holida elektr maydon devorda tugunlar hosil qilsa, magnit maydon-do'nglik hosil qiladi. Biroq bu va boshqa hollarda turg'un to'liqlar hosil uchun a masofada yarim to'liqlarning butun soni joylashishi kerak.

Ravshanlik uchun faqat devorda tugunlar hosil qiladigan turg'un to'liqlarni qarab chiqamiz.

Demak, yuz tekislikka parallel turg'un to'liqlar mavjud bo'lish sharti $\frac{2\alpha}{\lambda} = n_1$ (n_1 -butun son) bo'ladi. xu va xz tekisliklarga parallel, birday fazali tekisliklarga ega bo'lgan turg'un to'liqlar uchun

$$\frac{2\alpha}{\lambda} = n_2, \quad \frac{2\alpha}{\lambda} = n_3,$$

yuqoridagiga o'xshash shartlar o'rinli bo'ladi.

Normallari koordinata o'qlariga parallel bo'lgan, ko'rib o'tilgan turg'un to'lqinlar sistemalari xususiy hollar bo'ladi. Kovakda normallari turli yo'nalishda bo'lgan turg'un to'lqinlar mavjud bo'lishi mumkin.

Bu umumiy holni batafsilroq qarab chiqamiz. Aytaylik, normali x va u o'qlar bilan mos ravishda α va β burchaklar hosil qiluvchi, uning teng fazali tekisliklari esa (masalan, tugun tekisliklari) kubning z o'qqa mos tushuvchi vertikal qirrasiga parallel turg'un to'lqin mavjud bo'lsin. 133-rasmda kvadrat kubning asoslaridan birini, ya'ni xu koordinata tekisligiga parallel bo'lgan yoqni tasvirlaydi, chiziqlar sistemasi esa tugun tekisliklar izini tasvirlaydi. Bunday turg'un to'lqinlarning mavjudlik sharti shundan iboratki, ularning kub yoqlariga o'tkazilgan normallar bo'yicha o'lchangan, tugun tekisliklari orasidagi masofalar α qirrada butun son marta joylashishlari kerak, ya'ni

$$\frac{2a \cos \alpha}{\lambda} = n_1, \quad \frac{2a \cos \beta}{\lambda} = n_2.$$

Bu shartlar 133-rasmni qarab chiqishdan hosil bo'ladi. Ravshanki, umumiy holda tugun tekisliklarga o'tkazilgan normal koordinatalar o'qlari bilan ixtiyoriy α, β, γ burchaklar hosil qilganida, bir vaqtda uch shart qanoatlantirilishi kerak:

$$\frac{2a \cos \alpha}{\lambda} = n_1, \quad \frac{2a \cos \beta}{\lambda} = n_2, \quad \frac{2a \cos \gamma}{\lambda} = n_3. \quad (17)$$

Bu uchala tenglikni kvadratga ko'tarib va qo'shsak, quyidagi hosil bo'ladi:

$$n_1^2 + n_2^2 + n_3^2 = \left(\frac{2a}{\lambda}\right)^2 = \left(\frac{2a\nu}{c'}\right)^2, \quad (18)$$

bunda c' -mazkur muhitda teng fazali tekislikning ko'chish tezligi (fazaviy tezlik). Biroq bu

$$R = \frac{2a\nu}{c'} \quad (19)$$

radiusi sfera tenglamasidir.

Bundan ko'rinib turibdiki, bu uchta butun sonlarning har biri n_1, n_2, n_3 ga muayyan chastota mos keladi:

$$\nu = \frac{c'}{2a} \sqrt{n_1^2 + n_2^2 + n_3^2}. \quad (20)$$

Endi dekart koordinatalar sistemasini kiritamiz. $c'/2a$ ni birlik qilib, sistema o'qlariga n_1, n_2, n_3 butun sonlarni qo'yamiz, bu sonlar qiymatlarining har bir to'plamiga muayyan chastota mos keladi. Biz endi «chastotalar fazosi» deb ataydigan koordinatalar sistemasida bu chastota (nuqtani tasvirlovchi) n_1, n_2 va n_3 butun sonlarga son jihatidan teng bo'lgan chastotalar mos keladi. Bu teng chastotalar bizning kontinuumning turlicha xususiy tebranishlariga tegishli bo'ladi. Chunki ularning har biriga yo'nalishlari jihatidan farqli bo'lgan o'zining turg'un to'lqinlari sistemasi mos keladi.

Barcha bunday o'zaro teng chastotalarning chastotalar fazosining turli nuqtalariga tegishli bo'lishi bizning maqsad uchun muhimdir.

Endi 0 dan ν gacha bo'lgan xususiy chastotalarning to'la sonini hisoblashimiz mumkin. Buning uchun n_1, n_2, n_3 larning har xil butun musbat qiymatlariga mos keluvchi nuqtalar sistemasini tuzamiz. Ravshanki, bu nuqtalar sistemasi kub panjara ham 1 ga teng bo'ladi. Agar to'lqin uzunligi kovakning a chiziqli o'lchoviga nisbatan yetarlicha kichik bo'lsa, u holda barcha elementar yacheykalar (kubchalar) hajmlari yig'indisi yetarlicha aniqlikda (86.3) va (86.4) shartlarga ko'ra aniqlanadigan R radiusi sferaning sakkizdan bir qismiga teng bo'ladi. Har bir yacheykaning hajmi 1 ga teng bo'lganidan biz aks holni-oktant (ko'rsatilgan darajadagi aniqlik bilan) hajmi elementar yacheykalar soniga teng bo'lishini ham tasdiqlay olamiz.

Agar bir yacheykaga nechta tasvirlovchi nuqta to'g'ri kelishini bilsak, u holda bizning kovakning 0 dan ν gacha oralig'ida yotuvchi xususiy chastotalari to'la sonini ham topa olamiz. Xuddi kubik ion panjarada har bir yacheykaga bittadan ion to'g'ri kelganidek, mazkur holda ham har bir

elementar kubchaga bittadan tasvirlovchi nuqta to'g'ri keladi. Shunday qilib, erkin tebranishlar chastotalarning izlanayotgan soni son jihatdan oktant hajmiga teng, ya'ni

$$N = \frac{1}{8}, \frac{4}{3}\pi \left(\frac{2av}{c'} \right) = \frac{4}{3}\pi \left(\frac{av}{c'} \right)^3 \equiv \frac{4}{3}\pi \frac{a^3 v^3}{c'^3}.$$

Bu esa 0 dan v gacha oraliqdagi xususiy tebranishlar sonidir. v va $v+dv$ gacha oraliqdagi tebranishlar soni $\frac{2av}{c'}$ va $\frac{2a(v+dv)}{c'}$ radiusli sferik qatlamning sakkizdan bir qismi ichiga joylashgan tasvirlovchi nuqtalar soniga teng, yuqoridagiga asosan esa, tasvirlovchi nuqtalarning bu soni ko'rsatilgan qatlam hajmiga tengdir, ya'ni

$$dN = \frac{4\pi v^2}{c'^3} a^3 dv.$$

Mazkur holda so'z faqat bizni qiziqtirayotgan elektromagnit to'lqinlar haqida ketsa, u holda har bir v chastotaga qutblanish tekisliklari o'zaro perpendikulyar bo'lgan ikkita to'lqin to'g'ri kelishini ham e'tiborga olishimiz kerak. Shuning uchun topilgan sonni ikkilantirish kerak va a^3 kub hajmini V bilan belgilab, quyidagini hosil qilamiz:

$$dN = \frac{8\pi v^2}{c^3} V dv.$$

Bu esa bizning V hajmning erkin xususiy tebranishlari soni bo'ladi. Energiyaning teng taqsimlanishi haqidagi teorema asosan ularning har biriga o'rtacha kT energiya yozish kerak bo'ladi. Binobarin, V hajmdagi to'la energiya:

$$\frac{8\pi v^2}{c^3} V kT dv,$$

bundan to'la energiyani V hajmga bo'lib, energiya zichligini topamiz:

$$\rho_v dv = \frac{8\pi v^2}{c^3} kT dv. \quad (21)$$

Bu esa Reley-Jins formulasidir.

Bu formuladan amalda foydalanish uchun eenergiyaning chastota bo'yicha taqsimlanishidan to'lqin uzunligi bo'yicha taqsimlanishiga o'tish qulay bo'ladi. λ , $\lambda + d\lambda$ to'lqin uzunlik intervali uchun yuqoridagiga asosan quyidagiga ega bo'lamiz:

$$\rho_v dv = \rho_\lambda d\lambda$$

va

$$dv = \frac{c}{\lambda^2} d\lambda. \quad (22)$$

Bu munosabatlar yordamida (22)-formuladan quyidagini hosil qilamiz:

$$\rho_\lambda d\lambda = 8\pi kT \lambda^{-4} d\lambda. \quad (23)$$

Nurlanishning sirtiy ravshanligi $I_\lambda = \frac{c}{8\pi} \rho_\lambda$ munosabat yordamida (23) dan hosil bo'ladi:

$$I_\lambda d\lambda = CkT \lambda^{-4} \rho_\lambda. \quad (24)$$

Nihoyat Reley-Jins formulasining to'lqin uzunlik bo'yicha taqsimlanish ko'rinishidagi (23) ifodasida o'lchamlik mulohazalaridan oson hosil qilish mumkin. Haqiqatan ham λ , $\lambda + d\lambda$ to'lqin uzunlikka tegishli V ga va $f(\lambda) d\lambda$ erkin xususiy tebranishlari soni V va $d\lambda$ intervalga proporsional bo'lishi kerak: $f(\lambda) d\lambda = S\varphi(\lambda)Vd\lambda$, bunda S -doimiy son. Biroq $f(\lambda) d\lambda$ o'lchamsiz son bo'lishi kerakligidan $Vd\lambda$ kattalik sm^{-4} o'lchamlikka ega bo'lishi kerak. U holda $\varphi(\lambda) = \lambda^{-4}$ va $f(\lambda) d\lambda = S\lambda^{-4}V d\lambda$. Bu formula har qanday tabiatli to'lqin uchun o'rindir. Energiyaning teng taqsimlanishi haqidagi teorema asosan har bir xususiyat tebranishga kT o'rtacha energiya yozib, V hajmning to'la energiyasi uchun quyidagini topamiz:

$$\rho_\lambda d\lambda = CkT \lambda^{-4} \rho_\lambda,$$

ya'ni Reley-Jins formulasiga C son ko'paytuvchi aniqligida mos keluvchi ifoda hosil bo'ldi. Bu ko'paytuvchini sof hisoblash yo'li bilan qilish mumkin. V hajm gaz bilan to'ldirilganda faqat bo'ylama to'lqinlar mavjud bo'lishi mumkin bo'lib, C uchun 4π hosil bo'ladi; faqat ko'ndalang to'lqinlardan iborat, lekin o'zaro tik qutblanish tekisligi ikkita mustaqil to'lqinga ega bo'lgan elektromagnit maydon uchun $C = 4\pi$, nihoyat, ikkala xil ko'ndalang to'lqin, shuningdek, bo'ylama to'lqin mavjud bo'ladigan qattiq jism uchun $C = 12\pi$ bo'lishini ko'rsatib o'tish mumkin.

Plank formulasi. Biz ko'rdikki, Reley-Jins formulasi mumtoz fizikaning eng umumiy qonunlariga asoslanadi va keltirib chiqarilishiga hech qanday maxsus gipotezalarni talab qilmaydi. 1896 yilda Vin spektrning Reley-Jins formulasini tatbiq qilib bo'lmaydigan sohasida eksperiment natijalariga yaxshi mos keladigan boshqa formulani taklif qildi. Vinning formulasi I_λ uchun quyidagicha yoziladi:

$$I_\lambda = c_1 \lambda^{-5} e^{-c_2/\lambda T}, \quad (25)$$

bunda c_1 va c_2 -doimiy kattaliklar. Vin o'z formulasini chiqarish uchun nurlanishning chastota bo'yicha taqsimlanishi gaz molekulari orasida tezliklari Maksvell bo'yicha taqsimlanishiga mos keladi degan nurlanishning chiqish mexanizmiga taalluqli gipotezani qabul qildi. Vin formulasi Reley-Jins formulasidan farqli ravishda, spektrdagi energiya taqsimlanishi egri chizig'ida maksimum beradi.

Klassik fizika doirasida mavjud nazariyalar doirasida absolyut qora jism, nurlanishining spektral taqsimoti to'g'risidagi munosabat asosida talqin qilib bo'lmazligi ma'lum bo'ldi. Bu masala klassik fizikaga begona bo'lgan yangi g'oya asosida M.Plank tomonidan tushuntirish bilan yechib berildi. Plank shunday xulosaga keldiki, qizdirilgan jism tomonidan sodir bo'ladigan elektromagnit energiyaning nurlantirilish va yutilish jarayonlari, klassik fizika ko'rsatganidek uzluksiz ravishda emas, balki chekli porsiyalar – kvantlar tariqasida yuz beradi. Kvant - jism tomonidan nurlantiriladigan, yoki yutiladigan energiyaning minimal porsiyasidir. Plank nazariyasiga ko'ra, kvant yenergiyasi E

$$E = h\nu \quad (26)$$

formulasi orqali yorug'lik chastotasi ν ga proporsional bo'ladi, bu yerda $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ - Plank doimiysi deb ataladi.

Maxsus nisbiylik nazariyasida yorug'lik tezligi qanday rol o'ynasa, bu yerda Plank doimiysi ham shunday rol o'ynovchi universal doimiylik hisoblanadi. Jismlar tomonidan elektromagnit nurlanishning uzlukli ravishda nurlantirilishi yoki yutilishi to'g'risidagi gipotezaga asosan Plank absolyut qora jism spektral yorituvchanligi uchun yangi formula chiqardi.

Biroq Vin formulasi absolyut qora jism spektrida energiya taqsimlanishi egri chizig'ining faqat to'lqin qismi uchun qo'llanishi mumkin ekan. Shunday qilib, XIX asr oxirida har biri spektrning chekli qismidagina eksperiment ma'lumotlariga mos keluvchi, lekin birortasi ham eksperimental egri chiziqni to'la tushuntira olmaydigan ikki formula mavjud edi. 1900 yilga yaqin Plank dastavval tajriba natijalariga yaxshi mos keladigan va har ikki chegaraviy hollarda (uzun va qisqa to'lqin uchun) tegishli Reley-Jins yoki Vin formulasiga o'tadigan formula- Plank formulasi deb nomlangan sof empirik ravishda topishga muvassar bo'ldi:

$$I_\lambda = c_1 \lambda^{-5} \cdot \frac{1}{e^{c_2/\lambda T} - 1}. \quad (27)$$

Haqiqatan bu formula Reley-Jins va Vin formulalari orasidagi interpolatsiya natijasi ekanligiga oson ishonch hosil qilish mumkin. $\lambda T \gg 1$ uchun (uzun to'lqinlar yoki yuqori temperaturalar) Plank formulasi maxrajidagi eksponensial hadni qatorga yoyib, dastlabki ikki had bilan chegaralansak:

$$e^{c_2/\lambda T} = 1 + \frac{c_2}{\lambda T} + \dots$$

Bu holda Plank formulasi quyidagini beradi: $I_\lambda = \frac{c_1}{c_2} \lambda^{-4} T$, bu Reley-Jins formulasiga mos keladi: $I_\lambda = ck\lambda^{-4}T$.

Aksincha, $\lambda T \ll 1$ uchun (qisqa to'liqlar yoki past temperaturalar) $\frac{c^2}{\lambda T} \gg 1$ va Plank formulasi maxrajidagi 1 ni eksponensial hadga nisbatan nazarga olmasa bo'ladi. Bunda Plank formulasi quyidagini beradi: $I_\lambda = c_1 \lambda^{-5} e^{-c_2/\lambda T}$, ya'ni (27) Vin formulasiga o'tadi.

Mustahkamlash uchun savollar

1. Bor nazariyasi postulatlarini tushuntirib bering.
2. Vodorod atomidan hosil bo'luvchi spektral seriyalar Bor nazariyasida qanday tushuntiriladi?
3. Issiqlik nurlanishlarining hosil bo'lish mexanizimi?
4. Atomlarning nur chiqarish mexanizmi?
5. Nurlanish termlari

Adabiyotlar

1. Axmadjonov O.I. «Fizika kursi, optika, atom va yadro fizikasi». Toshkent -«O'qituvchi», 1989.
2. Зисман Г.А., Тодес О.М. «Курс общей физики» 3-том. М.»Наука» 1968.
3. Детлаф А.А., Яворский Б.М., « Курс физики « М.: «Высшая школа », 2000.
4. Трофимова Т.И. «Курс физики». М.: «Высшая школа», 2000.
5. Савельев И.В. «Курс общей физики, книга 5.», М.: Наука. 1998.
6. Кристи Р., Питти А. Строение вещества: Введение в современную физику. М.: Наука. 1969.
7. Яворский Б.М., Детлаф А.А. Справочник по физике М.: Наука. 1980.

Darsning xronologik xaritasi: 80 minut

1. Darsni tashkil qilish. 2 minut.
2. Davomatni tekshirish. 2 minut.
3. Atom fizikasi fanidan o'tiladigan mavzular ishchi dasturi bilan qisqacha tanishtirish. 4 minut.
4. Atom fizikasi fanining oldingi o'rganilgan umumiy fizika kurslaridan farqi va umumiylik tomonlarini bayon qilish. 5 minut.
5. Atom fizikasi kursini o'rganishda foydalaniladigan adabiyotlar, ma'ruza matnlari bulardan foydalanish usullari. (Ma'ruza matnda har bir mavzular uchun reja, tayanch so'zlar, adabiyotlarga ko'rgazmalar, nazorat savollar keltirilganligini alohida ta'kidlash). 5 minut.
6. Yangi mavzuni bayon qilish. Atom fizikasining yaratilishi va rivojlanish bosqichlari. Atomning tarkibi, atomning asosiy xususiyatlarini bayon etish, atom fizikasi fani yutuqlarining qo'llanishi va yechimi muhim bo'lgan muammolarini bayon qilish. 55 minut.
7. O'tilgan mavzu bo'yicha savol-javoblar. 7 minut.

O'quv mashg'ulotida ta'lim texnologiyasi modeli

3-Mavzu: Elektromagnit nurlanishning korpuskulyar xususiyatlari. Rentgen spektrning to'lqin chegarasi. Tashqi fotoeffekt. Fotonlar. Kompton effekti.

<i>Vaqt: 80 min.</i>	<i>Talabalar soni: 52 ta</i>
<i>O'quv mashg'ulotining shakli</i>	Ma'lumotli kirish - ma'ruza
<i>O'quv mashg'ulotining tuzilishi</i>	1. O'quv kursi va mashg'ulot mavzusiga kirish 2. Bilimlarni faollashtirish - aqliy hujum 3. Ma'ruza matnini tarqatish 4. Asosiy atamalarni aniqlash-pinbord
<i>O'quv mashg'ulot maqsadi: O'quv fani to'g'risida umumiy tasavvurlarni berish</i>	
<i>Pedagogik vazifalar:</i> - Anod nurlari. - Fotoeffekt hodisasi. - Fotoeffekt hodisasini tasdiqlovchi tajribalar. - Fotoeffekning Eynshteyn nazariyasi. - Fotoeffekt hodisasi. - Kompton effekt..	<i>O'quv faoliyat natijalari:</i> 1. Anod nurlari haqida ma'lumot. 2. Fotoeffekt hodisasining kashf etilishi. 3. Fotoeffekt hodisasini tasdiqlovchi tajribalar. 4. Fotoeffekning Eynshteyn nazariyasi. 5. Fotoeffekt hodidasidan foydalanish. 6. Kompton effekti nima
<i>Ta'lim usullari</i>	Ma'ruza minbari
<i>Ta'limni tashkillashtirish shakli</i>	Jamoaviy
<i>Ta'lim vositalari</i>	Ma'ruza matni, kompyuter
<i>Ta'lim berish sharoiti</i>	Texnik vositalar bilan jihozlangan xona
<i>Monitoring va baholash</i>	Tezkor - so'rov.

Ma'lumotli kirish - ma'ruzasining texnologik xaritasi

Ish bosqich-lari va vaqti	Faoliyat mazmuni	
	ta'lim beruvchi	ta'lim oluvchilar
1-bosqich. O'quv mashg'ulotiga kirish (20 daq.)	<p>1.1 Mavzuning nomi, maqsad va kutilayotgan natijalarni yetkazadi. Taqdimot bo'yicha ekranga fanning tuzilmaviy-mantiqiy chizmasini chiqaradi, mavzularning o'zaro aloqasini yoritadi, ularga qisqa tavsif beradi, fan miqyosida bajariladigan uslubiy va tashkiliy ishlar xususiyatlarini tushuntiradi.</p> <p>Reyting-nazorat tizimi, joriy, oraliq, va yakuniy nazoratni baholash mezonlari</p> <p>(№ 1.1 ilova) bilan tanishtiradi.</p> <p>Mavzu bo'yicha asosiy tushunchalarni; mustaqil ishlash uchun adabiyotlar ro'yxatini aytadi.</p> <p>1.2. Birinchi o'quv mashg'ulot mavzusi, maqsad va o'quv faoliyat natijalarini aytadi.</p> <p>1.3. Mavzuni mustahkamlash uchun savollarni beradi (3-ilova)</p>	<p>Tinglaydilar</p> <p>Tinglaydilar</p> <p>Yozib oladilar.</p>
2-bosqich. Asosiy (50 daq.)	<p>2.1. Mavzu bo'yicha ma'ruza matnini tarqatadi va uning rejasi, asosiy tushunchalar bilan tanishishni taklif qiladi.</p> <p>2.3. Berilgan savollar asosida javoblar berilib umumiy xulosalar chiqariladi.</p> <p>2.4 Talabalar bilan birga fanga taaluqli bo'lmagan va qaytariluvchi ma'lumotlarni ochib tashlaydi, muhim asosiy tushunchalarni (Pinbord) kiritadi.</p>	<p>Tinglaydilar.</p> <p>Tinglaydilar, yozib oladilar.</p>
3-bosqich. Yakuniy (10 daq.)	<p>3.1. Mavzu bo'yicha yakun yasaydi, qilingan ishlarning kelgusida kasbiy faoliyatidagi ahamiyatiga talabalar e'tiborini qaratadi.</p> <p>3.2 O'tilgan darsni mustahkamlash uchun foydanilgan adabiyotlar ro'yxati keltiriladi.</p> <p>3.3. Mustaqil ish uchun topshiriq beradi va uning baholash mezonlari bilan tanishtiradi.</p>	<p>O'z-o'zini, o'zaro baho-lashni o'tkazadilar.</p> <p>Topshiriqni yozadilar</p>

BAHOLASH MEZONLARI

№	Nazorat turi	Ball	Nazorat ishi	Uy ishi	Mustaqil ish	Darsda faolligi	Amaliy ish	Laboratoriya
1	JN-1	11	2	2	2	1	2	2
2	JN-2	12	3	2	2	1	2	2
3	JN-3	12	3	2	2	2	2	2
3	ON-1	17	13	2	1	1	-	-
4	ON-2	18	14	2	1	1	-	-
5	YN	30	30					

86-100% “a’lo”
 71-85% “yaxshi”
 55-70% “qoniqarli”
 0-54% “qoniqarsiz”

Talabalar bilimini faollashtirish uchun tezkor savollar

1. Fotoeffekt hodisasi qanday kashf etildi?
2. Fotoeffekt hodisasini tasdiqlovchi qanday tajribalar bor?
3. Fotoeffekt uchun Eynsheyn tenglamasi qanday bo'ladi?
4. Stoletov tajribalari ?
5. Fotoeffekt hodidasidan qayerlarda foydalanish mumkin?
6. Kompton effekt fotoeffektdan qanday farq qiladi?

Aqliy hujum qoidasi:

Hech qanday birga baholash va tanqidga yo'l qo'yilmaydi!

Taklif etilayotgan g'oyani baholashga shoshma, agarda u hattoki ajoyib va g'aroyib bo'lsa ham hamma narsa mumkin.

Tanqid qilma, hamma aytilgan g'oyalar qimmatli teng kuchlidir.

O'rta chiquvchini bo'lma!

Turtki berishdan o'zingni ushla!

Maqsad miqdor hisoblanadi!

Qancha ko'p g'oyalar aytilsa, undan ham yaxshi: yangi va qimmatli g'oyalarni paydo bo'lishi uchun ko'p imkoniyatdir.

Agarda g'oyalar qaytarilsa, xafa bo'lma va hijolat chekma.

Tasavvuringni “jo'sh urishiga” ruxsat ber!

Agarda g'oyalar qaytarilsa, xafa bo'lma va hijolat chekma.

Tasavvuringni “jo'sh urishiga” ruxsat ber!

Pinbord (inglizchadan: *pin*- mahkamlash, *board* – yozuv taxtasi) munozara usullari yoki o'quv suhbatini amaliy usul bilan moslashdan iborat.

Ta'lim beruvchi:

→ Taklif etilgan muammoni yechishga o'z nuqtai nazarini bayon qiladi.

→ Ommaviy to'g'ri aqliy hujumni tashkillashtiradi.

Ta'lim oluvchilar quyidagi g'oyalarni:

→ Taklif etadilar, muhokama qiladilar, baholaydilar eng ko'p maqbul (samarali va boshqa g'oyalarni tanlaydilar va ularni qog'oz varag'iga asosiy so'zlar ko'rinishida (2 so'zdan ko'p bo'lmagan) yozadilar va yozuv taxtasiga biriktiradilar.

→ Guruh a'zolari (ta'lim beruvchi tomonidan belgilangan 2-3 talaba yozuv taxtasiga chiqadilar va boshqalar bilan maslahatlashib:

- aniq xato yoki qaytariluvchi g'oyalarni saralaydilar;
- tortishuvlarni aniqlaydilar;
- g'oyalarni tizimlashtirish mumkin bo'lgan belgilar bo'yicha aniqlaydilar;
- shu belgilar bo'yicha hamma g'oyalarni yozuv taxtasida guruhlaydilar (kartochka/ varaqlar).

Ta'lim beruvchi:

→Umumlashtiradi va ish natijalarini baholaydi.

Monitoring va baholash

O'tilgan mavzu bo'yicha og'zaki so'rov, tezkor savol-javob qarab 1-2 ballgacha baholanadi.

Ilova 1.5

Mustaqil ish topshiriqlari.

1. Fotoelektrik va Kompton samaralariga doir masalalar yechish.
2. Taqdimot slaydlari.

**3- Ma'ruza
(2-soat)**

**Elektromagnit nurlanishning korpuskulyar xususiyatlari.
Rentgen spektrning to'liq chegarasi. Tashqi fotoeffekt.
Fotonlar. Kompton effekti.**

Reja:

1. Anod nurlari.
2. Qizdirilgan metallar o'zlaridan elektronlar chiqaradi.
3. Fotoeffekt hodisasining kashf etilishi.
4. Fotoeffekt hodisasini tasdiqlovchi tajribalar.
5. Fotoeffekning Eynshteyn nazariyasi.
6. Stoletov tajribalari.
7. Fotoeffekt hodidasidan foydalanish.
8. Kompton effekt.

Tayanch so'zlar va iboralar: Katod nurlari, anod nurlari, G.Gers, atom, qonuniyatlar, spektr, Stoletov, elektrod, elektron trubka, to'r, tenglama, chegara, ishi, nazariya, impuls, burchak, sochilish, koeffitsiyent, sinus vektor.

Katod nurlari elektronlar oqimidan iborat ekanligini bizga ma'lum. Xo'sh, bu elektronlar qayerdan chiqadi, degan savol o'z-o'zidan tug'ilishi muqarrar. Tabiiyki, ular trubka ichida kam miqdorda bo'lsa ham mavjud bo'lgan gaz atomlari deb faraz qilish mumkin. Lekin barcha jismlar

atomlari neytral hisoblanadi. Demak, atomdan bitta yoki bir necha manfiy zaryadlangan elektronlar uchib chiqadi deb hisoblasak, atomning qolgan qismi musbat zaryadga ega bo'lib qoladi. Agar razryadli trubkada elektronlar katod (-) dan anod (+) tomon harakat qilsa, musbat zaryadlangan atom qoldiqlari teskari tomon – anoddan katodga tomon harakat qilmog'i lozim bo'ladi. Bunday musbat zarralarning mavjud bo'lishligi 1896 yilda Goldshteyn tajribalarida tasdiqlandi va ular anod nurlari deb ataldi. Anod nurlari trubka shishasiga tushib, katod nurlari singari, shishaning shu'lalanishini hosil qiladi. Kuchli magnit yoki elektr maydoni ta'sirida anod nurlari ham o'z yo'nalishidan chetlansada, lekin bu chetlanish katod nurlari chetlanishiga nisbatan kuchsizroq bo'ladi. Chetlanish yo'nalishi bo'yicha anod nurlarini tashkil qilgan zarralarning musbat zaryadlanganligini bilish mumkin. Bunday musbat zaryadlangan zarralarning massasi katod zarralari massalaridan bir necha marta katta bo'lar ekan.

Katod va anod nurlarini tadqiq qilish atomlarning murakkab tuzilishidan va ularning manfiy elektronlardan va musbat qoldiqlardan iborat ekanligini ko'rsatdi.

1873 yilda zaryadlangan metallar kuchli qizdirilganda o'z zaryadini yo'qotishi aniqlangan. Bu hodisa havoda aniqlanganligi sabab qizdirilgan metall zaryadining kamayishini yuqori temperatura ta'sirida metall yaqinida gaz ionlarining hosil bo'lishi deb tushuntirildi. Shundan 10 yil o'tgach, amerikalik ixtirochi T.Edison ko'mir lampalari xossalarini o'rganayotib, yuqoridagi hodisaning havosiz joyda-vakuumba sodir bo'lganligini kuzatadi. Demak, asbob qayd qilayotgan manfiy zaryadli zarralar trubkadagi havo – gaz atomlari bilan mutlaqo bog'liq emas ekan, chunki Edison tajribasida trubkada vakuum hosil qilingan, ya'ni havo molekullari mavjud bo'lmagan. Keyinchalik Edison tajribasi Fleming, Elster, Teytellar tomonidan takrorlanib, Edison effekti (tokning hosil bo'lishi) ga lampaning qizdirilgan metall ipidan chiqqan manfiy elektr zaryadlari sababchi ekanligini tasdiqladi.

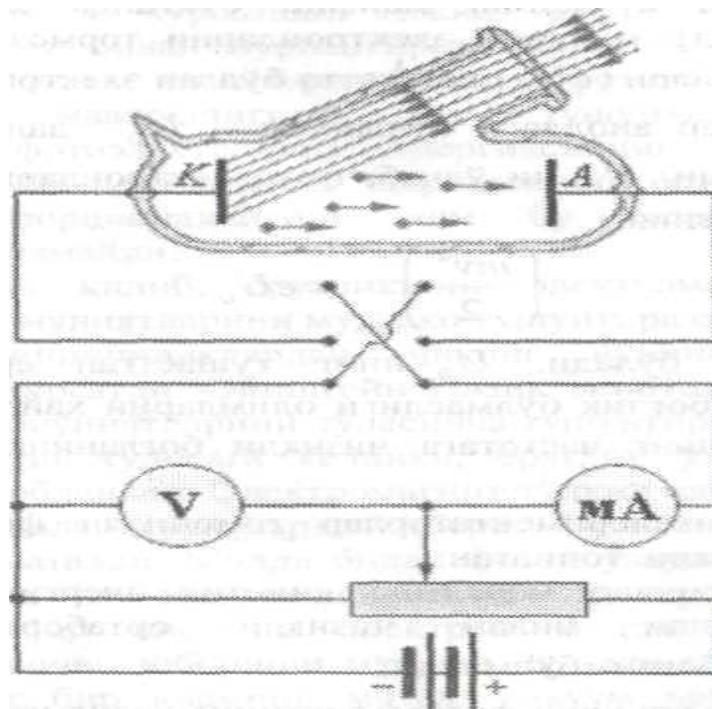
1897 yili Tomsonning klassik tajribalarida qizdirilgan metallardan uchib chiqayotgan manfiy zarralar massa va zaryadi katod zarralari massa va zaryadi kattaligiga to'liq mos ekanligi aniqlangach, manzara to'laligicha oydinlashdi. Yuqori temperaturada qizdirilgan har qanday metall sirtidan katta miqdorda uchib chiqayotgan manfiy zarralar bu elektronlar oqimi ekan. Edison tajribalarida xuddi shu elektronlar zanjirda tok hosil bo'lishiga sababchi bo'lgan.

Qizdirilgan jismlar tomonidan elektronlarning chiqarilishi hodisasi termoelektron emissiya deb ataldi. Tajriba tasdiqladiki, bu hodisada qizdirilgan metallardan chiqayotgan elektronlar soni temperatura oshishi bilan keskin oshar ekan, shuningdek berilgan metall sirtiga boshqa bir metallning yupqa plyonkasi yopishtirilganda ham shunday elektronlar oshuvi kuzatilar ekan. Ko'plab radioelektron asboblarning ishlashi termoelektron hodisaga asoslangan

bo'lib, bu hodisa o'z navbatida moddalar atomlari tuzilishining murakkab ekanligini yana bir bor tasdiqladi.

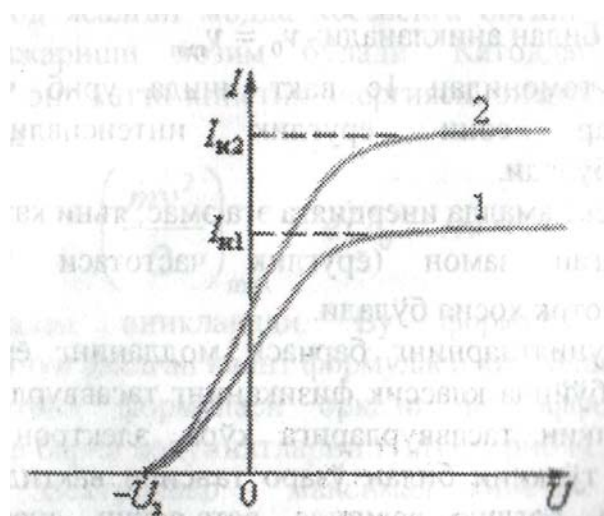
Fotoelektrik effekt 1887 yilda nemis olimi G.Gers tomonidan kashf qilingan, 1888-1890 yillarda rus olimi A.G.Stoletov tomonidan atroflicha tajribada o'rganilgan. Fotoeffekt hodisasini shuningdek 1900 yilda Lenard ham tadqiq qilgan. Bu hodisa tashqaridan tushayotgan yorug'lik ta'siri ostida moddalardan elektronlarning urilib chiqarilishi ekanligi tushunarli bo'lgan. Fotoeffekt o'rganilgan tajriba sxemasi 1-rasmda berilgan. Tajribada ikkita metall elektrodi bo'lgan shisha vakuum ballonidan foydalanilgan. Elektrodarga U kuchlanish berilgan. Kuchlanish qutblanishi ikkitalik kalit yordamida o'zgartirilgan. Elektrodlardan biri (K -katod) kvarsli darcha orqali biror to'lqin uzunligidagi monoxromatik nur bilan yoritilgan. O'zgarmas yorug'lik oqimida fototok kuchining yuklatilgan kuchlanishga bog'liqligi yozib olingan. 2-rasmda yorug'lik oqimining intensivligining ikkita qiymatida $I=I(U)$ bog'lanish keltirilgan.

Olingan grafiklar shuni ko'rsatadiki, kuchlanishning yetarlicha katta qiymatlarida A-anoddagi fototok to'yinishga erishadi, chunki yorug'likning katoddan urib chiqargan barcha elektronlari anodga yetib boradi. Aniq o'lchashlar ko'rsatadiki, $I(t)$ -to'yingan tok tushayotgan yorug'lik intensivligiga to'g'ri proporsional bo'ladi.



1-rasm.

Fotoeffektni o'rganuvchi qurilma sxemasi.



2-rasm.

Fototokning kuchlanish U ga bog'liqligi

Anoddagi kuchlanish manfiy bo'lganda anod va katod o'rtasidagi elektr maydoni elektronlarni tormozlaydi. Anodga kinetik energiyalari (eU_0) dan katta bo'lgan elektronlarga yetib bora oladi. Agar anoddagi kuchlanish - U_0 dan kichik bo'lsa, fototok yo'qoladi. U_0 ni o'lchab, fotoelektronlarning maksimal kinetik energiyasini:

$$\left(\frac{mv^2}{2} \right)_{\max} = eU_0$$

o'lchash mumkin bo'ladi. U_0 -ning tushayotgan yorug'lik oqimi intensivligiga bog'liq bo'lmasligi olimlarni hayron qoldirgan. O'lchashlar U_0 -ning chastotaga chiziqli bog'lanishda ekanligini ko'rsatgan.

Ko'plab eksperimentatorlar tomonidan fotoeffektning quyidagi qonunlari topilgan:

1. Fotoelektronlar maksimal kinetik energiyalari yorug'lik chastotasi oshishi bilan chiziqli ortib boradi, yorug'lik intensivligiga bog'liq bo'lmaydi;

2. Har bir modda uchun fotoeffektning qizil chegarasi mavjud bo'ladi. Bu chegara fotoeffekt mumkin bo'lgan chastotaning eng kichik qiymati bilan aniqlanadi:

$$\nu_0 = \nu_{\min}$$

3. Yorug'lik tomonidan 1s vaqt ichida urib chiqarilayotgan fotoelektronlar soni yorug'lik intensivligiga to'g'ri proporsional bo'ladi.

4. Fotoeffekt amalda inersiyaga ega emas, ya'ni katodni yorug'lik bilan yoritilgan choqdan (yorug'lik chastotasi $\nu_0 = \nu_{\min}$ sharti bajarilsa) fototok hosil bo'ladi. Bu qonuniyatlarning barchasi moddaning yorug'lik bilan o'zaro ta'siri bo'yicha klassik fizikaning tasavvurlariga qarama-qarshidir. To'liq tasavvurlarga ko'ra, elektron yorug'likning elektromagnit to'liqini bilan o'zaro ta'siri vaqtida u yorug'lik intensivligiga bog'liq ravishda asta-sekin energiya to'plab, katoddan uchib chiqishi kerak, buning uchun esa biroz vaqt talab qilingan bo'lar edi. Hisoblar bu vaqtning minutlar yoki soatlar bilan o'lchanishini ko'rsatadi. Lekin tajriba fotoeffektni katodni yorug'lik bilan nurlantirilgan zamon oq paydo bo'lishini ko'rsatadi. To'liq tasavvuri bo'yicha fotoeffektning qizil chegarasining mavjudligini ham tushuntirib bo'lmaydi. Shuningdek, fotoelektronlar energiyasining yorug'lik oqimi energiyasiga, maksimal kinetik energiyasining yorug'lik chastotasiga chiziqli proporsionalligini ham bu tasavvur doirasida tushuntirib bo'lmaydi.

Shunday qilib, yorug'likning elektromagnit nazariyasi fotoeffekt qonuniyatlarini mutlaqo tushuntira olmas ekan.

Bu qiyinchiliklardan chiqish yo'lini 1905 yilda A.Eynshteyn ko'rsatdi. Eynshteyn Plank gipotezasiga asoslanib, fotoeffekt qonuniyatlarini to'liqigicha tushuntirib berdi. Buning uchun u shunday xulosaga keldiki, yorug'lik uzlukli (diskret) struktura hisoblanadi. Elektromagnit to'liq ham nurlanish kabi alohida porsiyalar-kvantlardan iborat. Bu kvantlar keyinchalik fotonlar deb ataldi.

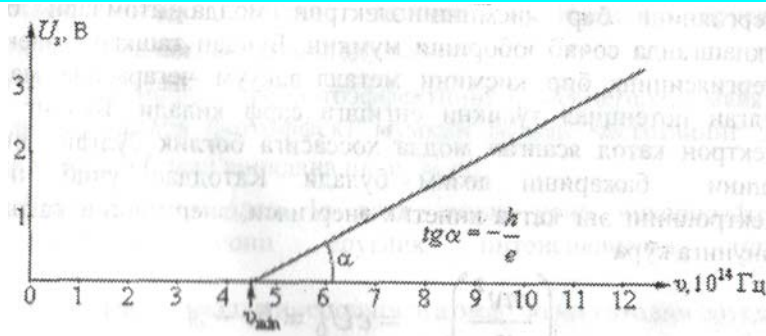
Modda bilan foton o'zaro ta'siri vaqtida o'zining barcha energiyasini bitta elektronga beradi. Bu energiyaning bir qismini elektron modda atomlari bilan to'qnashganda sohib yuborishi mumkin. Bundan tashqari, elektron energiyasining bir qismini metall-vakuum chegarasida mavjud bo'lgan potensial to'siqni yengishga sarf qiladi. Buning uchun elektron katod yasalgan modda xossasiga bog'liq bo'lgan chiqish ishini bajarishi lozim bo'ladi. Katoddan uchib chiqqan elektronning eng katta kinetik energiyasi, energiyaning saqlanish qonuniga ko'ra

$$\left(\frac{mv^2}{2} \right)_{\max} = eU_0 = h\nu - A$$

formula bilan aniqlanadi. Bu formula Eynshteynning fotoeffekt uchun yozilgan kvant formulasi hisoblanadi

Eynshteyn formulasi orqali fotoeffekt hodisasida kuzatiladigan barcha qonuniyatlarni tushuntirib berish mumkin. Bu tenglamadan elektronlar maksimal kinetik energiyasini yorug'lik chastotasiga chiziqli boglanishini, lekin yorug'lik intensivligiga bog'lanmaganligini, qizil chegaraning mavjudligini, fotoeffektning inersiyasizligini tushunish oson.

Katod sirtidan 1 sekundda uchib chiqayotgan fotoelektronlarning umumiy soni ana shu sirtga vaqt birligi ichida tushayotgan fotonlar soniga proporsional bo'lishi lozim. Bundan to'yinishning yorug'lik oqimi intensivligiga to'g'ri proporsional ekanligi kelib chiqadi.



3-rasm.

Yoquvchi potensial U_0 ning tushayotgan yorug'lik chastotasiga bog'liqligi.

Eynshteyn tenglamasidan yoquvchi potensialning ν - chastotaga bog'liqligini ifodalovchi to'g'ri chiziq og'ish burchagining tangensi Plank doimiysining elektron zaryadiga nisbatiga teng bo'lishini topamiz:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{e}$$

Bu tenglik Plank doimiysining qiymatini tajribada aniqlash imkoniyatini beradi. Bunday o'lchashlar 1914 yilda o'tkazilgan va Plank tomonidan h ning topilgan qiymatiga mos kelgan. O'lchashlar shuningdek elektronning metallardan chiqish ishi A ni ham aniqlash imkonini bergan:

$$A = h\nu_{\min} = \frac{hc}{\lambda_{qizil}} \quad \text{Bu yerda } \lambda_{qizil} - \text{fotoeffekt qizil chegarasiga mos keluvchi to'lqin uzunlik.}$$

Ko'pgina metallarda chiqish ishi bir necha elektron-Voltinga ($1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{J}$) ga teng bo'ladi. Kvant fizikasida elektron -Volt energiya o'lchov birligi tariqasida ishlatiladi. Plank doimiysining elektron - Voltlardagi qiymati $h = 4,136 \cdot 10^{-15} \text{eV}$ ga teng bo'ladi. Metallarda eng kichik chiqish ishi ishqoriy metallar ega bo'ladi. Masalan natriy uchun $A = 1,9\text{eV}$ bo'lib, fotoeffekt qizil chegarasi $\lambda_{qizil} \approx 680\text{nm}$ ga mos keladi. Shu sababdan ishqoriy metallar birikmalaridan fotoelementlar katodlarini yasashda foydalanadilar. Bunday fotoelementlar ko'zga ko'rinuvchi yorug'likni qayd qilishga mo'ljallangan bo'ladi. Shunday qilib, fotoeffekt qonunlari yorug'lik nurlanish va yutilish jarayonlarida fotonlar deb nom olgan zarralar oqimi kabi o'zlarini his etishlarini ko'rsatadi.

Fotonlar energiyasi $E = h\nu$ bo'lib, vakuumda c - yorug'lik tezligi bilan tarqaladi. Fotonning tinch massasi nolga teng ($m_0 = 0$). Energiya, impuls va massa o'rtasidagi:

$$E^2 = m_0^2 c^4 + p^2 c^2$$

relyativistik bog'lanishdan foton $p = \frac{E}{c} = \frac{h\nu}{c}$ impulsiga ega ekanligi kelib chiqadi.

Shunday qilib, yorug'lik tabiati to'g'risidagi ta'limot ikki asr davomida aylanib yurib, yana yorug'likni zarra-korpuskula tushunchasiga qaytib keladi. Lekin bu qaytish Nyutonning korpuskulyar nazariyasiga mexanik qaytish emas edi. XX asr boshida ma'lum bo'ldiki, yorug'lik qo'shaloq tabiatga ega bo'lar ekan. Tarqalishda yorug'likning to'lqin xossalari (interferensiya, difraksiya, qutblanish) namoyon bo'lsa, moddalar bilan o'zaro ta'sirida uning korpuskulyar xossasi yuzaga kelar ekan. Yorug'likning bunday qo'shaloq tabiati uning korpuskulyar - to'lqin dualizmi deb nom oldi. Keyinchalik bunday qo'shaloq tabiat elektronlarga va qolgan boshqa elementar zarralarga, atom va molekulalarga ham xos ekanligi aniqlandi. Klassik fizika mikroobyektlar xossalariidagi bunday qo'shaloqlikni tushuntira olmas ekan. Mikroobyekt harakati Nyutonning klassik mexanikasi qonunlari bilan emas, kvant mexanikasining qonunlari bilan boshqarilar ekan. Absolyut qora jism nurlanishining Plank tomonidan rivojlantirilgan nazariyasi Eynshteyn tomonidan berilgan fotoeffektning kvant nazariyasi kelgusida maydonga kelgan kvant mexanikasining alohida fan tariqasida shakllanishiga asos bo'ldi.

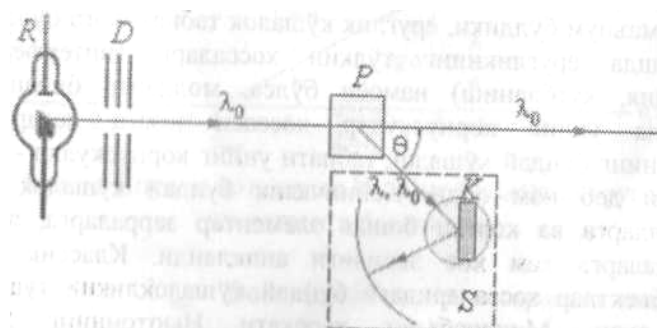
Fotoeffekt hodisasini tushuntirish uchun 1905 yilda Eynshteyn tomonidan taklif etilgan fotonlar konsepsiyasi 1922 yilda amerikalik olim A.Kompton tomonidan o'tkazilgan tajribalarda to'raligicha o'z tasdiqini topdi. Kompton qisqa to'qlinli rentgen nurlanishining erkin (yoki modda atomlarida kuchsiz bog'langan) elektronlarda elastik sochilishini o'rgangan. Tajriba sochilgan nurlanish to'qlin uzunligining uzayishini ko'rsatgan. Klassik fizikaning to'qlin nazariyasi doirasida bunday sochilishda to'qlin uzunligi o'zgarmasligi lozim hisoblanadi va shu sababdan Kompton tomonidan ochilgan bu effektni klassik fizika doirasida tushuntirib bo'lmaydi. To'qlin nazariyasiga ko'ra, yorug'lik to'qlinining davriy maydoni ta'siri ostida elektron majburiy tebranishga keladi va tebranish tashqi maydon chastotasiga teng bo'lgan chastotada sodir bo'ladi. Demak, tebranayotgan elektron chiqarayotgan nurlanish tushayotgan maydon chastotasiga teng bo'lgan chastotani nurlantirishi lozim. Kompton tajribasining sxemasi 4-rasmda keltirilgan. To'qlin uzunligi λ_0 bo'lgan monoxromatik nurlanish R - trubkadan chiqib, qo'rg'oshin D diafragmadan o'tadi va ingichka oqim tariqasida nishon-modda P (grafit yoki alyumindan yasalgan) tomon yo'naladi. θ - burchak ostida sochilgan nurlanish rentgen nurlari spektrografi (S) yordamida o'rganiladi.

Bu spektrografda K kristall difraksiyon panjara rolini o'ynaydi va bu kristall aylanuvchan stol ustiga joylashtirilgan bo'ladi. Tajriba θ burchakka sochilgan nurlanish to'qlin uzunligining o'zgarganligini (ortganini) ko'rsatdi:

$$\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0 = 2\lambda \sin^2 \frac{\theta}{2}$$

bu yerda $\lambda = 2,43 \cdot 10^3 \text{ nm}$ – sochuvchi modda xossalriga bog'liq bo'lmagan komptoncha to'qlin uzunlik. To'qlin uzunligi λ bo'lgan spektral chiziq bilan bir qatorda sochilgan nurlanishda λ_0 to'qlin uzunlikli siljimagan chiziq ham kuzatilgan. Siljigan va siljimagan chiziqlar intensivliklarining o'zaro munosabatlari sochuvchi moddaga bog'liq bo'lar ekan.

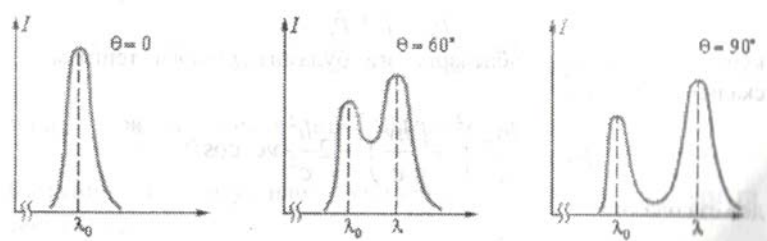
Quyidagi rasmlarda har xil burchak ostida sochilgan nurlanish spektridagi intensivliklar taqsimotini ifodalovchi chiziqlar berilgan.



4-rasm.

Kompton tajribasining sxemasi.

R -Rentgen trubkasi, D -diafragma, P -sochuvchi nishon - modda (grafit, alyuminiy), S - spektrograf, K - kristall



5-rasm.

Sochilgan nurlanishning spektrlari

Kuzatilgan effekt nazariy jihatdan 1923 yilda Komptonning o'zi va unga bog'liq bo'lmagan holda Holl tomonidan iurlanishning kvant tabiati asosida tushuntirildi. Agar murlanish fotonlar oqimi deb tasavvur qilinsa, *Kompton effekti* rentgen fotonlarini moddaning erkin elektronlari bilan elastik to'qnashuvi natijasi hisoblanadi. Sochuvchi moddaning yengil atomlardagi elektronlari bu atom yadrolari bilan zaif bog'langan bo'ladi. Shuning uchun bu elektronlarni erkin elektronlar deyish mumkin bo'ladi. To'qnashuv natijasida foton elektronga energiyasi va impulsining bir qismini beradi. Energiyasi $E_0 = h\nu_0$, impulsi $p_0 = \frac{h\nu_0}{c}$ bo'lgan foton tinch holatda joylashgan ($E = m_0c^2$

energiyali) elektron bilan elastik to'qnashganidan keyin foton energiyasi, impulsi esa $p = \frac{h\nu}{c}$ bo'lib qoladi. Foton energiyasining kamayishi uning to'lqin uzunligining uzayishi demakdir. To'qnashuvdan keyin elektron energiyasi relyativistik formulaga asosan $E = \sqrt{p_e^2c^2 + m_0^2c^4}$ ko'rinish oladi, bu yerda p_e – elektron olgan impuls. Energiya va impulsning saqlanish qonunlariga asosan

$$E_0 + E = E + E_e,$$

ko'rinishidagi munosabatlarga ega bo'lamiz. Oxirgi tenglamani skalyar ko'rinishda

$$p_e^2 = \left(\frac{h\nu_0}{c}\right)^2 + \left(\frac{h\nu}{c}\right)^2 - 2\frac{h^2}{c^2} \cdot \nu\nu_0 \cdot \cos\theta$$

deb yoza olamiz.

Energiya va impuls saqlanish qonunlari ifodalaridan uncha murakkab bo'lmagan hisoblardan keyin

$$m_0c^2(\nu_0 - \nu) = h\nu_0\nu(1 - \cos\theta)$$

tenglikka ega bo'lamiz.

Agar $\nu_0 = \frac{c}{\lambda_0}$; $\nu = \frac{c}{\lambda}$ ekanligini hisobga olsak,

$$\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0 = \frac{h}{m_0c}(1 - \cos\theta) = 2\frac{h}{m_0c}\sin^2\frac{\theta}{2} = 2\Lambda\sin^2\frac{\theta}{2}$$

ning to'g'ri ekanligiga amin bo'lamiz. Bu yerda $\lambda = \frac{h}{m_0c}$

Komptoncha to'lqin uzunlik elektron uchun $\lambda = 2,426 \cdot 10^{-3} nm$ ga teng bo'ladi. Shunday qilib, kvant tasavvurlar asosida o'tkazilgan nazariy hisob-kitoblar Kompton effektini tushuntirib bera oldi. Sochilgan nurlar tarkibi to'lqin uzunligi o'zgarmagan nurlanish esa tushgan fotonlar bir qismining atomlardagi kuchli bog'langan elektronlar bilan o'zaro ta'sirlashuvi natijasi hisoblanadi. Bu holda foton o'z energiyasini va impulsini juda kam miqdorini atomga beradi, ya'ni energiyasini (demak, to'lqin uzunligini) deyarli o'zgartirmaydi.

Mustahkamlash uchun savollar:

1. Fotoeffekt hodisasi qanday kashf etildi?
2. Fotoeffekt hodisasini tasdiqlovchi qanday tajribalar bor?
3. Fotoeffek uchun Eynsheyn tenglamasi qanday bo'ladi?
4. Stoletov tajribalari haqida gapirib bering.
5. Fotoeffekt hodidasidan qayerlarda foydalanish mumkin?
6. Kompton effekt fotoeffektdan qanday farq qiladi?

Adabiyotlar

1. Axmadjonov O.I. «Fizika kursi, optika, atom va yadro fizikasi». Toshkent -«O'qituvchi», 1989.
2. Зисман Г.А., Тодес О.М. «Курс общей физики» 3-том. М.»Наука» 1968.
3. Детлаф А.А., Яворский Б.М., « Курс физики » М.: «Высшая школа », 2000.
4. Трофимова Т.И. «Курс физики». М.: «Высшая школа», 2000.

5. Савельев И.В. «Курс общей физики, книга 5.», М.: Наука. 1998.
6. Кристи Р., Питти А. Строение вещества: Введение в современную физику. М.: Наука. 1969.
7. Яворский Б.М., Детлаф А.А. Справочник по физике М.: Наука. 1980.

Darsning xronologik xaritasi: 80 minut

1. Darsni tashkil qilish. 2 minut.
2. Davomatni tekshirish. 2 minut.
3. Atom fizikasi fanidan o'tiladigan mavzular ishchi dasturi bilan qisqacha tanishtirish. 4 minut.
4. Atom fizikasi fanining oldingi o'rganilgan umumiy fizika kurslaridan farqi va umumiylik tomonlarini bayon qilish. 5 minut.
5. Atom fizikasi kursini o'rganishda foydalaniladigan adabiyotlar, ma'ruza matnlari bulardan foydalanish usullari. (Ma'ruza matnda har bir mavzular uchun reja, tayanch so'zlar, adabiyotlarga ko'rgazmalar, nazorat savollar keltirilganligini alohida ta'kidlash). 5 minut.
6. Yangi mavzuni bayon qilish. Atom fizikasining yaratilishi va rivojlanish bosqichlari. Atomning tarkibi, atomning asosiy xususiyatlarini bayon etish, atom fizikasi fani yutuqlarining qo'llanishi va yechimi muhim bo'lgan muammolarini bayon qilish. 55 minut.
7. O'tilgan mavzu bo'yicha savol-javoblar. 7 minut.

O'quv mashg'ulotida ta'lim texnologiyasi modeli

4- Mavzu: Zarralar va to'lqinlar. De-Broyl gipotezasi. Zarralar to'lqin xususiyatlari. Devisson-Jermer va Tomson tajribalari.

<i>Vaqt: 80 min.</i>	<i>Talabalar soni: 52 ta</i>
<i>O'quv mashg'ulotining shakli</i>	Ma'lumotli kirish - ma'ruza
<i>O'quv mashg'ulotining tuzilishi</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. O'quv kursi va mashg'ulot mavzusiga kirish 2. Bilimlarni faollashtirish - aqliy hujum 3. Ma'ruza matnini tarqatish 4. Asosiy atamalarni aniqlash-pinbord
<i>O'quv mashg'ulot maqsadi: O'quv fani to'g'risida umumiy tasavvurlarni berish</i>	
<i>Pedagogik vazifalar:</i> <ul style="list-style-type: none"> - Zarralar to'lqin xususiyatlari. - De-Broyl gipotezasi va uning tajribada tasdiqlanishi. Elektronlar va neytronlar difraksiyasi. - Devisson-Jermer va Tomson tajribalari. 	<i>O'quv faoliyat natijalari:</i> <ol style="list-style-type: none"> 1. Zarralar to'lqin xususiyatlari. 2. De-Broyl gipotezasi va uning tajribada tasdiqlanishi. Elektronlar va neytronlar difraksiyasi. 3. Devisson-Jermer va Tomson tajribalari.
<i>Ta'lim usullari</i>	Ma'ruza minbari
<i>Ta'limni tashkillashtirish shakli</i>	Jamoaviy
<i>Ta'lim vositalari</i>	Ma'ruza matni, kompyuter
<i>Ta'lim berish sharoiti</i>	Texnik vositalar bilan jihozlangan xona
<i>Monitoring va baholash</i>	Tezkor - so'rov.

Ma'lumotli kirish - ma'ruzasining texnologik xaritasi

Ish bosqich-lari va vaqti	Faoliyat mazmuni	
	ta'lim beruvchi	ta'lim oluvchilar
1-bosqich. O'quv mashg'ulotiga kirish (20 daq.)	<p>1.1 Mavzuning nomi, maqsad va kutilayotgan natijalarni yetkazadi. Taqdimot bo'yicha ekranga fanning tuzilmaviy-mantiqiy chizmasini chiqaradi, mavzularning o'zaro aloqasini yoritadi, ularga qisqa tavsif beradi, fan miqyosida bajariladigan uslubiy va tashkiliy ishlar xususiyatlarini tushuntiradi.</p> <p>Reyting-nazorat tizimi, joriy, oraliq, va yakuniy nazoratni baholash mezonlari</p> <p>(№ 1.1 ilova) bilan tanishtiradi.</p> <p>Mavzu bo'yicha asosiy tushunchalarni; mustaqil ishlash uchun adabiyotlar ro'yxatini aytadi.</p> <p>1.2. Birinchi o'quv mashg'ulot mavzusi, maqsad va o'quv faoliyat natijalarini aytadi.</p> <p>1.3. Mavzuni mustahkamlash uchun savollarni beradi (3-ilova)</p>	<p>Tinglaydilar</p> <p>Tinglaydilar</p> <p>Yozib oladilar.</p>
2-bosqich. Asosiy (50 daq.)	<p>2.1. Mavzu bo'yicha ma'ruza matnini tarqatadi va uning rejasi, asosiy tushunchalar bilan tanishishni taklif qiladi.</p> <p>2.3. Berilgan savollar asosida javoblar berilib umumiy xulosalar chiqariladi.</p> <p>2.4 Talabalar bilan birga fanga taaluqli bo'lmagan va qaytariluvchi ma'lumotlarni ochib tashlaydi, muhim asosiy tushunchalarni (Pinbord) kiritadi.</p>	<p>Tinglaydilar.</p> <p>Tinglaydilar, yozib oladilar.</p>
3-bosqich. Yakuniy (10 daq.)	<p>3.1. Mavzu bo'yicha yakun yasaydi, qilingan ishlarning kelgusida kasbiy faoliyatidagi ahamiyatiga talabalar e'tiborini qaratadi.</p> <p>3.2 O'tilgan darsni mustahkamlash uchun foydanilgan adabiyotlar ro'yxati keltiriladi.</p> <p>3.3. Mustaqil ish uchun topshiriq beradi va uning baholash mezonlari bilan tanishtiradi.</p>	<p>O'z-o'zini, o'zaro baho-lashni o'tkazadilar.</p> <p>Topshiriqni yozadilar</p>

BAHOLASH MEZONLARI

№	Nazorat turi	Ball	Nazorat ishi	Uy ishi	Mustaqil ish	Darsda faolligi	Amaliy ish	Laboratoriya
1	JN-1	11	2	2	2	1	2	2
2	JN-2	12	3	2	2	1	2	2
3	JN-3	12	3	2	2	2	2	2
3	ON-1	17	13	2	1	1	-	-
4	ON-2	18	14	2	1	1	-	-
5	YN	30	30					

86-100% “a’lo”
 71-85% “yaxshi”
 55-70% “qoniqarli”
 0-54% “qoniqarsiz”

Ilova 1.2

Talabalar bilimini faollashtirish uchun tezkor savollar

1. De-Broyl gipotezasining mohiyati nimadan iborat va uning gipotezasi qanday tajribalarda tasdiqlandi?
2. Geyzenbergning noaniqliklar munosabatlarini tushuntiring.
3. Qanday qilib to‘lqin xususiyatiga ega bo‘lgan mikrozarrachalarning holati to‘lqin funksiya orqali ifodalanadi?

Ilova 1.3

Aqliy hujum qoidasi:

Hech qanday birga baholash va tanqidga yo‘l qo‘yilmaydi!

Taklif etilayotgan g‘oyani baholashga shoshma, agarda u hattoki ajoyib va g‘aroyib bo‘lsa ham hamma narsa mumkin.

Tanqid qilma, hamma aytilgan g‘oyalar qimmatli teng kuchlidir.

O‘rtaga chiquvchini bo‘lma!

Turtki berishdan o‘zingni ushla!

Maqsad miqdor hisoblanadi!

Qancha ko‘p g‘oyalar aytilsa, undan ham yaxshi: yangi va qimmatli g‘oyalarni paydo bo‘lishi uchun ko‘p imkoniyatdir.

Agarda g‘oyalar qaytarilsa, xafa bo‘lma va hijolat chekma.

Tasavvuringni “jo‘sh urishiga” ruxsat ber!

Agarda g‘oyalar qaytarilsa, xafa bo‘lma va hijolat chekma.

Tasavvuringni “jo‘sh urishiga” ruxsat ber!

Ilova 1.4

Pinbord (inglizchadan: *pin*- mahkamlash, *board* – yozuv taxtasi) munozara usullari yoki o‘quv suhbatini amaliy usul bilan moslashdan iborat.

Ta'lim beruvchi:

→ Taklif etilgan muammoni yechishga o'z nuqtai nazarini bayon qiladi.

→ Ommaviy to'g'ri aqliy hujumni tashkillashtiradi.

Ta'lim oluvchilar quyidagi g'oyalarni:

→ Taklif etadilar, muhokama qiladilar, baholaydilar eng ko'p maqbul (samarali va boshqa g'oyalarni tanlaydilar va ularni qog'oz varag'iga asosiy so'zlar ko'rinishida (2 so'zdan ko'p bo'lmagan) yozadilar va yozuv taxtasiga biriktiradilar.

→ Guruh a'zolari (ta'lim beruvchi tomonidan belgilangan 2-3 talaba yozuv taxtasiga chiqadilar va boshqalar bilan maslahatlashib:

- aniq xato yoki qaytariluvchi g'oyalarni saralaydilar;
- tortishuvlarni aniqlaydilar;
- g'oyalarni tizimlashtirish mumkin bo'lgan belgilar bo'yicha aniqlaydilar;
- shu belgilar bo'yicha hamma g'oyalarni yozuv taxtasida guruhlaydilar (kartochka/ varaqlar).

Ta'lim beruvchi:

→Umumlashtiradi va ish natijalarini baholaydi.

Monitoring va baholash

O'tilgan mavzu bo'yicha og'zaki so'rov, tezkor savol-javob qarab 1-2 ballgacha baholanadi.

Ilova 1.5

Mustaqil ish topshiriqlari.

1. Elektromagnit to'lqinlarning korpuskulyar xususiyatlari, yorug'likning korpuskulyar xususiyatlariga doir masalalar yechish.
2. Taqdimot slaydlari.

4- Ma'ruza (2-soat)

Zarralar va to'lqinlar. De-Broyl gipotezasi. Zarralar to'lqin xususiyatlari. Devisson-Jermer va Tomson tajribalari.

Reja:

1. Zarralar to'lqin xususiyatlari.
2. De-Broyl gipotezasi va uning tajribada tasdiqlanishi. Elektronlar va neytronlar difraksiyasi.
3. Devisson-Jermer va Tomson tajribalari.

Tayanch so'zlar va iboralar: Yorug'lik tabiatidagi ikkiyoqlamalik, yorug'likning elektromagnit to'lqin va kvant tabiati, de-Broyl gipotezasi, zarrachalarning to'lqin xususiyati, Devisson va Jermerlar va boshqa olimlarning tajribalari, elektronlar va neytronlar difraksiyasi tenglamasi.

De-Broyl gipotezasi va uning tajribada tasdiqlanishi. Elektronlar va neytronlar difraksiyasi.

Ma'lumki, yorug'lik korpuskulyar va to'lqin xossaga ega. Yorug'likning to'lqin xossaga ega ekanligini yorug'lik interferensiyasi, yorug'lik difraksiyasi, yorug'lik dispersiyasi va boshqa optik hodisalar tasdiqlaydi. Yorug'likning korpuskulyar tabiatini yoki boshqacha aytganda yorug'likning kvant tabiatini nurlanish qonunlari, fotoeffekt hodisasi, Kompton effekti va boshqa qator optik hodisalar tasdiqlaydi.

Yorug'likning ikki xil - korpuskulyar va to'liqin tabiatga ega ekanligidan mikrozarralar ham to'liqin tabiatga ega bo'lmasmikan - degan savol tug'iladi.

1924 yilda fransuz olimi Lui de Broyl (1892-1987) korpuskulyar - to'liqin tabiat faqat yorug'lik fotonigagina xos bo'lmasdan, bunday ikki yoqlamalilik elektronga va har qanday boshqa mikrozarrachalarga ham xos degan gipotezani ilgari surdi.

Uning bashoratiga ko'ra har bir mikrozarrachalar bir tomondan energiya va impulsiga ega bo'lsa, ikkinchi tomondan ma'lum to'liqin uzunlik va chastotaga ham ega bo'ladi. Mikrozarrachaning energiya va impulsi uchun yorug'lik foton uchun yozilganidek quyidagi formulalarni yozish mumkin:

$$P = \frac{E}{c}, \quad (1)$$

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \quad (2)$$

$$P = \frac{h}{\lambda} \quad (3)$$

Bu yerda (1) formula nisbiylik nazariyasiga ko'ra zarrachaning energiyasi bilan impulsi orasidagi bog'lanishni ifodalaydi. Nisbiylik nazariyasida energiya bilan impuls orasida

$$E^2 = c^2 p^2 + m_0^2 c^4 \quad (4)$$

bog'lanish borligi isbot qilingan. Agar fotonning tinchlikdagi massasi nol ($m_0 = 0$) bo'lishini hisobga olsak, (4) formuladan (1) formula kelib chiqadi. (2) formula Maks Plank gipotezasidagi (1900) kvant energiyasini bildiradi. (3) formula, (2) formuladan kelib chiqadi. Agar $E^2 = mc^2$ ekanligini hisobga olsak, (3) formula hosil bo'ladi. De-Broyl yuqoridagi formulalarni, xususan (3) formulani har qanday zarracha uchun ham qo'lladi. Bunda foton impulsi o'rniga zarrachaning impulsi olinib, formuladagi λ harakatlanayotgan zarracha bilan bog'liq bo'lgan to'liqin uzunlikni ifodalaydi. Ya'ni impulsi P bo'lgan har qanday zarrachaga

$$\lambda = \frac{h}{p} \quad (5)$$

to'liqin uzunlik mos keladi.

Zarrachani (5) formula bilan topilgan to'liqin uzunligini *de-Broyl to'liqini* deb belgilanadi.

Yuqoridagi de-Broyl formulasini to'liqin vektori k orqali ifodalash mumkin. To'liqin vektori k uzunligi 2π ga teng bo'lgan kesmaga joylashuvchi to'liqin uzunliklari soniga teng:

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \quad (6)$$

λ ni k orqali ifodalasak, (5) ni boshqacha yozish mumkin:

$$P = \frac{h}{\lambda} = h \frac{2\pi}{\lambda} = \hbar k \quad (7)$$

(7) formulada $\hbar = \frac{h}{2\pi} = 1,05 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

Zarracha impulsining yo'nalishi to'liqin vektori \vec{k} yo'nalishi bilan bir xil:

$$\vec{P} = \hbar \vec{k}$$

De-Broyl to'liqinining tebranish chastotasi $E = h\nu = \hbar\omega$ munosabatdan

$$\omega = \frac{E}{\hbar}, \quad \nu = \frac{E}{h} \quad (8)$$

ekanligi kelib chiqadi. Bu yerda E zarrachaning to'liq energiyasi. Demak, (8) munosabat faqat yorug'lik kvantigagina tegishli bo'lmay, u har qanday mikrozarrachaga ham tegishlidir. Misol tariqasida ayrim zarrachalar uchun de-Broyl to'liqini uzunligini hisoblaylik. Masalan, massasi $m = 10^{-5} \text{ kg}$ bo'lgan makroskopik chang zarrachasi $v = 10 \text{ m/s}$ tezlik bilan harakatlanayotgan bo'lsin. (4) formula bilan De-Broyl to'liqinini topaylik.

$$\lambda_1 = \frac{h}{P_1} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34}}{10^{-5} \cdot 10} \text{ m} = 6,62 \cdot 10^{-30} \text{ m} = 6,62 \cdot 10^{-20} \text{ \AA}$$

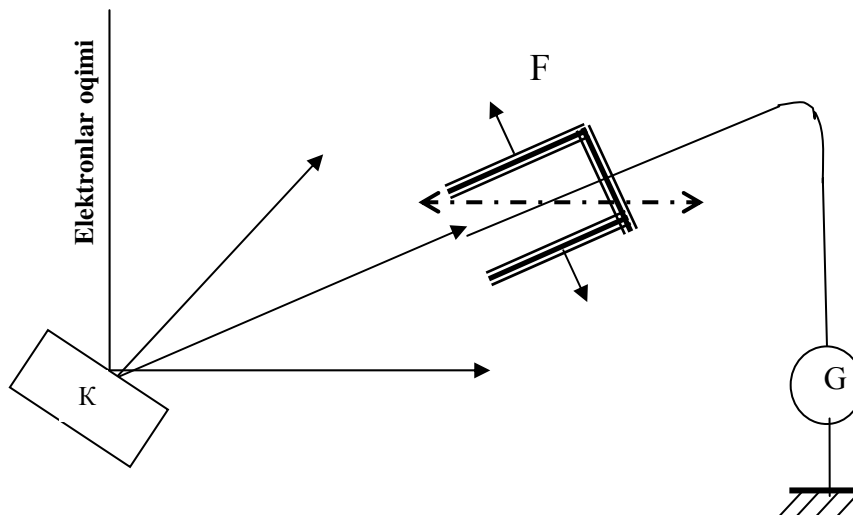
Yuqoridagi natijadan ko‘rinadiki, makroskopik zarrachada to‘lqin xususiyat namoyon bo‘lmas ekan.

Ikkinchi misol sifatida mikrodunyoning tipik vakili bo‘lgan zarracha-elektron uchun λ_B ni hisoblaylik. Elektronning tinchlikdagi massasi $m_0 = 9 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, tezligini $v_2 = 10^6 \text{ m/s}$ deb olaylik;

$$\lambda_2 = \frac{h}{p_2} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34}}{9 \cdot 10^{-31} \cdot 10^6} \text{ m} = 6,7 \cdot 10^{-10} \text{ m} = 6,7 \text{ \AA}$$

Topilgan bu to‘lqin uzunligi qiymati rentgen nurlarinikiga mos keladi. Lekin bu yerda shuni aytish kerakki, de-Broyl to‘lqinini elektron bilan bog‘liq bo‘lgan elektromagnit to‘lqin sifatida talqin qilish mumkin emas. Har qanday boshqa zarracha uchun ham de-Broyl to‘lqinini elektromagnit yoki boshqa tabiatga ega bo‘lgan to‘lqin sifatida qarash noto‘g‘ri bo‘ladi.

Devisson va Jermer tajribasi



1-rasm.

Devisson-Jermer tajribasining sxemasi

Zarrachalar difraksiyasi. Devisson va Jermer (1927) elektronlar oqimining kristall sirtida sochilishini tajribada tekshirayotib, sochilgan elektronlar intensivligi fazoda notekis taqsimlanganligini aniqlashdi. Bu to‘lqinga xos xususiyat edi. Monokristall K dan qaytgan elektronlar oqimi F-Faradey silindriga tushib elektr tokini hosil qiladi. Faradey silindri bir-biriga o‘zaro tik bo‘lgan o‘qlar bo‘yicha siljitish imkoniyatiga ega. Uni har xil yo‘nalishlarda siljitib, monokristalldan qaytgan elektronlar intensivligining fazodagi taqsimotini aniqlash mumkin.

Tajribadan aniqlanishicha, monokristalldan qaytgan elektronlar ma‘lum yo‘nalishlarda maksimumlarga va minimumlarga ega bo‘lgan. Maksimumlarning tartibi quyidagicha:

$$d \cdot \sin \varphi = n\lambda \quad (9)$$

shartni qanoatlantiradi. Bu yerda d-kristall panjarasining doimiysi (berilgan material uchun o‘zgarmasdir), φ -difraksion maksimumlarni kuzatish burchagi, n-maksimumlar tartibi, λ -kristallga tushayotgan elektron to‘lqin uzunligi. Elektronning tezligi v ni elektr potentsiallar farqi U orqali ifodalasak, (9) formuladagi to‘lqin uzunligini elektr o‘lchash asboblari yordamida aniqlash mumkin bo‘lgan quyidagi

$$\lambda = \sqrt{\frac{150}{U}} \text{ \AA} \quad (10)$$

ifodaga ega bo‘lamiz demak, $\lambda \sim \frac{1}{U}$; $D\sqrt{U} = \text{const.}$

Buni e‘tiborga olib (9) ni quyidagicha yozish mumkin:

$$\sqrt{U} \sin \varphi = n \cdot \text{const} \quad (11)$$

Tajriba natijalari zarracha $\lambda = \frac{2\pi}{k} = \frac{h}{mv}$ to'liqin uzunlikka ega deb topilgan (9) va (10) natijalarni, ya'ni De-Broyl gipotezasini to'la tasdiqladi.

Tartakovskiy va Tomsonlar (1928) elektronlarning polikristalldan difraksiyasini tekshirdi. Bu holda elektronlar oqimi yupqa polikristall parda (plenka) dan o'tkazilgan. Pardada kristallchalar betartib joylashganligi sababli elektronlar difraksiyasi fazoviy bo'lib, rentgen nurlari difraksiyasi uchun aniqlangan

$$2d \cdot \sin \varphi = n\lambda \quad (12)$$

Vulf-Bregglar shartini qanoatlantiradi. Bu holda ham to'liqin uzunlikni (10) ifoda orqali aniqlash mumkin. Ekranga tushgan elektronlar intensivligi konsentrik halqalardan iborat bo'ladi. Shtern va Esterman geliy (${}_2He^4$) atomi va vodorod (H_2) molekulasini LiF -litiy fluorid kristalidan qaytgan difraksiyani kuzatishgan. Bu holda atom va molekulalar qizdirish yo'li bilan tezlashtiriladi, ularning kristall sirtidan qaytgandagi intensivligi esa sezgir manometrlar yordamida aniqlanadi, bunda turli to'liqin uzunlikdagi spektr hosil bo'lishi kuzatilgan. Shuningdek, neytronlarning difraksiyasi ham tajribada tekshirib ko'rilgan.

Tajriba natijalari De-Broyl gipotezasining to'g'riligini, mikrozarachalar korpuskulyarlik xususiyati bilan bir qatorda to'liqin xususiyatiga ham ega ekanliklarini to'la isbotladi. Tajriba natijalaridan ko'rinadiki, to'liqin xususiyat faqat elektronga emas, proton, neytronlarga, atom va molekulalarga, umuman hamma mikrozarachalarga xosdir.

Yuqorida elektron uchun topilgan de-Broyl to'liqin uzunligini qiymati tajriba yo'li bilan tekshirib ko'riladi. 1927 yilda amerikalik fiziklar K. Devisson (1881-1958) va L.Jermerlar (1896-1971) tajribada elektronlar dastasini to'liqin xossaga ega ekanligini aniqladilar. Ular rentgen nurlarining to'liqin uzunligini aniqlash usulidan elektronlarning to'liqin xossasini tekshirish uchun foydalandilar. Tajriba sxemasi 1-rasmda ko'rsatilgan. Rentgen nurlari o'rniga katta energiyaga ega bo'lgan elektronlar dastasi nikel kristali sirtiga yo'naltirilgan. Katoddan uchib chiqqan elektronlarning energiyasi katod va anod orasiga beriladigan kuchlanishni potentsiometr bilan o'zgartirish orqali boshqariladi. Anodda kichkina yumaloq tirqish bo'lib, undan chiqqan elektronlar ma'lum burchak ostida kristall sirtiga tushadi va undan o'sha burchak ostiga qaytadi. Qaytgan elektronlar Faradey silindri yordamida ushlanadi.

Faradey silindriga ulangan galvanometr orqali o'tgan tokka qarab, kristalldan qaytgan elektronlar intensivligi haqida fikr yuritish mumkin. Elektron dastasi hosil qiluvchi qurilma elektron zambarak deb ataladi. Elektron zambarak, kristall, Faradey silindri hammasi vakuumda joylashgan bo'ladi. Tajriba davomida galvanometrdan o'tayotgan tok bilan elektronlarga tezlanish beruvchi kuchlanishdan chiqarilgan kvadrat ildiz orasidagi bog'lanish grafigi 3-rasmda ko'rsatilgan. Bu bog'lanishda bir-biridan bir xil masofada joylashgan maksimumlar kuzatilgan.

Aslini olganda elektronlarni kristalldan qaytishini hisobga olmaganda tok bilan kuchlanish orasidagi bog'lanish ikki elektrodli elektron lampaning Volt-Amper xarakteristikasi bilan bir xil bo'lishi, hech qanday maksimum-minimumlar bo'lmasligi kerak edi. Bunday maksimumlarni faqat elektronlarning to'liqin xossasini hisobga olib tushuntirish mumkin.

Elektronlarning katod va anod orasidagi elektr maydonida olgan kinetik energiyasi

$$\frac{m_{oe} g^2}{2} = eU$$

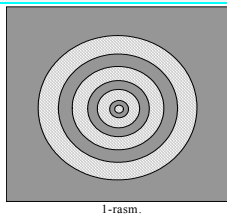
bo'lgani uchun, tezligi

$$g = \sqrt{\frac{2eU}{m_{oe}}} \quad (13)$$

bo'ladi. Elektronning tezligini aniqlash mumkin bo'lgan (13) ifodani (5) formulaga qo'yamiz:

$$\lambda = \frac{h}{m_{oe} \sqrt{\frac{2eU}{m_{oe}}}} = \frac{h}{\sqrt{2em_{oe}U}} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34}}{\sqrt{U \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 9,11 \cdot 10^{-31}}} = \frac{1,23 \cdot 10^{-9}}{\sqrt{U}}$$

yoki

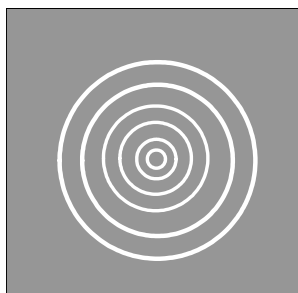


1-rasm.

$$\lambda = \frac{12,3}{\sqrt{U}} A \quad (14)$$

Odatdagi elektron qurilmalarda katod va anod orasidagi kuchlanish $1 \div 10^4$ V atrofida bo'lishini hisobga olsak, (14) formuladan λ ni $10 \div 0,1 \text{ \AA}$ oralig'ida bo'lishi kelib chiqadi. Ya'ni λ rentgen nurlari to'liq uzunliklari oralig'ida bo'ladi.

Devisson va Jermerlar tajribasida birinchi maksimum kuchlanishning 54 V qiymatida va qaytish burchagi $\theta = 500$ bo'lganda kuzatiladi. Rentgen nurlari difraksiyasi uchun chiqarilgan Vulf-Breglarning



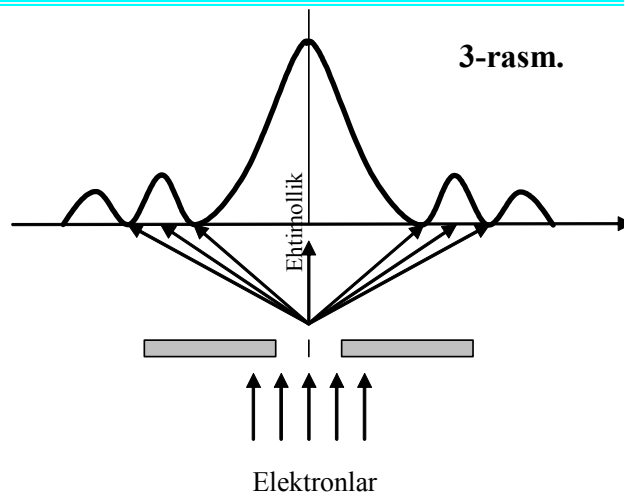
2-rasm.

$$2d \sin \theta = n\lambda \quad (15)$$

formulasiga nikelning kristall panjara doimiysi d va elektronlarning kristall sirtidan qaytish burchagi θ ni qo'yib λ ni hisoblasak, $\lambda = 1,67 \text{ \AA}$ ekanligi kelib chiqadi. Kuchlanish qiymatini (14) formulaga qo'yib hisoblaganda ham yuqoridagi $1,67 \text{ \AA}$ kelib chiqadi, ya'ni:

$$\lambda = \frac{12,3}{\sqrt{54}} = 1,67 A^\circ$$

Bu natija de-Broyl formulasini naqadar to'g'riligini tasdiqladi. Keyinchalik de-Broyl formulasini to'g'riligi ko'p olimlarning tajribalarida ham tasdiqlandi. Masalan, rus olimi Tartakovskiy P.S. katta tezlikdagi elektronlarni yupqa ($d \approx 1 \text{ mkm}$) metall qatlamidan o'tkazib, elektronlar hosil qilgan difraksiya manzarasining rasmini fotoqog'ozga tushirdi. Elektronlarning kichkina yumaloq teshikdan chiqishda fotoplastinkada hosil qilgan difraksiya manzarasi (1-rasm) ham xuddi monoxromatik yorug'likning yakka tirqishdan o'tganda yoki rentgen nurlarini kristall panjaradan qaytganda hosil qilgan difraksiyasiga o'xshab, navbatlashib joylashgan yorug'-qorong'i xalqalardan iborat bo'lar ekan (2-rasm). Agar elektronlar chiqayotgan teshikchaning qarshisiga ekran qo'yilsa, elektronlar ko'proq ekranni o'rtasiga tushadi. So'ngra navbatlashib joylashgan difraksiya xalqalari bo'yicha taqsimlanadi. Xalqalar orasiga bitta ham elektron tushmaydi. Boshqacha aytganda, elektronlarni ekranning ma'lum nuqtalariga tushish ehtimolligi aniq bir taqsimot funksiyasiga ega. Bu funksiya grafigi yorug'lik intensivligini difraksiya xalqalari bo'yicha taqsimlanishiga o'xshaydi. Uni ekran markaziga nisbatan taqsimlanish grafigi 3-rasmda ko'rsatilgan. Rasmdan ko'rinib turibdiki, markazdan uzoqlashgan sari elektronlarning tushish ehtimolligi kamayib, minimumda nol bo'ladi. Keyingi maksimumlar markaziy maksimumga qaraganda bir necha marta kichikdir. Demak, bu nuqtalarga elektronlarning tushish ehtimolligi ancha kichikdir. Minimumlar esa bu nuqtalarga elektronlarning umuman tushmasligini bildirdi.



G.Tomson (1928) elektronlarning difraksiya manzarasiga magnit maydoni ta'sir qilishini tajribada aniqladi. Bu tajriba difraksiyani elektron bilan kristallni ta'sirlanishida hosil bo'lgan rentgen nurlari hosil qilmasdan, balki elektronlarning o'zi hosil qilishini ko'rsatadi.

1948 yilda V.Fabrikant, L.Biberman va N.Sushkinlar elektronlarni yupqa metall qatlamidan bittalab o'tkazganda ham elektronlar difraksiyasini kuzatdilar. Bu tajribadan to'lqin xususiyat faqat elektronlar oqimiga tegishli bo'lmasdan, balki har bir elektronning o'ziga ham xos ekanligi kelib chiqadi.

Keyinchalik boshqa zarrachalarning ham, masalan neytronlarni, proton va geliy atomlarini ham to'lqin xossaga ega ekanligi aniqlandi. Mikrozararlarda to'lqin xususiyatining ochilishi moddalar tuzilishini o'rganishning yangi usullari-elektronografiya va neytronografiyani yaratilishiga olib keldi.

Hozirgi zamon elektron mikroskoplarining ajrata olish qobiliyatini baholashda elektronlarining to'lqin xususiyatini amalda hisobga olishga to'g'ri keladi. Optik mikroskoplarning ajrata olish qobiliyati yorug'likning to'lqin uzunligiga bog'liq bo'lgani kabi elektron mikroskoplarning ham ajrata olish qobiliyati elektronning de-Broyl to'lqin uzunligiga bog'liq.

Yuqorida ko'rib o'tganlarimizni umumlashtirib shuni aytamizki, har qanday mikrozarrahaga bir tomondan to'lqin, ikkinchi tomondan zarracha deb qarashimiz kerak. Ya'ni ularga ikki yoqlamalilik xosdir. Yorug'lik uchun ham shunday ikki yoqlamalilik (dualizm) o'rinli ekanligini ko'rgan edik.

Mustahkamlash uchun savollar

1. Zarralar to'lqin xususiyatlari.
2. De-Broyl gipotezasi va uning tajribada tasdiqlanishi. Elektronlar va neytronlar difraksiyasi.
3. De-Broyl gipotezasining mohiyati nimadan iborat va uning gipotezasi qanday tajribalarda tasdiqlandi?
4. Devisson-Jermer va Tomson tajribalari.

Adabiyotlar

1. Axmadjonov O.I. «Fizika kursi, optika, atom va yadro fizikasi». Toshkent -«O'qituvchi», 1989.
2. Детлаф А.А., Яворский Б.М., « Курс физики » М.: «Высшая школа », 2000.
3. Трофимова Т.И. «Курс физики». М.: «Высшая школа», 2000.
4. Савельев И.В. «Курс общей физики, книга 5.», М.: Наука. 1998.
5. Кристи Р., Питти А. Строение вещества: Введение в современную физику. М.: Наука. 1969.
6. Стручков В.В., Яворский Б.М. «Вопрос современной физика» М.: « Просвещение », 1973.
7. Кондаков В.А. «Строение и свойства вещества» М.: «Просвещение», 1970.
8. Буравихин В.А., Егоров В.А. Биография электрона. М.:»Знание», 1985.

Darsning xronologik xaritasi: 80 minut

1. Darsni tashkil qilish. 2 minut.
2. Davomatni tekshirish. 2 minut.
3. Atom fizikasi fanidan o'atiladigan mavzular ishchi dasturi bilan qisqacha tanishtirish. 4 minut.
4. Atom fizikasi fanining oldingi o'rganilgan umumiy fizika kurslaridan farqi va umumiylik tomonlarini bayon qilish. 5 minut.
5. Atom fizikasi kursini o'rganishda foydalaniladigan adabiyotlar, ma'ruza matnlari bulardan foydalanish usullari. (Ma'ruza matnda har bir mavzular uchun reja, tayanch so'zlar, adabiyotlarga ko'rgazmalar, nazorat savollar keltirilganligini alohida ta'kidlash). 5 minut.
6. Yangi mavzuni bayon qilish. Atom fizikasining yaratilishi va rivojlanish bosqichlari. Atomning tarkibi, atomning asosiy xususiyatlarini bayon etish, atom fizikasi fani yutuqlarining qo'llanishi va yechimi muhim bo'lgan muammolarini bayon qilish. 55 minut.
7. O'tilgan mavzu bo'yicha savol-javoblar. 7 minut.

O'quv mashg'ulotida ta'lim texnologiyasi modeli

5-Mavzu: Zarralar va to'lqinlar. De-Broyl to'lqinlari. To'lqin paketi. De-Broyl fazaviy va gruppaviy tezliklari. Noaniqlik prinsipi

<i>Vaqt: 80 min.</i>	<i>Talabalar soni: 52 ta</i>
<i>O'quv mashg'ulotining shakli</i>	Ma'lumotli kirish - ma'ruza
<i>O'quv mashg'ulotining tuzilishi</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. O'quv kursi va mashg'ulot mavzusiga kirish 2. Bilimlarni faollashtirish - aqliy hujum 3. Ma'ruza matnini tarqatish 4. Asosiy atamalarni aniqlash-pinbord
<i>O'quv mashg'ulot maqsadi: O'quv fani to'g'risida umumiy tasavvurlarni berish</i>	
<i>Pedagogik vazifalar:</i> - Zarralar va to'lqinlar - De-broyl gipotezasi va uni tajribada tasdiqlanishi. - Elektronlar va neytronlar difraksiyasi. - De-Broyl fazaviy va gruppaviy tezliklari. - Noaniqlik prinsipi	<i>O'quv faoliyat natijalari:</i> <ol style="list-style-type: none"> 1. Yorug'likning to'lqin va korpuskulyar xususiyatga ekanligi haqida tushuncha berish. 2. De-Broyl gipotezasini tajribada tasdiqlanishini tushuntirish. 3. Devisson va Jermerlar tajribasining mohiyatini tushuntirish. 4. Zarraning fazaviy va gruppaviy tezliklarini aniqlashni tushuntirish. 5. Geyzenbergning noaniqliklar munosabatlari haqida ma'lumot berish.
<i>Ta'lim usullari</i>	Ma'ruza minbari
<i>Ta'limni tashkillashtirish shakli</i>	Jamoaviy
<i>Ta'lim vositalari</i>	Ma'ruza matni, kompyuter
<i>Ta'lim berish sharoiti</i>	Texnik vositalar bilan jihozlangan xona
<i>Monitoring va baholash</i>	Tezkor - so'rov.

Ma'lumotli kirish - ma'ruzasining texnologik xaritasi

Ish bosqich-lari va vaqti	Faoliyat mazmuni	
	ta'lim beruvchi	ta'lim oluvchilar
1-bosqich. O'quv mashg'ulotiga kirish (20 daq.)	<p>1.1 Mavzuning nomi, maqsad va kutilayotgan natijalarni yetkazadi. Taqdimot bo'yicha ekranga fanning tuzilmaviy-mantiqiy chizmasini chiqaradi, mavzularning o'zaro aloqasini yoritadi, ularga qisqa tavsif beradi, fan miqyosida bajariladigan uslubiy va tashkiliy ishlar xususiyatlarini tushuntiradi.</p> <p>Reyting-nazorat tizimi, joriy, oraliq, va yakuniy nazoratni baholash mezonlari</p> <p>(№ 1.1 ilova) bilan tanishtiradi.</p> <p>Mavzu bo'yicha asosiy tushunchalarni; mustaqil ishlash uchun adabiyotlar ro'yxatini aytadi.</p> <p>1.2. Birinchi o'quv mashg'ulot mavzusi, maqsad va o'quv faoliyat natijalarini aytadi.</p> <p>1.3. Mavzuni mustahkamlash uchun savollarni beradi (3-ilova)</p>	<p>Tinglaydilar</p> <p>Tinglaydilar</p> <p>Yozib oladilar.</p>
2-bosqich. Asosiy (50 daq.)	<p>2.1. Mavzu bo'yicha ma'ruza matnini tarqatadi va uning rejasi, asosiy tushunchalar bilan tanishishni taklif qiladi.</p> <p>2.3. Berilgan savollar asosida javoblar berilib umumiy xulosalar chiqariladi.</p> <p>2.4 Talabalar bilan birga fanga taaluqli bo'lmagan va qaytariluvchi ma'lumotlarni ochib tashlaydi, muhim asosiy tushunchalarni (Pinbord) kiritadi.</p>	<p>Tinglaydilar.</p> <p>Tinglaydilar, yozib oladilar.</p>
3-bosqich. Yakuniy (10 daq.)	<p>3.1. Mavzu bo'yicha yakun yasaydi, qilingan ishlarning kelgusida kasbiy faoliyatidagi ahamiyatiga talabalar e'tiborini qaratadi.</p> <p>3.2 O'tilgan darsni mustahkamlash uchun foydanilgan adabiyotlar ro'yxati keltiriladi.</p> <p>3.3. Mustaqil ish uchun topshiriq beradi va uning baholash mezonlari bilan tanishtiradi.</p>	<p>O'z-o'zini, o'zaro baho-lashni o'tkazadilar.</p> <p>Topshiriqni yozadilar</p>

BAHOLASH MEZONLARI

№	Nazorat turi	Ball	Nazorat ishi	Uy ishi	Mustaqil ish	Darsda faolligi	Amaliy ish	Laboratoriya
1	JN-1	11	2	2	2	1	2	2
2	JN-2	12	3	2	2	1	2	2
3	JN-3	12	3	2	2	2	2	2
3	ON-1	17	13	2	1	1	-	-
4	ON-2	18	14	2	1	1	-	-
5	YN	30	30					

86-100% “a’lo”
 71-85% “yaxshi”
 55-70% “qoniqarli”
 0-54% “qoniqarsiz”

Ilova 1.2

Talabalar bilimini faollashtirish uchun tezkor savollar

1. De-Broyl to’lqinlari haqida ma’lumot bering.
2. Dualizm nima?
3. Yorug’likning korpuskulyar va to’lqin xususiyatlarining farqini ayting.
4. Fazaviy tezlik qanday hisoblanadi?
5. Devisson va Jermerlar o’tkazgan tajribani tushuntiring.
6. Geyzenbergning noaniqlik prinsipi haqida ma’lumot bering.

Ilova 1.3

Aqliy hujum qoidasi:

Hech qanday birga baholash va tanqidga yo’l qo’yilmaydi!

Taklif etilayotgan g’oyani baholashga shoshma, agarda u hattoki ajoyib va g’aroyib bo’lsa ham hamma narsa mumkin.

Tanqid qilma, hamma aytilgan g’oyalar qimmatli teng kuchlidir.

O’rtaga chiquvchini bo’lma!

Turtki berishdan o’zingni ushla!

Maqsad miqdor hisoblanadi!

Qancha ko’p g’oyalar aytilsa, undan ham yaxshi: yangi va qimmatli g’oyalarni paydo bo’lishi uchun ko’p imkoniyatdir.

Agarda g’oyalar qaytarilsa, xafa bo’lma va hijolat chekma.

Tasavvuringni “jo’sh urishiga” ruxsat ber!

Agarda g’oyalar qaytarilsa, xafa bo’lma va hijolat chekma.

Tasavvuringni “jo’sh urishiga” ruxsat ber!

Ilova 1.4

Pinbord (inglizchadan: *pin*- mahkamlash, *board* – yozuv taxtasi) munozara usullari yoki o’quv suhbatini amaliy usul bilan moslashdan iborat.

Ta'lim beruvchi:

→ Taklif etilgan muammoni yechishga o'z nuqtai nazarini bayon qiladi.

→ Ommaviy to'g'ri aqliy hujumni tashkillashtiradi.

Ta'lim oluvchilar quyidagi g'oyalarni:

→ Taklif etadilar, muhokama qiladilar, baholaydilar eng ko'p maqbul (samarali va boshqa g'oyalarni tanlaydilar va ularni qog'oz varag'iga asosiy so'zlar ko'rinishida (2 so'zdan ko'p bo'lmagan) yozadilar va yozuv taxtasiga biriktiradilar.

→ Guruh a'zolari (ta'lim beruvchi tomonidan belgilangan 2-3 talaba yozuv taxtasiga chiqadilar va boshqalar bilan maslahatlashib:

- aniq xato yoki qaytariluvchi g'oyalarni saralaydilar;
- tortishuvlarni aniqlaydilar;
- g'oyalarni tizimlashtirish mumkin bo'lgan belgilar bo'yicha aniqlaydilar;
- shu belgilar bo'yicha hamma g'oyalarni yozuv taxtasida guruhlaydilar (kartochka/ varaqlar).

Ta'lim beruvchi:

→ Umumlashtiradi va ish natijalarini baholaydi.

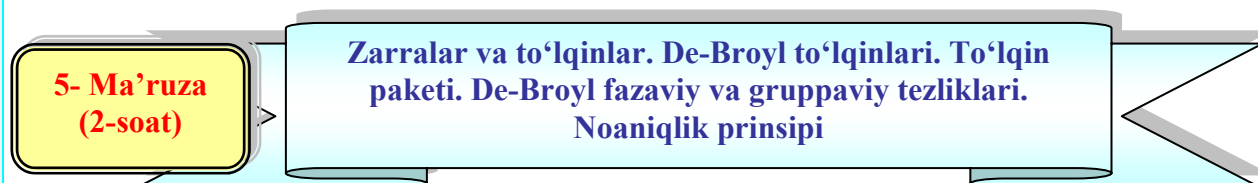
Monitoring va baholash

O'tilgan mavzu bo'yicha og'zaki so'rov, tezkor savol-javob qarab 1-2 ballgacha baholanadi.

Ilova 1.5

Mustaqil ish topshiriqlari.

1. Noaniqlik munosabatlari. Mikrozarralarning koordinatalari va impulsini aniqlash.
2. Taqdimot slaydlari.



Reja:

1. Zarralar va to'liqlar
2. De-Broyl gipotezasi va uni tajribada tasdiqlanishi.
3. Elektronlar va neytronlar difraksiyasi.
4. De-Broyl fazaviy va gruppaviy tezliklari.
5. Noaniqlik prinsipi

Tayanch so'zlar va iboralar: Dualizm, De-Broyl, De-Broyl to'liqini, fazaviy tezlik, elektron zambarak, noaniqlik prinsipi

Ma'lumki, yorug'lik korpuskulyar va to'liqin xossaga ega. Yorug'likning to'liqin xossaga ega ekanligini yorug'lik interferensiyasi, yorug'lik difraksiyasi, yorug'lik dispersiyasi va boshqa optik hodisalar tasdiqlaydi. Yorug'likning korpuskulyar tabiatini yoki boshqacha aytganda yorug'likning kvant tabiatini nurlanish qonunlari, fotoeffekt hodisasi, Kompton effekti va boshqa qator optik hodisalar tasdiqlaydi.

Yorug'likning ikki xil - korpuskulyar va to'liqin tabiatga ega ekanligidan mikrozarralar ham to'liqin tabiatga ega bo'lmasmikan - degan savol tug'iladi. 1924 yilda fransuz olimi Lui de Broyl

(1892-1987) korpuskulyar - to'liqin tabiat faqat yorug'lik fotonigagina xos bo'lmasdan bunday ikki yoqlamalilik elektronga va har qanday boshqa mikrozarachalarga ham xos degan gipotezani ilgari surdi.

Uning bashoratiga ko'ra har bir mikrozarachalar bir tomondan energiya va impulsiga ega bo'lsa, ikkinchi tomondan ma'lum to'liqin uzunlik va chastotaga ham ega bo'ladi. Mikrozarachaning energiya va impulsi uchun yorug'lik fotoni uchun yozilganidek quyidagi formulalarni yozish mumkin:

$$P=, \quad (1)$$

$$E=h\nu=, \quad (2)$$

$$P=\frac{h}{\lambda}, \quad (3)$$

Bu yerda (1) formula nisbiylik nazariyasiga ko'ra zarachaning energiyasi bilan impulsi orasidagi bog'lanishni ifodalaydi. Nisbiylik nazariyasida energiya bilan impuls orasida

$$E^2=c^2 p^2 + m_0^2 c^4$$

bog'lanish borligi isbot qilingan. Agar fotonning tinchlikdagi massasi nol ($m_f=0$) bo'lishini hisobga olsak, yuqoridagi formuladan (1) formula kelib chiqadi. (2) formula Maks Plank gipotezasidagi (1900) kvant energiyasini bildiradi.

(3) formula, (2) formuladan kelib chiqadi. Agar $E=mc^2$ ekanligini hisobga olsak, (3) formula hosil bo'ladi. De-Broyl yuqoridagi formulalarni, xususan (3) formulani har qanday zaracha uchun ham qo'lladi. Bunda foton impulsi o'rniga zarachaning impulsi olinib, formuladagi harakatlanayotgan zaracha bilan bog'liq bo'lgan to'liqin uzunlikni ifodalaydi. Ya'ni impulsi p bo'lgan har qanday zarachaga

$$\lambda=\frac{h}{p} \quad (4)$$

to'liqin uzunlik mos keladi.

Zarachani (4) formula bilan topilgan to'liqin uzunligini de-Broyl to'liqini deb, λ_B -ko'rinishda belgilanadi:

$$\lambda_B= \quad (4a)$$

Yuqoridagi de-Broyl formulasini to'liqin vektori K orqali ham ifodalash mumkin. To'liqin vektori k uzunligi 2 ga teng bo'lgan kesmaga joylashuvchi to'liqin uzunliklari soniga teng:

$$k=\frac{2\pi}{\lambda} \quad (5)$$

ni K orqali ifodalasak, (5.4) ni boshqacha yozish mumkin

$$P=\frac{h}{\lambda}=h\frac{2\pi}{\lambda}=\hbar k \quad (6)$$

(6) formulada
$$\hbar=\frac{h}{2\pi}=1,05\cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$$

Zarachani impulsining yo'nalishi to'liqin vektori K yo'nalishi bilan bir xil:

$$\vec{P}=\hbar\vec{k} \quad (6a)$$

yoki

$$\vec{k}=\frac{\vec{P}}{\hbar}$$

De-Broyl to'liqinining tebranish chastotasi $E=h\nu=\hbar\omega$

munosabatdan

$$\omega=\frac{E}{\hbar}, \quad \nu=\frac{E}{h} \quad (7)$$

ekanligi kelib chiqadi. Bu yerda E zarachaning to'liq energiyasi. Demak, (7) munosabat faqat yorug'lik kvantigagina tegishli bo'lmay, u har qanday mikrozarachaga ham tegishlidir. Misol tariqasida ayrim zarachalar uchun de-Broyl to'liqini uzunligini hisoblaylik. Masalan, massasi $m=10^{-5}$

kg bo'lgan makroskopik chang zarrachasi $v = 10\text{m/s}$ tezlik bilan harakatlanayotgan bo'lsin: (4) formula bilan λ_1 ni topaylik.

$$\lambda_1 = \frac{h}{P_1} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34}}{10^{-5} \cdot 10} m = 6,62 \cdot 10^{-30} m = 6,62 \cdot 10^{-20} \text{ \AA}$$

Yuqoridagi natijadan ko'rinadiki, makroskopik zarrachada to'liq xususiyat namoyon bo'lmas ekan.

Ikkinchi misol sifatida mikrodunyoning tipik vakili bo'lgan zarracha-elektron uchun λ_2 ni hisoblaylik. Elektronning tinchlikdagi massasi $m_0 = 9 \cdot 10^{-31} \text{kg}$, tezligini $v_2 = 10^6 \text{ m/s}$ deb olaylik. U holda

$$\lambda_2 = \frac{h}{P_2} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34}}{9 \cdot 10^{-31} \cdot 10^6} m = 6,7 \cdot 10^{-10} m = 6,7 \text{ \AA}$$

Topilgan bu to'liq uzunligi qiymati rentgen nurlarinikiga mos keladi. Lekin bu yerda shuni aytish kerakki, de-Broyl to'liqini elektron bilan bog'liq bo'lgan elektromagnit to'liq sifatida talqin qilish mumkin emas. Har qanday boshqa zarracha uchun ham de-Broyl to'liqini elektromagnit yoki boshqa tabiatga ega bo'lgan to'liq sifatida qarash noto'g'ri bo'ladi.

Yuqorida elektron uchun topilgan de-Broyl to'liq uzunligini qiymati tajriba yo'li bilan tekshirib ko'riladi. 1927 yilda amerikalik fiziklar K. Devisson (1881-1958) va L.Jermerlar (1896-1971) tajribada elektronlar dastasini to'liq xossaga ega ekanligini aniqladilar. Ular rentgen nurlarining to'liq uzunligini aniqlash usulidan elektronlarning to'liq xossasini tekshirish uchun foydalandilar. Tajriba sxemasi 5.1-rasmda ko'rsatilgan. Rentgen nurlari o'rniga katta energiyaga ega bo'lgan elektronlar dastasi nikel kristali sirtiga yo'naltirilgan. Katoddan uchib chiqqan elektronlarning energiyasi katod va anod orasiga beriladigan kuchlanishni potentsiometr bilan o'zgartirish orqali boshqariladi. Anodda kichkina yumaloq tirqish bo'lib, undan chiqqan elektronlar ma'lum burchak ostida kristall sirtiga tushadi va undan o'sha burchak ostiga qaytadi. Qaytgan elektronlar Faradey silindri yordamida ushlanadi.

Faradey tsilindriga ulangan galvanometr orqali o'tgan tokka qarab, kristalldan qaytgan elektronlar intensivligi haqida fikr yuritish mumkin. Elektron dastasi hosil qiluvchi qurilma elektron zambarak deb ataladi. Elektron zambarak, kristall, Faradey silindri hammasi vakuumda joylashgan bo'ladi. Tajriba davomida galvanometrdan o'tayotgan tok bilan elektronlarga tezlanish beruvchi kuchlanishdan chiqarilgan kvadrat ildiz orasidagi bog'lanish grafigi 5.2-rasmda ko'rsatilgan. Bu bog'lanishda bir-biridan bir xil masofada joylashgan maksimumlar kuzatilgan.

Aslini olganda elektronlarni kristalldan qaytishini hisobga olmaganda tok bilan kuchlanish orasidagi bog'lanish ikki elektrodli elektron lampaning Volt-Amper xarakteristikasi bilan bir xil bo'lishi, hech qanday maksimum-minimumlar bo'lmasligi kerak edi. Bunday maksimumlarni faqat elektronlarning to'liq xossasini hisobga olib tushuntirish mumkin.

Elektronlarning katod va anod orasidagi elektr maydonida olgan kinetik energiyasi

$$\frac{m_0 v^2}{2} = eU$$

bo'lgani uchun, tezligi

$$v = \sqrt{\frac{2eU}{m_{oe}}} \quad (8)$$

bo'ladi. Elektronning tezligini aniqlash mumkin bo'lgan (8) ifodani (4) formulaga qo'yamiz:

$$\lambda = \frac{h}{m_{oe} v} = \frac{h}{\sqrt{2em_{oe}U}} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34}}{\sqrt{U \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 9,11 \cdot 10^{-31}}} = \frac{1,23 \cdot 10^{-9}}{\sqrt{U}}$$

yoki

$$\lambda = \frac{12,3}{\sqrt{U}} \text{ \AA} \quad (9)$$

Odatdagi elektron qurilmalarda katod va anod orasidagi kuchlanish $1 \div 10^4 \text{ V}$ atrofida bo'lishini hisobga olsak, (9) formuladan λ ni $10 \div 0,1 \text{ \AA}$ oralig'ida bo'lishi kelib chiqadi. Ya'ni rentgen nurlari to'liq uzunliklari oralig'ida bo'ladi.

Devisson va Jermerlar tajribasida birinchi maksimum kuchlanishning 54 V qiymatida va qaytish burchagi $\theta=50^\circ$ bo'lganda kuzatiladi. Rentgen nurlari difraksiyasi uchun chiqarilgan Vulf-Breglarning

$$2d \sin \theta = n\lambda \quad (10)$$

formulasiga nikelning kristall panjara doimiysi d va elektronlarning kristall sirtidan qaytish burchagini qo'yib hisoblasak, $\lambda = 1,67 \text{ \AA}$ ekanligi kelib chiqadi. Kuchlanish qiymatini (9) formulaga qo'yib hisoblaganda ham yuqoridagi $\lambda = 1,67 \text{ \AA}$ kelib chiqadi, ya'ni: $\lambda = \frac{12,3}{\sqrt{54}} = 1,67 \text{ \AA}$

Bu natija de-Broyl formulasini naqadar to'g'riligini tasdiqladi. Keyinchalik de-Broyl formulasini to'g'riligi ko'p olimlarining tajribalarida ham tasdiqlandi. Masalan, rus olimi Tartakovskiy P.S. katta tezlikdagi elektronlarni yupqa ($d \approx 1 \text{ mkm}$) metall qatlamidan o'tkazib, elektronlar hosil qilgan difraksiya manzarasining rasmini fotoqog'ozga tushirdi. Elektronlarning kichkina yumaloq teshikdan chiqishda fotoplastinkada hosil qilgan difraksiya manzarasi (1-rasm) ham xuddi monoxromatik yorug'likning yakka tirqishdan o'tganda yoki rentgen nurlarini kristall panjaradan qaytganda hosil qilgan difraksiyasiga o'xshab, navbatlashib joylashgan yorug'-qorong'i halqalardan iborat bo'lar ekan (2-rasm). Agar elektronlar chiqayotgan teshikchaning qarshisiga ekran qo'yilsa, elektronlar ko'proq ekranni o'rtasiga tushadi. So'ngra navbatlashib joylashgan difraksiya halqalari bo'yicha taqsimlanadi. Halqalar orasiga bitta ham elektron tushmaydi. Boshqacha aytganda elektronlarni ekranning ma'lum nuqtalariga tushish ehtimolligi aniq bir taqsimot funksiyasiga ega. Bu funksiya grafigi yorug'lik intensivligini difraksiya halqalari bo'yicha taqsimlanishiga o'xshaydi. Uni ekran markaziga nisbatan taqsimlanish grafigi 3-rasmda ko'rsatilgan. Rasmdan ko'rinib turibdiki, markazdan uzoqlashgan sari elektronlarning tushish ehtimolligi kamayib, minimumda nol bo'ladi. Keyingi maksimumlar markaziy maksimumga qaraganda bir necha marta kichikdir. Demak, bu nuqtalarga elektronlarning tushish ehtimolligi ancha kichikdir. Minimumlar esa bu nuqtalarga elektronlarning umuman tushmasligini bildirdi.

G.Tomson (1928) elektronlarning difraksiya manzarasiga magnit maydoni ta'sir qilishini tajribada aniqladi. Bu tajriba difraksiyani elektron bilan kristallni ta'sirlanishida hosil bo'lgan rentgen nurlari hosil qilmasdan, balki elektronlarning o'zi hosil qilishini ko'rsatadi.

1948 yilda V.Fabrikant, L.Biberman va N.Sushkinlar elektronlarni yupqa metall qatlamidan bittalab o'tkazganda ham elektronlar difraksiyasini kuzatdilar. Bu tajribadan to'lqin xususiyat faqat elektronlar oqimiga tegishli bo'lmasdan, balki har bir elektronning o'ziga ham xos ekanligi kelib chiqadi.

Keyinchalik boshqa zarrachalarning ham, masalan neytronlarni, proton va geliy atomlarini ham to'lqin xossaga ega ekanligi aniqlandi. Mikrozararlarda to'lqin xususiyatni ochilishi moddalar tuzilishini o'rganishning yangi usullari-elektronografiya va neytronografiyani yaratilishiga olib keldi.

Hozirgi zamon elektron mikroskoplarining ajrata olish qobiliyatini baholashda elektronlarning to'lqin xususiyatini amalda hisobga olishga to'g'ri keladi. Optik mikroskoplarning ajrata olish qobiliyati yorug'likning to'lqin uzunligiga bog'liq bo'lgani kabi elektron mikroskoplarning ham ajrata olish qobiliyati elektronning de-Broyl to'lqin uzunligiga bog'liq.

Yuqorida ko'rib o'tganlarimizni umumlashtirib shuni aytamizki, har qanday mikrozarrahaga bir tomondan to'lqin, ikkinchi tomondan zarracha deb qarashimiz kerak. Ya'ni ularga ikki yoqlamalilik xosdir. Yorug'lik uchun ham shunday ikki yoqlamalilik (dualizm) o'rinli ekanligini ko'rgan edik.

Dualizm nafaqat yorug'likka xos, balki, zarralar ham ikkilamchi tabiatga ega ekanligi to'g'risidagi g'oyani ilk bor De-Broyl gipoteza tarzida muhokamaga tashladi va keyinchalik qator tajribalarda bu fikr isbotlandi.

Tajribalardan ko'rinadiki, zarralar uchun ham dualizm o'rinli. De-Broyl elektronni "erkin zarra" deb qarab, uning koordinatasini quyidagi funksiya orqali ifodalashni taklif etdi,

$$\Psi(x, t) = C e^{-i(\omega t - kx)} = C e^{\pm i \left(\frac{\varepsilon}{\hbar} t - \frac{p}{\hbar} x \right)} \quad (11)$$

($\hbar\omega = \varepsilon$; $\hbar k = p$ ekanligi nazarda tutiladi).

\vec{r} - fazoning ixtiyoriy nuqtasidagi radius vektor desak va $\hbar\omega = \varepsilon$; $\hbar k = p$ ekanligini e'tiborga olinsa zarrani ifodalash uchun to'liq funktsiya quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\psi(\vec{r}, t) = \psi_0 e^{-i\left(\frac{E}{\hbar}t - \vec{p}\vec{r}\right)} \quad (12)$$

x - o'qi yo'nalishida:

$$\psi(x, t) = \psi_0 e^{-\frac{i}{\hbar}(Et - \vec{p}x)} \quad (13)$$

(11) ifodada $\alpha = \omega t - kx$ to'liq fazasi bo'lib, vaqt o'tishi bilan ko'chib yuradi. U holda fazoviy tezlik:

$$v_f = \frac{dx}{dt}; \quad v_f = \frac{\omega}{k}$$

Ma'lumki,

$$v_f = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon\mu}}; \quad \text{u holda} \quad \frac{\omega}{k} = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon\mu}} \quad (14)$$

Zarraning fazaviy tezligini aniqlaymiz. Nisbiylik nazariyasiga asosan $v \ll c$ tezlik bilan harakatlanayotgan zarra energiyasi va impulsining bog'lanishidan, $E = \sqrt{m_0^2 c^4 + p^2 c^2}$ ifodani qatorga yoysak:

$$E = m_0 c^2 + \frac{\hbar^2 k^2}{2m_0} + \dots \quad (15),$$

$E = \hbar\omega$ ekanligini nazarda tutgan holda faqat ikkita hadni e'tiborga olsak, tebranishlar chastotasi

$$\omega = \frac{m_0 c^2}{\hbar} + \frac{\hbar k^2}{2m_0} \quad (16)$$

ko'rinishda bo'lib, fazaviy tezlik $v_f = \frac{\omega}{k}$, ya'ni

$$v_f = f(k) \quad (17)$$

to'liq soniga bog'liq ekanli kelib chiqadi.

De-Broyl to'liqining fizik ma'nosini tushunish uchun zarra – g'alayon markazi deb qaralgan edi, keyin zarra to'liq hosil qiladi deb qaraldi.

Birinchi fikr to'g'ri xulosa bermadi, sabab:

a) to'liq paketi muhitda yoyilib ketadi va uning tezligi chastotaga bog'liq, ya'ni to'liq paketi muhitda turli tezlik bilan tarqaladi.

b) De-Broyl to'liqlar difraksiya manzarasi o'rinli bo'lsa, zarraning bir butunligi buziladi, zarraning bir qismi bir asbobdan, qolgan qismi boshqa asbobdan o'tishi kerak edi, lekin ma'lumki bu hol kuzatilmaydi.

F.q. oz miqdordagi elektron folgaga yuborilsa, u fotoplastinkani bitta joyiga tushadi va dog' hosil bo'ladi, bu dog'lar betartib joylashadi.

Katta elektronlar oqimi yuborilsa fotoplastinkadagi manzara elektromagnit to'liq hosil qiladigan difraksiya manzarasi kabi bo'ladi, ya'ni fotoplastinka bo'ylab deyarli tekis joylashadi. By manzara bir qaraganda mikrozarra to'liq tabiatga ega degan mulohazani isbotlaydi. Agar dastani folgaga difraksion manzara "min" sharti bajariladigan yo'nalishda yuborilsa fotoplastinkada dog' hosil bo'lmaydi. Bundan ko'rinadiki, zarra bir butun tarzda nomoyon bo'linmaydi. Bu tabiat De-Broyl to'liqiga statistik talqin berishni taqozo etadi. Statistik talqinga asosan, (Maks Born) fazoning biror sohasida biror vaqtda De-Broyl to'liqlarining intensivligi zarraning shu sohada bo'lish ehtimoligiga proporsional.

Mikrozarraning joylashish ehtimoligi degan so'z zarra fazoning x, y, z koordinata bilan ifodalangan nuqtasida mavjud deganidir. Bu koordinata fotoplastinkadagi dog'chalar o'rni yoki difraksiya bo'ladigan tirqishlar o'lchami. Zarraning koordinatasini 2 usulda aniqlash:

1) bevosita – masshtab yordamida ;

2) bilvosita – elektron atom ichida harakatda bo'lgani uchun ikkinchi zarra bilan to'qnashganda shu zarradan sochilishini bevosita o'lchab, 1-zarra to'g'risida bilvosita ma'lumot olish mumkin.

$\psi = f(x, y, z, t)$ elektromagnit to'liqin energiyasi va amplitudasi quyidagicha bog'langan, ya'ni $J \sim A^2$. Ehtimollik musbat kattalik, ya'ni bo'lishi muqarrar hodisa, $Eh \sim A^2 > 0$. $\psi^2 \rightarrow |\psi|^2$ olamiz, chunki to'liqin funksiya kompleks bo'lib, “-“ darajada ham bo'lishi mumkin. U holda

$$|\psi|^2 = \psi\psi^*; \quad dW = |\psi(x, y, z, t)|^2 dV \quad (18)$$

Bu ifoda zarraning (x,y,z) koordinata atrofida bo'lish ehtimolligi soha o'lchamlariga bog'liq. Bu erda $dV = dx dy dz$ - elementar hajm, ya'ni $x \div x + dx$, $y \div y + dy$, $z \div z + dz$. U holda ψ funksiyani ushbu sohada doimiy deb hisoblash mumkin, shuning uchun $Eh \sim V$ deyish mumkin.

(18) ifoda zarraning fazoning juda kichik hajmida bo'lish ehtimolligi, u holda (18) dan ehtimollik zichligi

$$\omega = \frac{dW}{dV} = |\psi(x, y, z, t)|^2 \quad (19),$$

zarraning biror hajmda bo'lish ehtimolligi

$$W = \int_V |\psi(x, y, z, t)|^2 dV \quad (20)$$

Ehtimollik – sodir bo'ladigan hodisa, ehtimolliklar nazariyasiga ko'ra $W = 1$, u holda

$$\int_V |\psi(x, y, z, t)|^2 dV = 1 \quad (21)$$

bo'lib, bu to'liqin funksiyaning normirovka sharti deyiladi. Normirovka shartga bo'ysunuvchi funksiyalar normallashtirilgan funksiyalar deyiladi. Har qanday to'liqin funksiya bu shartni bajaravermaydi.

to'liqin funksiya - $\psi = Ce^{\frac{iE - \Pr}{\hbar}}$ xossalari:

1. $|\psi|^2 = C^2$, to'liqin funksiya juda ko'p joyda tarqalishi mumkin.

2. Normirovka sharti vaqtga bog'liq emas. Demak, to'liqin funksiyaning o'zi emas, balki modulining kvadrati ma'noga ega bo'lib, zarraning fazoning biror sohasida bo'lish ehtimolligini ko'rsatadi.

De-Broyl ifodasini murakkab zarralar (atom, molekula) uchun qo'llash muhim masaladir. Bunday zarralarga qo'llash bilan hamma mayda zarralar umumiy qonuniyatga bo'ysunishini ko'rsatish mumkin.

Maks Born to'liqin funksiyaning o'zi emas, balki uning modulining kvadrati fizik ma'no kashf etishini ko'rsatdi,

$|\Psi(x)|^2 = \Psi(x)\Psi^*(x) = W$, (12) W-ehtimollik. Demak, to'liqin funksiya modulining kvadrati, $|\Psi|^2$ -zarraning, muhitning biror sohasida bo'lish ehtimolligini ko'rsatadi.

Elektronning to'liqin xossasini ochilishi unga oddiy zarracha sifatida emas, balki to'liqin xossasiga ega bo'lgan murakkab bir borliq sifatida qarash kerakligini ko'rsatadi. Uning o'lchami, aniq trayektoriyasi haqida gapirib bo'lmaydi. Elektron yorug'lik fotonidan farqli elektr zaryadiga ega bo'lib, uni fazodagi vaziyati va taqsimlanishi boshqa zarrachalar bilan, masalan, atomda yadro bilan o'zaro ta'sirlashishiga bog'liq bo'ladi.

Ma'lumki, klassik mexanikada m massali moddiy nuqta x o'qi bo'ylab V tezlik bilan harakatlanayotgan bo'lsa, u aniq x koordinata va $P_x = mV_x$ impulsiga ega bo'ladi. Ma'lum vaqtdan keyin uni koordinatasi x', impulsi P'_x bo'ladi. Shu bilan birga nuqta aniq harakat traektoriyasiga ham ega bo'ladi. Agar moddiy nuqtaga ta'sir qilayotgan F_x kuch ma'lum bo'lsa, uni ma'lum vaqtdan keyingi koordinata va impulsini hisoblash mumkin.

Moddiy nuqtaning tezligi va tezlanishi

$$\vartheta_x = \frac{dx}{dt}; \quad a_x = \frac{d\vartheta_x}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2}$$

formulalar bilan aniqlanar edi. Nyutonning II qonuni

$$F_x = m \frac{d^2x}{dt^2} \quad (22)$$

formula bilan ifodalanadi. (5.11) formulani yana ikki ko'rinishda yozish mumkin:

$$F_x = \frac{dP_x}{dt} \quad \text{va} \quad \frac{dx}{dt} = \frac{P_x}{m} \quad (23)$$

Bu formulalar klassik mexanikadagi sababiyat prinsipini matematik ifodasi bo'lib, agar moddiy nuqtaga ta'sir etayotgan kuch ma'lum bo'lsa, ular yordamida moddiy nuqtaning dt vaqtdan keyingi koordinata va impuls o'zgarishi dx va dr larni topish mumkin.

Demak, harakatdagi moddiy nuqta bir vaqtning o'zida aniq koordinata, impuls va traektoriyaga ega bo'ladi. Uning keyingi vaziyati harakat tenglamasi yordamida topiladi.

Mikrozarra to'liq xossasiga ega bo'lgani uchun u klassik mexanikadagi zarrachadan farq qiladi. Asosiy farq shundaki, mikrozarra trayektoriyasi bo'lmaydi. Bundan tashqari uni aniq koordinata va impuls haqida ham gapirish mumkin emas. Masalan, mikrozarra impulsini to'liq uzunligi orqali ifodalashimiz mumkin. Ammo mikrozarra to'liq xossaga ega bo'lgani uchun u fazoda ancha katta oraliqni egallaydi va koordinatasining noaniqligi katta bo'ladi. Demak, zarrachaning impuls aniq bo'lsa, uning koordinatasi noaniq qoladi. Aksincha mikrozarra koordinatasini aniq hisoblasak, uning impulsining noaniqligi r ortadi. Ya'ni $\Delta x = 0$ bo'lganda $r\Delta p = \infty$ bo'ladi.

1927 yilda nemis olimi Verner Geyzenberg (1901-1976) mikrozarralarning to'liq xossasini hisobga olib, ularning impuls va koordinatalarini bir xil aniqlik bilan hisoblab bo'lmaydi degan xulosaga keldi va o'zining noaniqliklar munosabati qonunini yaratdi.

Mikrozarrachaning impuls va koordinatasini aniq o'lchab bo'lmasligi o'lchov asboblari aniqlik darajasiga bog'liq bo'lmasdan mikrozarra to'liq xossasidan kelib chiqadi.

Agar mikrozarra fazodagi koordinatalarini x, y, z va impulsining o'qlardagi proyeksiyalarini R_x , R_y , R_z desak, Geyzenberg noaniqlik munosabatlari ko'ra koordinata noaniqligini, impuls noaniqligiga ko'paytmasi Plank doimiysidan kichik bo'lmaydi. Ya'ni ,

$$\left. \begin{aligned} \Delta x \Delta p_x &\geq h \\ \Delta y \Delta p_y &\geq h \\ \Delta z \Delta p_z &\geq h \end{aligned} \right\} \quad (24)$$

Demak, koordinata noaniqligining impuls noaniqligiga ko'paytmasi doimo h dan katta bo'ladi. Impuls va koordinatalar juda katta aniqlikda o'lchanganda ularning ko'paytmasi h ga teng bo'lishi mumkin. (24) munosabatlardan ko'rinadiki, koordinatalarni juda katta aniqlikda o'lchab, uni noaniqligi x ni juda kichik bo'lishiga ($\Delta x = 0$) erishish mumkin. Ammo bu vaqtda mikrozarra impulsining noaniqligi P ortib ketadi ($\Delta P = \infty$). Doimo Δx ni ΔP ga ko'paytmasi Plank doimiysi h dan katta bo'ladi. Bundan zarrachaning impuls va koordinatasini bir xil aniqlikda o'lchab bo'lmasligi kelib chiqadi.

Noaniqlik munosabatlari haqiqatdan ham mikrozarralarning to'liq xossasidan kelib chiqishini ko'raylik. Elektronlar chiqayotgan tirqishning kengligi Δx bo'lsin. Agar Δx de-Broyl to'liq uzunligiga yaqin bo'lsa, ekranda elektronlar difraksiyasi kuzatiladi. 3-rasmda U o'qiga simmetrik joylashgan bosh va ikkilamchi maksimumlar ko'rsatilgan. Elektron tirqishdan chiqqandan keyin difraksiya tufayli burchakka buriladi. Natijada impulsning x o'qi yo'nalishida R_x noaniqligi vujudga keladi. Tirqishdan o'tishdan oldin elektronlar U o'qi yo'nalishida harakatlangani uchun impulsning P_x o'qi yo'nalishidagi tashkil etuvchisi ΔP_x ham, noaniqligi P_x ham nolga teng bo'lib, koordinatasi butunlay noaniq bo'ladi. Elektronlar tirqishdan chiqayotgan paytda ularning Δx koordinatasi tirqishning kengligiga teng bo'lib, x aniqlikda bo'ladi. Elektronlarning tirqishdan chiqqandan keyingi difraksiyasi tufayli φ burchak oralig'ida harakatlanadilar. (Bu yerda φ - difraksiya maksimumiga mos kelgan burchak). Natijada elektronlar impulsini x o'qi yo'nalishidagi ΔP_x noaniqligi hosil bo'ladi.

(24) formulaga asosan 4 -rasmdan P_x ni topamiz:

$$\Delta P_x = p \sin \varphi = \sin \varphi \quad (25)$$

Difraksiya nazariyasiga ko'ra birinchi minimum

$$\Delta x \sin \varphi = \lambda \quad (26)$$

shartni qanoatlantiruvchi burchakka mos keladi. (25) va (26) formulalardan

$$\Delta x \cdot \Delta P_x = h$$

ekanligini topamiz. Agar bosh maksimumni tashqarisiga ham tushayotgan elektronlarni ham hisobga olsak, $\Delta P_x \geq r \sin \varphi$ bo'lib,

$$h\Delta x \cdot \Delta P_x \geq h$$

ekanligi kelib chiqadi.

Noaniqlik munosabatini

$$\Delta x \cdot \Delta g_x \geq \frac{h}{m} \quad (27)$$

ko'rinishda ham yozish mumkin. (27) formuladan ko'rinadiki, zarrachaning massasi m qancha katta bo'lsa, tezlik va koordinataning noaniqligi shuncha kamayadi. Geyzenberg munosabatlarini makro va mikrodunyo zarrachalarga qo'llash qanday natija berishini ko'raylik.

Misol sifatida massasi $m = 1mg = 10^{-6}$ chiziqli o'lchami $l = 1 \text{ mkm} = 10^{-6} \text{ m}$ bo'lgan chang zarrachasini olaylik. Uning koordinatasini noaniqligini $x = 0,01 \text{ mkm} = 10^{-8}$ bo'lsin deylik. Mexanikadagi $r = m g$ impuls formulasini qo'llab, (27) formuladan tezlikning noaniqligi Δg_x ni topamiz:

$$\Delta g_x \geq \frac{h}{\Delta x \cdot m} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34}}{10^{-8} \cdot 10^{-6}} \cong 10^{-19} \frac{m}{s}$$

Tezlikning bunday juda kichik noaniqligini chang zarrachasining har qanday tezligida ham hisobga olmasa bo'ladi. Demak, makroskopik jismlarning to'lqin xossasini hisobga olish kerak emas, ularning koordinata va impulsini katta aniqlikda o'lchash mumkin.

Elektron-nurli trubkadagi elektron uchun noaniqlik munosabatini qo'llaylik Trubkadagi elektronning tezligi $g = 10^8 \text{ m/s}$ bo'lsin, uning noaniqligi 0,01 % ni, ya'ni 10^4 m/s bo'lsin. U holda Geyzenberg munosabatidan koordinataning noaniqligi uchun

$$\Delta x = \frac{h}{m \cdot \Delta g} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34}}{9,11 \cdot 10^{-31} \cdot 10^4} = 7,27 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

kelib chiqadi. x ning bu qiymatidan ko'rinib turibdiki, u elektronlarni ekranda hosil qilgan yorug' dog'ining o'lchamidan bir necha marta kichik. Bundan elektron-nurli trubkadagi elektron uchun Geyzenberg munosabatlarini qo'llash zarur emas, degan xulosa kelib chiqadi. Elektron aniq traektoriyaga ega bo'lib, uning tezlik va koordinatasini klassik mexanika qonunlaridan foydalanib topish mumkin.

Noaniqliklar munosabatini vodorod atomidagi elektron uchun tadbiq etaylik, koordinatani noaniqligi atomning o'lchamiga yaqin bo'lsin. Masalan, $\Delta x = 10^{-10} \text{ m}$ U holda

$$\Delta g_x = \frac{h}{m_e \cdot \Delta x} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34}}{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 10^{-10}} = 7,27 \cdot 10^6 \frac{m}{s}$$

kelib chiqadi.

Klassik mexanika qonunlarini qo'llab, elektronning yadro atrofidagi haqiqiy tezligi uchun $g = 2,3 \cdot 10^6 \text{ m/s}$ ekanini topamiz. Ko'rinib turibdiki, tezlikning noaniqligi uning o'z qiymatidan ham katta bo'lib qolmoqda, demak, atomdagi elektron uchun aniq koordinata va trayektoriya to'g'risida fikr yuritib bo'lmaydi.

Kvant nazariyasida energiya va vaqt uchun ham noaniqliklar munosabati o'rinli ekanligi hisobga olinadi. Ularning qiymatlaridagi noaniqlik quyidagi shartni qanoatlantirishi kerak.

$$\Delta E \cdot \Delta t \geq h \quad (28)$$

Bu ifodadan yashash vaqti t bo'lgan zarrachaning energiyasi aniq bir E qiymatga ega bo'lmasligi kelib chiqadi. Zarrachani yashash vaqti kamayishi bilan uning energiyasining noaniqligi ortadi:

$\Delta E = \frac{h}{\Delta t}$. Yuqoridagi ifodadan nurlangan foton chastotasini noaniqligi $\Delta \nu = \Delta E/h$ ham kelib chiqadi,

ya'ni spektr chizig'i

$$h\nu \pm \Delta E/h$$

ko'rinishda ifodalanishi kerak. Haqiqatdan ham tajriba spektral chiziq yoyilganroq bo'lishini ko'rsatadi, uning kengligini o'lchab, atomning uyg'ongan holatda qancha vaqt bo'lishini hisoblash mumkin.

Mustahkamlash uchun savollar

1. Zarralar va to‘lqinlar.
2. De-Broyl gipotezasining mohiyati nimadan iborat va uning gipotezasi qanday tajribalarda tasdiqlandi?
3. De-Broyl gipotezasi va uni tajribada tasdiqlanishi.
4. Geyzenbergning noaniqliklar munosabatlarini tushuntiring.
5. Qanday qilib to‘lqin xususiyatiga ega bo‘lgan mikrozarrachalarning holati to‘lqin funktsiya orqali ifodalanadi?
6. De-Broyl fazaviy va gruppaviy tezliklari.
6. Noaniqlik prinsipi

Adabiyotlar

1. Axmadjonov O.I. «Fizika kursi, optika, atom va yadro fizikasi». Toshkent -«O‘qituvchi», 1989.
2. Детлаф А.А., Яворский Б.М., « Курс физики » М.: «Высшая школа », 2000.
3. Трофимова Т.И. «Курс физики». М.: «Высшая школа», 2000.
4. Савельев И.В. «Курс общей физики, книга 5.», М.: Наука. 1998.
5. Кристи Р., Питти А. Строение вещества: Введение в современную физику. М.: Наука. 1969.
6. Стручков В.В., Яворский Б.М. «Вопрос современной физика» М .: « Просвещение », 1973.
7. Кондаков В.А. «Строение и свойства вещества» М.: «Просвещение», 1970.
8. Буравихин В.А., Егоров В.А. Биография электрона. М.:»Знание», 1985.

Darsning xronologik xaritasi: 80 minut

1. Darsni tashkil qilish. 2 minut.
2. Davomatni tekshirish. 2 minut.
3. Atom fizikasi fanidan o'tiladigan mavzular ishchi dasturi bilan qisqacha tanishtirish. 4 minut.
4. Atom fizikasi fanining oldingi o'rganilgan umumiy fizika kurslaridan farqi va umumiylik tomonlarini bayon qilish. 5 minut.
5. Atom fizikasi kursini o'rganishda foydalaniladigan adabiyotlar, ma'ruza matnlari bulardan foydalanish usullari. (Ma'ruza matnda har bir mavzular uchun reja, tayanch so'zlar, adabiyotlarga ko'rgazmalar, nazorat savollar keltirilganligini alohida ta'kidlash). 5 minut.
6. Yangi mavzuni bayon qilish. Atom fizikasining yaratilishi va rivojlanish bosqichlari. Atomning tarkibi, atomning asosiy xususiyatlarini bayon etish, atom fizikasi fani yutuqlarining qo'llanishi va yechimi muhim bo'lgan muammolarini bayon qilish. 55 minut.
7. O'tilgan mavzu bo'yicha savol-javoblar. 7 minut.

O'quv mashg'ulotida ta'lim texnologiyasi modeli

6- Mavzu: Vodorod atomining Bor nazariyasi. Vodorod atomi spektridagi qonuniyatlar. Tomson atom modeli. Rezerford tajribalari.

<i>Vaqt: 80 min.</i>	<i>Talabalar soni: 52 ta</i>
<i>O'quv mashg'ulotining shakli</i>	Ma'lumotli kirish - ma'ruza
<i>O'quv mashg'ulotining tuzilishi</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. O'quv kursi va mashg'ulot mavzusiga kirish 2. Bilimlarni faollashtirish - aqliy hujum 3. Ma'ruza matnini tarqatish 4. Asosiy atamalarni aniqlash-pinbord
<i>O'quv mashg'ulot maqsadi: O'quv fani to'g'risida umumiy tasavvurlarni berish</i>	
<i>Pedagogik vazifalar:</i> - Vodorod atomi spektridagi qonuniyatlar. - Tomson atom modeli. - Rezerford tajribalari. - Rezerfordning planetar modeli	<i>O'quv faoliyat natijalari:</i> <ol style="list-style-type: none"> 1. Vodorod atomining spektral chiziqlari, Layman, Balmer, Pashen, Breket va hokazo seriyalar haqida ma'lumot berish. 2. Atomning Tomson modeli haqida tushuntirish. 3. Rezerford tajribasini tushuntirish. 4. Rezerfordning planetar modeli, elektron va yadro haqida ma'lumot berish.
<i>Ta'lim usullari</i>	Ma'ruza minbari
<i>Ta'limni tashkillashtirish shakli</i>	Jamoaviy
<i>Ta'lim vositalari</i>	Ma'ruza matni, kompyuter
<i>Ta'lim berish sharoiti</i>	Texnik vositalar bilan jihozlangan xona
<i>Monitoring va baholash</i>	Tezkor - so'rov.

Ma'lumotli kirish - ma'ruzasining texnologik xaritasi

Ish bosqich-lari va vaqti	Faoliyat mazmuni	
	ta'lim beruvchi	ta'lim oluvchilar
1-bosqich. O'quv mashg'ulotiga kirish (20 daq.)	<p>1.1 Mavzuning nomi, maqsad va kutilayotgan natijalarni yetkazadi. Taqdimot bo'yicha ekranga fanning tuzilmaviy-mantiqiy chizmasini chiqaradi, mavzularning o'zaro aloqasini yoritadi, ularga qisqa tavsif beradi, fan miqyosida bajariladigan uslubiy va tashkiliy ishlar xususiyatlarini tushuntiradi.</p> <p>Reyting-nazorat tizimi, joriy, oraliq, va yakuniy nazoratni baholash mezonlari</p> <p>(№ 1.1 ilova) bilan tanishtiradi.</p> <p>Mavzu bo'yicha asosiy tushunchalarni; mustaqil ishlash uchun adabiyotlar ro'yxatini aytadi.</p> <p>1.2. Birinchi o'quv mashg'ulot mavzusi, maqsad va o'quv faoliyat natijalarini aytadi.</p> <p>1.3. Mavzuni mustahkamlash uchun savollarni beradi (3-ilova)</p>	<p>Tinglaydilar</p> <p>Tinglaydilar</p> <p>Yozib oladilar.</p>
2-bosqich. Asosiy (50 daq.)	<p>2.1. Mavzu bo'yicha ma'ruza matnini tarqatadi va uning rejasi, asosiy tushunchalar bilan tanishishni taklif qiladi.</p> <p>2.3. Berilgan savollar asosida javoblar berilib umumiy xulosalar chiqariladi.</p> <p>2.4 Talabalar bilan birga fanga taaluqli bo'lmagan va qaytariluvchi ma'lumotlarni ochib tashlaydi, muhim asosiy tushunchalarni (Pinbord) kiritadi.</p>	<p>Tinglaydilar.</p> <p>Tinglaydilar, yozib oladilar.</p>
3-bosqich. Yakuniy (10 daq.)	<p>3.1. Mavzu bo'yicha yakun yasaydi, qilingan ishlarning kelgusida kasbiy faoliyatidagi ahamiyatiga talabalar e'tiborini qaratadi.</p> <p>3.2 O'tilgan darsni mustahkamlash uchun foydanilgan adabiyotlar ro'yxati keltiriladi.</p> <p>3.3. Mustaqil ish uchun topshiriq beradi va uning baholash mezonlari bilan tanishtiradi.</p>	<p>O'z-o'zini, o'zaro baho-lashni o'tkazadilar.</p> <p>Topshiriqni yozadilar</p>

BAHOLASH MEZONLARI

№	Nazorat turi	Ball	Nazorat ishi	Uy ishi	Mustaqil ish	Darsda faolligi	Amaliy ish	Laboratoriya
1	JN-1	11	2	2	2	1	2	2
2	JN-2	12	3	2	2	1	2	2
3	JN-3	12	3	2	2	2	2	2
3	ON-1	17	13	2	1	1	-	-
4	ON-2	18	14	2	1	1	-	-
5	YN	30	30					

86-100% “a’lo”
 71-85% “yaxshi”
 55-70% “qoniqarli”
 0-54% “qoniqarsiz”

Talabalar bilimini faollashtirish uchun tezkor savollar

1. Vodorod atomi spektridagi qonuniyatlar.
2. Tomson atom modeli.
3. Rezerford tajribalari.
4. Rezerfordning planetar modeli

Aqliy hujum qoidasi:

Hech qanday birga baholash va tanqidga yo'l qo'yilmaydi!

Taklif etilayotgan g'oyani baholashga shoshma, agarda u hattoki ajoyib va g'aroyib bo'lsa ham hamma narsa mumkin.

Tanqid qilma, hamma aytilgan g'oyalar qimmatli teng kuchlidir.

O'rta chiquvchini bo'lma!

Turtki berishdan o'zingni ushla!

Maqsad miqdor hisoblanadi!

Qancha ko'p g'oyalar aytilsa, undan ham yaxshi: yangi va qimmatli g'oyalarni paydo bo'lishi uchun ko'p imkoniyatdir.

Agarda g'oyalar qaytarilsa, xafa bo'lma va hijolat chekma.

Tasavvuringni “jo'sh urishiga” ruxsat ber!

Agarda g'oyalar qaytarilsa, xafa bo'lma va hijolat chekma.

Tasavvuringni “jo'sh urishiga” ruxsat ber!

Pinbord (inglizchadan: *pin*- mahkamlash, *board* – yozuv taxtasi) munozara usullari yoki o'quv suhbatini amaliy usul bilan moslashdan iborat.

Ta'lim beruvchi:

→ Taklif etilgan muammoni yechishga o'z nuqtai nazarini bayon qiladi.

→ Ommaviy to'g'ri aqliy hujumni tashkillashtiradi.

Ta'lim oluvchilar quyidagi g'oyalarni:

→ Taklif etadilar, muhokama qiladilar, baholaydilar eng ko'p maqbul (samarali va boshqa g'oyalarni tanlaydilar va ularni qog'oz varag'iga asosiy so'zlar ko'rinishida (2 so'zdan ko'p bo'lmagan) yozadilar va yozuv taxtasiga biriktiradilar.

→ Guruh a'zolari (ta'lim beruvchi tomonidan belgilangan 2-3 talaba yozuv taxtasiga chiqadilar va boshqalar bilan maslahatlashib:

- aniq xato yoki qaytariluvchi g'oyalarni saralaydilar;
- tortishuvlarni aniqlaydilar;
- g'oyalarni tizimlashtirish mumkin bo'lgan belgilar bo'yicha aniqlaydilar;
- shu belgilar bo'yicha hamma g'oyalarni yozuv taxtasida guruhlaydilar (kartochka/ varaqlar).

Ta'lim beruvchi:

→Umumlashtiradi va ish natijalarini baholaydi.

Monitoring va baholash

O'tilgan mavzu bo'yicha og'zaki so'rov, tezkor savol-javob qarab 1-2 ballgacha baholanadi.

Ilova 1.5

Mustaqil ish topshiriqlari.

1. Alfa zarralarning sochilishi. Rezerford formulasi. Atom tuzilishining Rezerford modeli. Planetar modelning kamchiligi. Yadro zaryadini o'lchash.
2. Taqdimot slaydlari.

**6- Ma'ruza
(2-soat)**

Vodorod atomining Bor nazariyasi. Vodorod atomi spektridagi qonuniyatlar. Tomson atom modeli. Rezerford tajribalari.

Reja:

1. Vodorod atomi spektridagi qonuniyatlar.
2. Tomson atom modeli.
3. Rezerford tajribalari.
4. Rezerfordning planetar modeli

Tayanch so'zlar va iboralar: Vodorod atomi, qonuniyatlar, Balmer , spektral seriyalar, Bor nazariyasi, Bor postulatlar, turg'un orbitalar, elektronning orbitadagi impuls momenti, bosh kvant soni, sochilgan yoki yutilgan yorug'lik kvanti energiyasi, Bor nazariyasi spektri, spektral seriyalar, Ridberg doimiysi, nazariyasining kamchiligi. Majburiy, spontan .

Vodorod atomining spektral chiziqlari ular orasidagi qandaydir bog'lanish borligini ko'rsatadi. Balmer 1885 yili spektning ko'rinadigan qismida yotuvchi $H_{\alpha, \beta, \gamma, \rho}$ 4 ta chiziq to'liq uzunligi $\lambda = B \frac{n^2}{n^2 - 4}$ formula bilan ifodalanishi mumkinligini ko'rsatdi, bu yerda ($n=3,4,5,6$), $B=364,6 \text{ A}^0$. To'liq uzunlikka teskari bo'lgan kattalik 1 sm ga joylashgan to'liqlar soni deyiladi.

$$\nu^* = \frac{1}{\lambda} sm^{-1}, \quad (\nu = \frac{c}{\lambda}) \quad \text{chastota} \quad (1)$$

$$\nu^* = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{\beta} \frac{n^2 - 4}{n^2} = \frac{4}{\beta} \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (2)$$

$\frac{4}{\beta} = R$ - Ridberg doimiysi. U holda (2) dan

$$\nu^* = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (3)$$

$n = 3, 4, 5$ bo'ladi. (3) formulaga Balmer formulasi deyiladi.

Balmer formulasidan ko'rinib turibdiki n ortishi bilan to'liq sonlari orasidagi farq kamayadi va $n = \infty$ da $\nu^* = \frac{R}{2^2}$ doimiy bo'ladi va chiziqlar intensivligi ham kamayadi. Yer sharoitida vodorod atomi spektral chiziqlarini ko'p miqdorda hosil qilish qiyin. Balmer seriyasining 37-hadigacha Quyosh xromosferasida kuzatilgan. Vodorod atomida Balmer seriyasiga o'xshash boshqa seriyalar ham topilgan. Spektarning ultrabinafsha qismida Layman seriyasi:

$$\nu^* = R \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2} \right), \quad n = 2, 3, \dots$$

Infraqizil qismida 3 ta seriya topiladi. Pashen seriyasi

$$\nu^* = R \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2} \right), \quad n = 4, 5, \dots$$

Breket seriyasi

$$\nu^* = R \left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2} \right), \quad n = 5, 6, \dots$$

Pfund seriyasi

$$\nu^* = R \left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{n^2} \right), \quad n = 6, 7, \dots$$

Barcha seriyalar uchun umumiy formula:

$$\nu^* = R \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right), \quad (n = 1, 2, \dots), (n = 2, 3, \dots)$$

Bunga Balmerning umumlashgan formulasi deyiladi. Seriyalardagi birinchi had $T_{(m)} = \frac{R}{m^2}$ ni spektral term deyiladi. Har bir termga muayyan statsionar energetik holat to'g'ri keladi. Bitta seriyaning 2 ta spektral chizig'i to'liq sonlari mavjud bo'lsa, u holda ularning ayirmasi shu atomga tegishli biror uchinchi spektral chiziqning ham to'liq soni bo'ladi. Masalan: Layman seriyasi ikkita chizig'ining to'liq sonlari berilgan bo'lsin.

$$\nu_1^* = T_1 - T_2, \quad \nu_2^* = T_1 - T_3$$

u holda ayirma

$$\nu_2^* - \nu_1^* = T_1 - T_3 - T_1 + T_2 = T_2 - T_3$$

bo'ladi. Bu esa Balmer seriyasi 1- chizig'ining to'liq soni bo'ladi. Bu qonuniyatga kombinatsion prinsip deyiladi. $\nu^* - sm^{-1}$ da ifodalangan to'liq soni bo'lsa, sek^{-1} da ifodalanuvchi chastota $c \cdot \nu^*$ ga teng bo'ladi. U holda Borning 1 - postulati

$$hc \cdot \nu^* = E_n - E_m$$

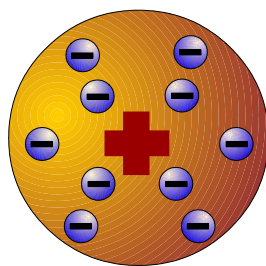
bo'ladi va undan

$$\nu^* = \frac{E_n}{hc} - \frac{E_m}{hc}$$

ga kelamiz. Agar $T_{(n)} = -\frac{E_n}{hc}$ desak, $\nu^* = T_{(m)} - T_{(n)}$ bo'ladi, ya'ni har bir termga muayyan statsionar holat to'g'ri keladi. Termnlarning ikkala $T_{(n)} = -\frac{E_n}{hc}$ va $T_{(n)} = \frac{R}{n^2}$ ifodasini tenglashtirib, statsionar holat energiyasini R orqali ifodalaymiz:

$$E_{(n)} = -\frac{Rhc}{n^2}.$$

1904 yilda Tomson birinchi bo'lib atom modelini tavsiya qildi. U atomning o'lchami kichik bo'lgan (10^{-10} m) musbat zaryadlangan shar shaklida bo'lib, uning ichida o'lchamlari juda kichik elektronlar erkin suzib yuradi (1-rasm). Elektronlar soni atomning musbat zaryadli soniga teng. Shu sababdan normal sharoitda atom elektr neytral. Har xil moddalarning atom zaryadlaridagi elektronlar soni bir-birlaridan farq qiladi.



1-rasm.

Atomning Tomson modeli

Musbat zarralangan shar ichida manfiy zarralar suzib yuradi.

Tomson modeli asosida vodorod atomida bo'ladigan jarayonni ko'raylik.

Shar markazidan "x" masofada turgan elektronga shar ichkarisidagi atom zaryadi "f" kuch bilan ta'sir etadi. Uning ifodasi quyidagicha

$$f = -\frac{qe}{4\pi\epsilon_0 x^2}$$

e -elektron zaryadi, q - shar ichidagi musbat zaryad kattaligi. x-radiusli shar hajmi $V = \frac{4}{3}\pi x^3$ ga teng,

u holda $q = \frac{4}{3}\pi x^3 \cdot \rho$. ρ -musbat zaryadning hajmiy zichligi.

Natijada

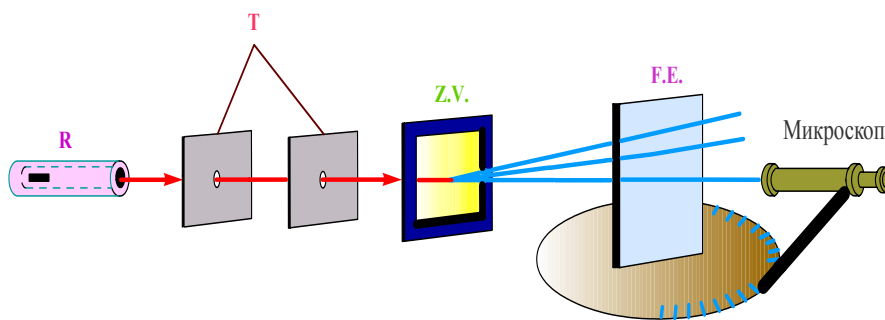
$$f = -\frac{e}{4\pi\epsilon_0 x^2} \cdot \frac{4}{3}\pi x^3 \rho = -\frac{e}{3} \cdot \frac{\rho}{\epsilon_0} x = -kx$$

Shunday qilib, atomdagi elektronga ta'sir etuvchi kuch elektronning markazdan siljish kattaligiga to'g'ri mutanosib va shar markaziga yo'nalgan. Oqibatda atomdagi elektron garmonik tebranma harakat qiladi. Tebranish chastotasi quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}},$$

m- elektronning massasi. Atomning Tomson modeli asosida moddaning nurlanish chastotasini aniqlash mumkin.

1911 yilda E.Rezerford atomning Dj.Tomson modelini tekshirish maqsadida radioaktiv moddadan chiquvchi musbat zaryad bilan atomni bombardimon qildi. Tajriba o'tkazish sxemasi 2-rasmda keltirilgan. Agarda atom Dj.Tomson modeliga mos kelsa α - zarra (R_0 -214 olingan) oltin zarvaraqdan o'tishda har xil burchaklarga og'adi (2-rasm). Zarvaraqdan o'tgan α - zarrani kuzatish uchun ZnS qoplangan ekran va uning atrofida aylana bo'ylab harakat qiladigan mikroskopdan foydalangan. Ekranga α - zarra urilganda, undan yorug'lik nuri chiqadi. Yorug'lik nurini mikroskop yordamida kuzatiladi.



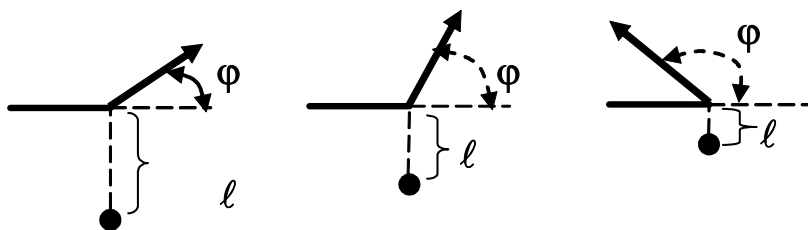
2a-rasm.

Rezerford tajribasi.

Bunda R- Qo`rg`oshin g`ilofda joylashtirilgan radioaktiv modda, T-aniq zarralar yo`nalishini hosil qilishda tirqishlar turkumi, Z.V.- Zarvaraqa, F.E.-Fluorenssensiyali ekran

Rezerfordning planetar modeli: Rezerford oltin plastinkasini α - zarrachalar bilan bombardimon qilishi natijasida α -zarrachalarning bir qismi o'z yo'nalishini o'zgartirishini, bir qismi esa plastinkadan qaytib ketishini tekshirib musbat zaryadlarning juda kichik sohada to'planganini isbotlab berdi va quyidagi xulosalarni aytdi: bu nazariyaga asosan atom markazida musbat zaryadlangan yadro bo'lib uning atrofida planetalar quyosh atrofida aylanganidek elektronlar harakatlanadi. Yadroning musbat zaryadi, elektronlarning manfiy zaryadiga teng bo'lib atom butunligicha elektroneytral zarrachadir. Rezerford o'sha paytdagi ma'lum bo'lgan barcha elementlarning zaryadlarini tekshirdi va ularning tartib nomerlari yadro zaryadiga tengligini aytdi.

Rezerfordning α -zarralarni sochilish nazariyasi. α - zarrachalar bilan ta'sirlashayotgan moddaning atom tuzilishini bilish uchun oldin α - zarrachaning o'zini tabiatini bilish kerak edi. Shuning uchun Rezerford α -zarrachani zaryadini, massasini va tezligini aniqladi. Rezerford va Geyger radioaktiv moddadan chiqayotgan α -zarrachalarni Faradey silindriga to'plab, elektrometr yordamida uning zaryadi musbat bo'lib, ikki elektron zaryadiga ($q = 2e$) teng ekanligini aniqladilar. α -zarrachalarni magnit maydonida og'ishiga qarab, uni massasi, 4 ta vodorod atomi massasiga, ya'ni geliy atomining massasiga tengligi aniqlandi. Radioaktiv moddadan uchib chiqayotgan α -zarrachalarning tezligi 10^7 m/s atrofida bo'lib, ular ancha katta kinetik energiyaga ega. Rezerford α -zarrachalar yo'liga kichkina yumaloq tirqishli to'siq qo'yib, tirqishdan chiqayotgan α -zarrachalar dastasini qalinligi 1 mkm ga yaqin bo'lgan oltin qatlami (folga) tomon yo'naltirdi. Rezerford tajribasining sxemasi 1-rasmda ko'rsatilgan. Oltin qatlamidan o'tgan α -zarrachalar nurlanuvchi (lyuminessensiyalanuvchi) ekran orqali yoki fotoqog'oz yordamida qayd qilinadi. Tajribadan shu narsa ma'lum bo'ldiki, α -zarrachalarning juda ko'p qismi oltin qatlamidan hech qanday to'siqqa uchramay o'tib ekranga borib tushaverar ekan. Lekin ayrim α -zarrachalarni oltin qatlamdan o'tishda 100, 150, 200 burchaklarga og'ishi kuzatiladi. Yana ham oz sonidagi α -zarrachalar (taxminan 8000 dan bittasi) 900 dan katta bo'lgan burchakka ham og'ar ekan. Hatto (taxminan 20000 dan bittasini) oltin qatlamdan orqaga qaytgani ham qayd qilindi (2-rasm). 2-rasmda yadro kichkina sharcha shaklida tasvirlangan. α - zarrachaning yo'nalish trayektoriyasi strelka bilan ko'rsatilgan. Rasmdagi ℓ - α -zarrachaning dastlabki yo'nalishi bilan yadro orasidagi masofa, φ - α -zarrachaning burilish burchagi.



2-rasm.

Rasmdan ko‘rinib turibdiki, α -zarrachaning burilish burchagi u bilan atom yadrosi orasidagi masofaga bog‘liq. Rezerford bu masofani nishon masofasi deb atadi. Bu tajriba natijalaridan Rezerford quyidagi uchta xulosani chiqardi.

1. α - zarrachalarning ayrimlarini oltin qatlamidan o‘tishda burilishiga oltin atomlari tarkibidagi musbat zaryadlar bilan o‘zaro ta’siri asosiy sababchi bo‘ladi.
2. α - zarrachalarning ko‘p qismini hech qanday to‘sqinlikka uchramay oltin qatlamdan o‘tib ketishi atom tarkibidagi musbat zaryadlar atom markazidagi juda ham kichik hajmli yadroga to‘planganligini ko‘rsatadi.
3. α -zarrachalarning oltin varag‘idan orqaga qaytishi musbat zaryadli atom yadrosining massasi α -zarrachalarning massasidan bir necha marta katta ekanligini va atom massasini asosan shu kichik hajmli yadro tashkil qilishini ko‘rsatadi.

Rezerford yuqoridagi xulosalari asosida atomning yadro modelini yaratdi. Bu modelga binoan atom markazida musbat zaryadli yadro joylashgan. Yadro bilan elektronlar o‘zaro ta’sirlashishi natijasida elektronlar yadro atrofida aylana shaklidagi orbitalar bo‘ylab aylanadilar. Yadro bilan orbital elektronlarni Kulon ta’sirlashuv kuchlari markazga intilma kuch vazifasini bajaradi. Yadro atrofida aylanayotgan elektron uchun Nyutonning 2-qonuni quyidagi ko‘rinishda yoziladi.

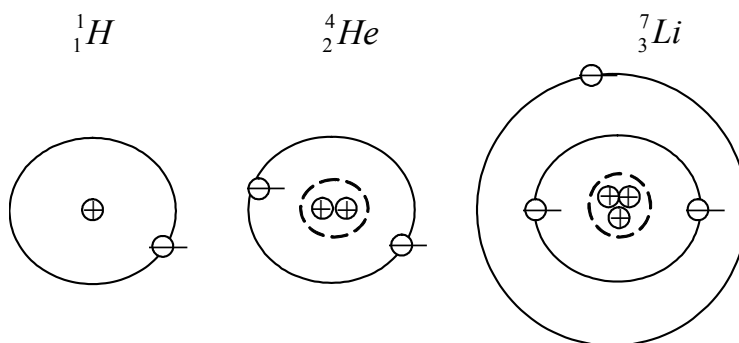
$$\frac{ze \cdot e}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{m\mathcal{G}^2}{r}$$

bu yerda \mathcal{G} - elektronning orbitadagi tezligi, r - orbita radiusi.

Elektronlarning umumiy zaryadi, yadrodagi musbat zaryadlarning umumiy zaryadiga teng bo‘lgani uchun atom elektr zaryadiga ega emas. 3-rasmda Rezerford atom yadro modeli bo‘yicha vodorod, geliy va litiy atomlarining tuzilishi tasvirlangan.

Rezerford o‘z tajribalariga va atomning yadro modeliga asoslanib atom zaryadini va o‘lchamini aniqlashga muvofiq bo‘ldi. Yadroning zaryadi elektron zaryadiga karrali bo‘lib,

$$Q = +Ze$$



3-rasm.

ekanligi aniqlandi. Bu yerda Z - elementning Mendeleyev davriy sistemasidagi tartib raqami. Rezerford yana shu narsaga aniqlik kiritadiki, elementning davriy sistemadagi o‘rni Mendeleyev ko‘rsatganidek, uning atom massasi bilan emas, balki yadro zaryadi bilan aniqlanar ekan. Rezerford ayrim elementlarning davriy sistemadagi o‘rniga tuzatishlar kiritdi, ya’ni ularning tartib raqamlarini o‘zgartirdi.

Rezerford atom yadrosining o'lchamini qanday aniqlaganini ko'rib o'taylik. Masalan α -zarracha biror element atom yadrosiga markaziy urilsin. Aslida α -zarrachani yadro bilan to'qnashishi sodir bo'lmaydi. Chunki, α -zarracha yadroga qandaydir masofaga yaqinlashib borib, so'ngra orqaga qaytadi. α -zarrachaning kinetik energiyasi qancha katta bo'lsa, u yadroga shuncha ko'proq yaqin boradi. Energiyaning saqlanish qonuniga binoan α -zarrachaning kinetik energiyasini yadro bilan o'zaro ta'sir potensial energiyasiga tenglaymiz.

$$\frac{m_{\alpha} v^2}{2} = q_{\alpha} \frac{ze}{4\pi\epsilon_0 r_0} \quad (3)$$

α - zarrachaning tezligi $v \cong 107$ m/s, massasi $m_{\alpha}=4m_n=4 \cdot 1,67 \cdot 10^{-27}$ kg, zaryadi $q_{\alpha}=2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-9}$ Kl va oltin atomining davriy sistemadagi tartib raqami $Z=79$ ekanligini hisobga olib, (3) tenglikdan r_0 - ni hisoblaymiz.

$$R_0 = \frac{q_{\alpha} Ze}{4\pi\epsilon_0 m_{\alpha} v^2} \approx 3 \cdot 10^{-14} \text{ m} \quad (4)$$

Topilgan r_0 -ning bu qiymati oltin va α -zarrachalarning yadro radiuslarining yig'indisiga teng. Yadroning bu o'lchami shartli bo'lib, u α -zarrachaning tezligiga bog'liq. Hozirgi zamon usullari bilan yadroning o'lchami 10^{-15} m atrofida ekanligi aniqlangan. Yadro fizikasida 10^{-15} m uzunlik 1 Fermi deb yuritiladi. Elektronning radiusi ham 1 Fermi atrofida ekanligini hisoblab topishimiz mumkin. Elektrostatikadan ma'lumki, zaryadlangan o'tkazgich energiyasi

$$E_0 = e\varphi \quad (5)$$

formula bilan hisoblanadi.

Bu formulada e - elektronning zaryadi, φ - o'tkazgich potentsiali. Elektronni r_0 radiusli sharcha deb olsak, uning energiyasi uchun

$$E_0 = \frac{1}{2} e \frac{e}{4\pi\epsilon_0 r_0}$$

$$E_0 = \frac{1}{2} e \frac{e}{4\pi\epsilon_0 r_0} \quad (6)$$

formulani yozishimiz mumkin.

Eynshteyning maxsus nisbiylik nazariyasiga binoan tinch turgan elektronning energiyasi

$$E_0 = m_0 c^2 \quad (7)$$

Bu yerda $m_0 e$ - elektronning tinchlikdagi massasi, E_0 - ning yuqoridagi ifodalarini bir-biriga tenglab, kattaliklarni son qiymatlarini qo'yib, elektronning radiusini hisoblaymiz:

$$\frac{1}{2} - \frac{e}{4\pi\epsilon_0 r_0} = m_0 c^2$$

$$r_0 = \frac{1}{2} - \frac{e}{4\pi\epsilon_0 m_0 c^2} = \frac{(1,6 \cdot 10^{-19})^2}{4 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} (3 \cdot 10^8)^2} \approx 2 \cdot 10^{-15} \text{ m} \quad (8)$$

Yuqoridagi natijadan ko'rinib turibdiki, elektronning radiusi ham yadro radiusiga yaqin ekan.

Yadroning o'lchami va massasini bilgan holda biz yadro moddasining zichligini hisoblashimiz mumkin. Yadroning massasi o'rniga atom massasini olsa ham bo'ladi, chunki elektronning massasi eng kichik atom-vodorod massasidan ham 1836 marta kichik. Ma'lumki, $m_n = 1,67 \cdot 10^{-27}$ kg bo'lgani uchun yadro zichligi uchun

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{\frac{4}{3}\pi r_0^3} = \frac{3 \cdot 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}}{4 \cdot 3,14 (10^{-15})^3} \approx 0,6 \cdot 10^{18} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \approx 10^9 \text{ t/cm}^3 \quad (9)$$

natijani olamiz. Bunday zichlik hozirgacha fanda ma'lum bo'lgan eng katta zichlikdir.

Rezerfordning biz yuqorida ko'rib o'tgan atom yadro modelini ko'pincha atomning planetar modeli deb ham ataladi. Lekin bu juda qo'pol qiyoslashdir. Chunki, Quyosh va planetalar mexanik sistema bo'lsa, atom yadrosi va elektronlar elektrodinamik sistemadir. Quyosh va planetalar o'zaro gravitasion maydon orqali tortishib tursa, elektronlar yadroga Kulon qonuni bilan aniqlanuvchi elektr maydoni kuchlari orqali tortishib turadi. Yadroga yaqin joylashgan elektronlar yadroning tortishish kuchini tashqi elektronlarga nisbatan kamaytirs, Quyoshga yaqin planetalar Quyoshning tortishish kuchini tashqi planetalarga nisbatan kuchaytiradi. Bundan tashqari, atomdagi elektronlar bir-biriga mutlaqo o'xshash bo'lib, ular orasida o'zaro itarish kuchlari bor.

Rezerfordning atom nazariyasi ayrim element atomlari yadro zaryadini va massasini aniqlab, ularning davriy sistemadagi o'rniga aniqlik kiritgani bilan atomning ko'p xossalarini tushuntirib berolmadi. Masalan, atom tashqi ta'sir tufayli ionlashishi, ya'ni u chetki elektronini yo'qotib musbat ionga aylanishi va yana neytral atom holiga qaytishi mumkin. Bu jarayonni Rezerford yadro modeli tushuntirib berolmaydi. Bu model yadro atrofida aylanayotgan elektronning orbitasi nima sababdan turg'un ekaniga ham javob topolmaydi. Elektron yadro atrofida aylanar ekan, ma'lum tezlanishga ega bo'ladi, shuning uchun atomdan elektromagnit nurlanish chiqib turishi kerak. Natijada elektron orbitasining radiusi qisqara borib, u spiralsimon trektoriya bo'ylab aylanishi kerak. Atom oldin uzun to'lqin uzunlikdagi yorug'lik sochishi, spiralning radiusi qisqarib elektronning aylanish chastotasi ortishi natijasida atom sochayotgan yorug'likning to'lqin uzunligi uzluksiz qisqarib borishi kerak. Hisoblashlar shuni ko'rsatadiki, elektron qisqa vaqt ichida ($\sim 10^{-8} s$) yadro ustiga tushib qolishi natijasida atom «buzilishi» kerak edi. Ma'lumki, bunday hol kuzatilmaydi, atom turg'unligicha qoladi. Atomdan sochilayotgan yorug'lik spektri ham uzluksiz bo'lmay, balki chiziqlidir. Masalan gaz atomlari spektri ham chiziqlidir. Bunday chiziqli spektrga misol qilib vodorod atomi spektrini olish mumkin. Atomlar spektri nima sababdan chiziqli bo'lishini ham Rezerford atom yadro modeli tushuntirib berolmaydi. Demak, klassik mexanika va elektrodinamikaga asoslanib yaratilgan Rezerford atom nazariyasi atom ichida sodir bo'ladigan jarayonlarni tushuntirishga yaroqsiz ekan. Shundan keyin daniyalik nazariyotchi fizik Nils Bor, M. Plankning energiya kvanti haqidagi nazariyasini va tajribada kuzatilgan vodorod atomi spektral seriyalarini o'rganib, atom tuzilishining yangi nazariyasini yaratdi.

Mustahkamlash uchun savollar

1. Elektronni atomda mavjudligini tasdiqlovchi fizik hodisalar qatoriga qaysilarni aytish mumkin ?
2. Atomlardagi zaryadli zarrachalar haqida ma'lumot bering.
3. Atomning modellarini yaratilishi va kamchiliklarini ko'rsating.
4. Atom fizikasida ishlatiladigan asosiy o'lchov birliklar haqida ma'lumot bering.

Adabiyotlar

1. Шпольский Э.В. Атомная физика, 1.1,2. – М.: Наука, 1984.
2. Матеев А.Н. Атомная физика. – М.: Высшая школа, 1989.
3. Сивухин Д.В. Курс общей физики. Т.5, Ч.1. – М.: Наука, 1988.
4. Наумов А.И. Физика атомного ядра и элементарных частиц. М., 1984.
5. Bekjonov R.B., Axmadxo'jayev B. Atom fizikasi. – Toshkent: O'qituvchi, 1979.
6. Милантьев. Атомная физика. – М.: Изд-во МГУ, 2000.

Darsning xronologik xaritasi: 80 minut

1. Darsni tashkil qilish. 2 minut.
2. Davomatni tekshirish. 2 minut.
3. Atom fizikasi fanidan o'tiladigan mavzular ishchi dasturi bilan qisqacha tanishtirish. 4 minut.
4. Atom fizikasi fanining oldingi o'rganilgan umumiy fizika kurslaridan farqi va umumiylik tomonlarini bayon qilish. 5 minut.
5. Atom fizikasi kursini o'rganishda foydalaniladigan adabiyotlar, ma'ruza matnlari bulardan foydalanish usullari. (Ma'ruza matnda har bir mavzular uchun reja, tayanch so'zlar, adabiyotlarga ko'rgazmalar, nazorat savollar keltirilganligini alohida ta'kidlash). 5 minut.
6. Yangi mavzuni bayon qilish. Atom fizikasining yaratilishi va rivojlanish bosqichlari. Atomning tarkibi, atomning asosiy xususiyatlarini bayon etish, atom fizikasi fani yutuqlarining qo'llanishi va yechimi muhim bo'lgan muammolarini bayon qilish. 55 minut.
7. O'tilgan mavzu bo'yicha savol-javoblar. 7 minut.

O'quv mashg'ulotida ta'lim texnologiyasi modeli

7- Mavzu: Vodorod atomining Bor nazariyasi. Kombinatsion prinsip. Bor postulatlar. Frank va Gers tajribalari. Vodorod atomining Bor nazariyasi.

<i>Vaqt: 80 min.</i>	<i>Talabalar soni: 52 ta</i>
<i>O'quv mashg'ulotining shakli</i>	Ma'lumotli kirish - ma'ruza
<i>O'quv mashg'ulotining tuzilishi</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. O'quv kursi va mashg'ulot mavzusiga kirish 2. Bilimlarni faollashtirish - aqliy hujum 3. Ma'ruza matnini tarqatish 4. Asosiy atamalarni aniqlash-pinbord
<i>O'quv mashg'ulot maqsadi: O'quv fani to'g'risida umumiy tasavvurlarni berish</i>	
<i>Pedagogik vazifalar:</i> - Kombinatsion prinsip - Bor postulatlar - Frank va Gers tajribalari - Vodorod atomining Bor nazariyasi.	<i>O'quv faoliyat natijalari:</i> <ol style="list-style-type: none"> 1. Kombinatsion prinsip haqida tushuncha berish. 2. Bor postulatlar haqida tushuncha 3. Frank va Gers tajribalari. 4. Vodorod atomining Bor nazariyasi.
<i>Ta'lim usullari</i>	Ma'ruza minbari
<i>Ta'limni tashkillashtirish shakli</i>	Jamoaviy
<i>Ta'lim vositalari</i>	Ma'ruza matni, kompyuter
<i>Ta'lim berish sharoiti</i>	Texnik vositalar bilan jihozlangan xona
<i>Monitoring va baholash</i>	Tezkor - so'rov.

Ma'lumotli kirish - ma'ruzasining texnologik xaritasi

Ish bosqich-lari va vaqti	Faoliyat mazmuni	
	ta'lim beruvchi	ta'lim oluvchilar
1-bosqich. O'quv mashg'ulotiga kirish (20 daq.)	<p>1.1 Mavzuning nomi, maqsad va kutilayotgan natijalarni yetkazadi. Taqdimot bo'yicha ekranga fanning tuzilmaviy-mantiqiy chizmasini chiqaradi, mavzularning o'zaro aloqasini yoritadi, ularga qisqa tavsif beradi, fan miqyosida bajariladigan uslubiy va tashkiliy ishlar xususiyatlarini tushuntiradi.</p> <p>Reyting-nazorat tizimi, joriy, oraliq, va yakuniy nazoratni baholash mezonlari</p> <p>(№ 1.1 ilova) bilan tanishtiradi.</p> <p>Mavzu bo'yicha asosiy tushunchalarni; mustaqil ishlash uchun adabiyotlar ro'yxatini aytadi.</p> <p>1.2. Birinchi o'quv mashg'ulot mavzusi, maqsad va o'quv faoliyat natijalarini aytadi.</p> <p>1.3. Mavzuni mustahkamlash uchun savollarni beradi (3-ilova)</p>	<p>Tinglaydilar</p> <p>Tinglaydilar</p> <p>Yozib oladilar.</p>
2-bosqich. Asosiy (50 daq.)	<p>2.1. Mavzu bo'yicha ma'ruza matnini tarqatadi va uning rejasi, asosiy tushunchalar bilan tanishishni taklif qiladi.</p> <p>2.3. Berilgan savollar asosida javoblar berilib umumiy xulosalar chiqariladi.</p> <p>2.4 Talabalar bilan birga fanga taaluqli bo'lmagan va qaytariluvchi ma'lumotlarni ochib tashlaydi, muhim asosiy tushunchalarni (Pinbord) kiritadi.</p>	<p>Tinglaydilar.</p> <p>Tinglaydilar, yozib oladilar.</p>
3-bosqich. Yakuniy (10 daq.)	<p>3.1. Mavzu bo'yicha yakun yasaydi, qilingan ishlarning kelgusida kasbiy faoliyatidagi ahamiyatiga talabalar e'tiborini qaratadi.</p> <p>3.2 O'tilgan darsni mustahkamlash uchun foydanilgan adabiyotlar ro'yxati keltiriladi.</p> <p>3.3. Mustaqil ish uchun topshiriq beradi va uning baholash mezonlari bilan tanishtiradi.</p>	<p>O'z-o'zini, o'zaro baho-lashni o'tkazadilar.</p> <p>Topshiriqni yozadilar</p>

BAHOLASH MEZONLARI

№	Nazorat turi	Ball	Nazorat ishi	Uy ishi	Mustaqil ish	Darsda faolligi	Amaliy ish	Laboratoriy a
1	JN-1	11	2	2	2	1	2	2
2	JN-2	12	3	2	2	1	2	2
3	JN-3	12	3	2	2	2	2	2
3	ON-1	17	13	2	1	1	-	-
4	ON-2	18	14	2	1	1	-	-
5	YN	30	30					

86-100% “a’lo”
 71-85% “yaxshi”
 55-70% “qoniqarli”
 0-54% “qoniqarsiz”

Ilova 1.2

Talabalar bilimini faollashtirish uchun tezkor savollar

1. Rezerford o'z nazariyasida atom tuzilishini qanday tushuntirdi va u bu nazariyani nimaga asoslanib yaratdi?
2. Rezerford atom yadro modelining kamchiliklari nimalarda namoyon bo'ladi?
3. Qanday dalillarga asoslanib, N.Bor atomning yarim klassik nazariyasini yaratdi?
4. Bor nazariyasi postulatlarini tushuntirib bering.
5. Vodorod atomidan 'osil bo'luvchi spektral seriyalar Bor nazariyasida qanday tushuntiriladi?
6. Bor atom nazariyasining qanday kamchiliklari bor va nima sababdan bu nazariya yarim klassik nazariya deb ataladi?
7. Frank va Gerslarning tajribasi atomlar energiyasi qanday xususiyatlarini tushuntirib berdi., Bor atom nazariyasining to'g'riligini tasdiqlashda qanday o'rinni egaydi?

Ilova 1.3

Aqliy hujum qoidasi:

Hech qanday birga baholash va tanqidga yo'l qo'yilmaydi!
 Taklif etilayotgan g'oyani baholashga shoshma, agarda u hattoki ajoyib va g'aroyib bo'lsa ham hamma narsa mumkin.
 Tanqid qilma, hamma aytilgan g'oyalar qimmatli teng kuchlidir.
 O'rtaga chiquvchini bo'lma!
 Turtki berishdan o'zingni ushla!
 Maqsad miqdor hisoblanadi!
 Qancha ko'p g'oyalar aytilsa, undan ham yaxshi: yangi va qimmatli g'oyalarni paydo bo'lishi uchun ko'p imkoniyatdir.
 Agarda g'oyalar qaytarilsa, xafa bo'lma va hijolat chekma.
 Tasavvuringni "jo'sh urishiga" ruxsat ber!
 Agarda g'oyalar qaytarilsa, xafa bo'lma va hijolat chekma.
 Tasavvuringni "jo'sh urishiga" ruxsat ber!

Pinbord (inglizchadan: *pin*- mahkamlash, *board* – yozuv taxtasi) munozara usullari yoki o'quv suhbatini amaliy usul bilan moslashdan iborat.

Ta'lim beruvchi:

→ Taklif etilgan muammoni yechishga o'z nuqtai nazarini bayon qiladi.

→ Ommaviy to'g'ri aqliy hujumni tashkillashtiradi.

Ta'lim oluvchilar quyidagi g'oyalarni:

→ Taklif etadilar, muhokama qiladilar, baholaydilar eng ko'p maqbul (samarali va boshqa g'oyalarni tanlaydilar va ularni qog'oz varag'iga asosiy so'zlar ko'rinishida (2 so'zdan ko'p bo'lmagan) yozadilar va yozuv taxtasiga biriktiradilar.

→ Guruh a'zolari (ta'lim beruvchi tomonidan belgilangan 2-3 talaba yozuv taxtasiga chiqadilar va boshqalar bilan maslahatlashib:

- aniq xato yoki qaytariluvchi g'oyalarni saralaydilar;
- tortishuvlarni aniqlaydilar;
- g'oyalarni tizimlashtirish mumkin bo'lgan belgilar bo'yicha aniqlaydilar;
- shu belgilar bo'yicha hamma g'oyalarni yozuv taxtasida guruhlaydilar (kartochka, varaqlar).

Ta'lim beruvchi:

→Umumlashtiradi va ish natijalarini baholaydi.

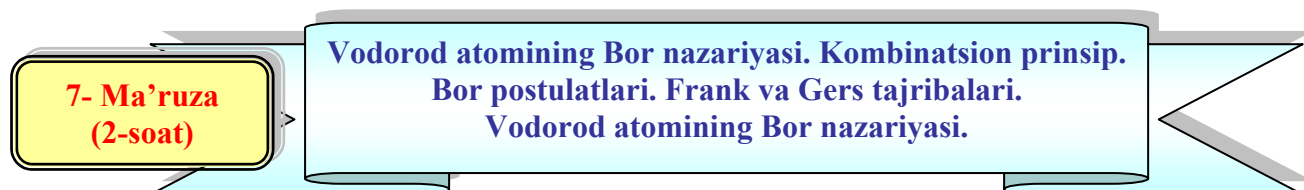
Monitoring va baholash

O'tilgan mavzu bo'yicha og'zaki so'rov, tezkor savol-javob qarab 1-2 ballgacha baholanadi.

Ilova 1.5

Mustaqil ish topshiriqlari.

1. Yadro harakatini hisobga olish. Izotopik siljish. Elastik va noelastik to'qnashuvlar. Kombinatsion tamoyil.
2. Taqdimot slaydlari.



Reja:

1. Kombinatsion prinsip.
2. Bor postulatlar.
3. Frank va Gers tajribalari.
4. Vodorod atomining Bor nazariyasi.

Tayanch so'zlar va iboralar: Kombinatsion prinsip, balmer formulasi, Ridberg formulasi, seriyalar, Bor postulatlar, katod, anod, vodorod atomi, Frank va Gers tajribasi.

Vodorod atomi chiziqli spektrlari va energetik sathlarini o'rganishni Bor postulatlarining tatbiqi sifatida ko'ramiz. Dastlab vodorod atomini o'rganish ustida o'tkazilgan eksperimentlarning natijalari bilan qisqacha tanishamiz. Vodorod atomining chiqarish va yutish spektri yaqqol tasvirga ega. Spektrning qo'shni chiziqlari chastotalarining farqi chastotalarning kattalashishi bilan kamayib boradi.

Vodorod spektri chiziqlarining joylashish qonuniyati matematik ravishda Balmer hamda Ridberg formulalari bilan ifodalanadi.

Vodorod atomi nurlanishini o'rganishda aniqlangan Layman, Balmer, Pashen, Brekktet va hokazo spektr seriyalari

$$\nu = R\left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2}\right) = T_m - T_n$$

dan ayonki, $n \rightarrow \infty$ da aniq chegaraviy limitga intiladi. Bu hol har bir seriya uchun o'z chastota o'zgarish sohasini aniqlashga imkon beradi. Masalan, elektronning birinchi kvant orbitaga ($m=1$) o'tishini tasvirlovchi Layman seriyasi uchun chastota o'zgarish sohasi $3R/4$ dan R gacha. Elektronning ikkinchi kvant orbitaga ($m=2$) o'tishini tasvirlovchi Balmer seriyasi uchun esa chastota o'zgarish sohasi $\frac{5}{36}R$ (to'lqin uzunlik $\lambda_1=6562,8 \text{ \AA}$ ga mos keluvchi seriyaning birinchi qizil chizig'i)

dan $\frac{R}{4}$ gacha. 22-rasmda vodorod atomining har xil seriyalar chiqarish chiziqlari uchun bevosita o'lchangan to'lqin uzunlik qiymatlari keltirilgan.

To'lqin uzunlik (chastota) larning o'zgarish qonuniyati klassik fizika qonuniyatlariga keskin zid. Haqiqatan ham, klassik fizikaga ko'ra, agar elektronning yadro atrofida bog'lanishida u bitta erkinlik darajasiga ega desak, u holda elektron uchun uchta asosiy chastotalar va ularning obertonlari mavjud bo'lishi kerak edi. Haqiqatda esa vodorod atomi spektrining obertonlari, ya'ni garmonik qator hosil qiluvchi chastotalar kuzatilmaydi.

Atom tuzilishini o'rganishda 1860 yilda nemis olimlari G.Kirxgof (1824-1887) va R.Bunzen (184-1898) ochgan spektral analiz usuli muhim rol o'ynadi. 1885 yilda shvetsariyalik maktab fizika o'qituvchisi Balmer ko'zga ko'rinadigan sohada vodorod atomining spektral chiziqlarining joylashish vaziyatida ma'lum qonuniyat borligini sezdi. Balmerning aniqlashicha, to'lqin uzunlikni kamayishi bilan ular orasidagi masofa ham kamayib borar ekan. Ko'p yillik izlanishlardan so'ng to'lqin uzunliklari aniq bo'lgan bu to'rtta spektral chiziqlarni bitta umumiy formula bilan ifodalash mumkinligi aniqlandi:

$$\lambda_n = \lambda_0 \frac{n^2}{n^2 - 4} \quad (1)$$

bu formulada $\lambda_0 = 3646 \text{ \AA}$, formuladagi n ga 3,4,5 va 6 qiymatlar berib, vodorod atomining ko'zga ko'rinadigan sohadagi to'rtala spektral chiziqlarining to'lqin uzunligini hisoblashimiz mumkin. Quyidagi birinchi jadvalda tajribada kuzatilgan to'lqin uzunlik bilan (1) formula yordamida hisoblab topilgan to'lqin uzunlikning mos kelishi ko'rsatilgan.

1-jadval			
Chiziqlar	n	Hisoblab topilgan to'lqin uzunlik $\lambda, \text{\AA}^0$	Kuzatilgan to'lqin uzunlik $\lambda, \text{\AA}^0$
N_α - qizil	3	6562,80	6562,79
N_β - yashil	4	4861,38	4861,33
N_γ - ko'k	5	4340,51	4340,47
N_δ - binafsha	6	4101,78	4101,74

(1) formuladagi λ_0 Balmer seriyasidagi eng kichik to'lqin uzunlik ekanligi ma'lum bo'ldi. $\lim_{n \rightarrow \infty} \lambda_n = \lambda_0 = 3646 \text{ \AA}^0$
Ya'ni,

Spektrdagi qonuniyatni to'lqin uzunlik orqali emas, balki to'lqin chastotasi bilan ifodalash qulayroqdir. Chastota bilan to'lqin uzunlik orasidagi bog'lanishni hisobga olib, Balmer formulasini yorug'lik chastotasi uchun yozamiz:

$$\nu = c \frac{4}{\lambda} \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) = cR_H \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (2)$$

(2) formuladagi $R_n = 10967758,1 \pm 0,8 m$ m bo'lib, u vodorod spektridagi barcha chiziqlar uchun tegishli bo'lib, Ridberg doimiysi deb ataladi. $R = cR_n$ ham Ridberg doimiysi deb yuritiladi va uni qiymati $R = 3,29 \cdot 10^{15} s^{-1}$ ekanligi aniqlangan.

Keyinchalik vodorod atomi spektrida ko'zga ko'rinadigan ultrabinafsha (UB) va infraqizil (IQ) sohalarda ham spektral chiziqlar topildi. Spektral chiziqlar to'plamiga spektral seriyalar deyiladi. Bu topilgan chiziqlar ham Balmer formulasi orqali ifodalanadi. Faqat chegaraviy to'liq uzunligi va (2) ifodaning qavs ichidagi kasrlari bilan farqlanadi. Balmer formulasi umumiy holda

$$\nu_{\min} = cR_H \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (3)$$

ko'rinishda ifodalanadi (3) formulasidagi m va n ning qiymatiga qarab, vodorod atomidagi turli spektral seriyalarini hosil qilish mumkin:

$$m = 1; n = 2, 3, 4, \dots, \nu = cR_H \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad \text{Layman seriyasi}$$

$$m = 2; n = 3, 4, 5, \dots, \nu = cR_H \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad \text{Balmer seriyasi}$$

$$m = 3; n = 4, 5, 6, \dots, \nu = cR_H \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad \text{Pashen seriyasi}$$

$$m = 4; n = 5, 6, 7, \dots, \nu = cR_H \left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad \text{Breket seriyasi}$$

$$m = 5; n = 6, 7, 8, \dots, \nu = cR_H \left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad \text{Pfund seriyasi}$$

Layman seriyasi spektral chiziqlari spektrning UB sohasida joylashgan. Balmer seriyasidagi chiziqlar spektrning ko'zga ko'rinadigan sohasida joylashganini bilamiz. Qolgan spektral seriyalar hammasi spektrning IQ sohasidan o'rin olgan.

Bor postultalari:

1-postulat:

Atom uzoq vaqt turg'un holatlarda bo'lishi mumkin. Atomning turg'un holatiga elektronning turg'un orbitalarda aylanishi mos keladi. Elektronlar turg'un orbitalarda aylanganda atom nur sochmaydi va yutmaydi. Atomning har bir turg'un holatiga E_1, E_2, E_3, \dots , energiya qiymatlari to'g'ri keladi.

2-postulat:

Atomdagi elektron ixtiyoriy orbitalar bo'ylab aylanmasdan impuls momenti Plank doimiysiga karrali bo'lgan orbitalar bo'ylab aylanadilar:

$$m v_n r_n = n \hbar \quad (4)$$

Bu yerda $n = 1, 2, 3, \dots$, qiymatlarini oladi. U elektronning orbita tartib raqamini ko'rsatadi va bosh kvant soni deb ataladi. \hbar belgi Plank doimiysi h ning 2π ga nisbatiga teng:

$$\hbar = \frac{h}{2\pi}$$

3-postulat:

Elektron bir turg'un orbitadan boshqa turg'un orbitaga o'tganda atom nurlanish kvanti sochadi yoki yutadi. Sochilgan yoki yutilgan kvant energiyasi elektronning orbitadagi energiyalari farqiga teng:

$$h\nu = E_n - E_m \quad (5)$$

Bu ifodada n va m lar orbita tartib raqamlari. Ko'pincha 1 va 2-postulatlarini birlashtirib Borning ikkita postulati bor deb ko'rsatiladi.

Elektron yuqori orbitadan quyi orbitaga utushsa, atom nurlanish kvanti sochadi. Quyi orbitadan yuqori orbitaga chiqishi uchun esa tashqaridan nurlanish kvanti yutadi.

Masalan, elektron energiyasi katta bo'lgan 2-holatdan, energiyasi kichik bo'lgan 1-holatga tushganda atomdan sochilgan nurlanish kvanti energiyasi elektronni energetik holatlaridagi energiyalarining ayirmasiga teng:

$$h\nu = E_2 - E_1$$

Sochilgan yorug'lik chastotasi $\nu = \frac{E_2 - E_1}{h}$ bo'ladi.

Shunday qilib, N. Borning yarim klassik va yarim kvant nazariyasi atom yadrosi atrofida diskret statsionar energetik holatlar bo'lishini ko'rsatadi.

Nemis fiziklari D.Frank (1882-1964) va G.Gerslar (1887-1914) 1913 yilda to'xtatuvchi potentsiallar usuli bilan gaz atomlari bilan elektronlar to'qnashganda atom energiyasining diskret holda o'zgarishini isbotladilar. Ularning tajribasi sxemasi 1-rasmda ko'rsatilgan.

Bunda havosi so'rib olingan shisha idish ichiga 13 Pa bosim ostida simob bug'lari qamalib, idishning ikki chetiga katod K va anod A joylashtirilgan. Katod va anodlar orasiga T metall to'r elektrod o'rnatilgan.

Katoddan uchib chiqqan elektronlar katod bilan to'rga berilgan musbat potensial ta'sirida tezlatiladi va elektronlar olgan kinetik energiya $m_0v^2/2 = eU_1$ tenglikdan topiladi. T to'r bilan A anod orasiga elektronlarni to'xtatuvchi uncha katta bo'lmagan ($\sim 0,5V$) U_2 manfiy kuchlanish beriladi. Katod bilan T to'r orasidagi maydonda tezlik olgan elektronlar simob atomlari bilan to'qnashadi. To'qnashgandan keyin energiyasi to'xtatuvchi potensialni yenga olgan elektronlar anodgacha yetib boradi. Elektronlar anodgacha yetib borishi uchun ularning energiyasi

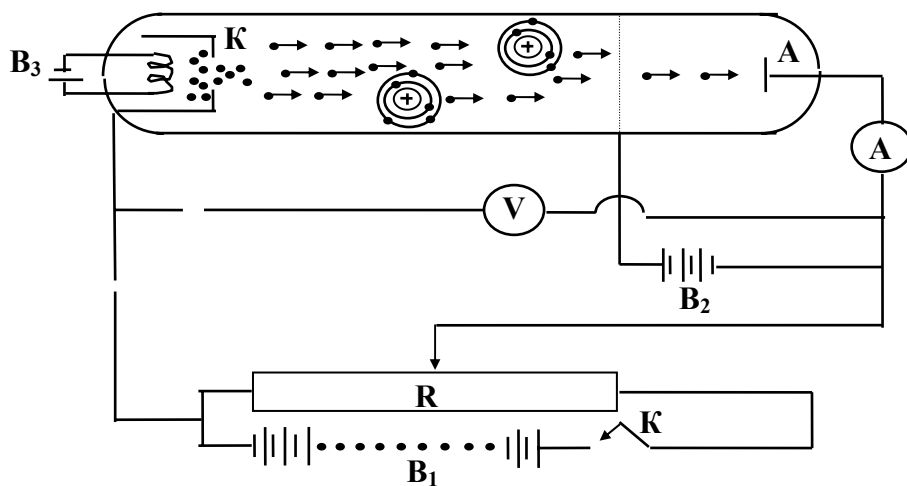
Haqiqatdan ham atomda shunday diskret energetik holatlar mavjudligini Frank va Gerts (1914 y.) tajribada aniqladilar. Buning uchun ular simob bug'i to'ldirilgan idish olib, undan elektr toki o'tkazdilar (1-rasm). Katoddan chiqqan elektronlar ma'lum energiyaga ega. Bu energiya katod va anod oralig'iga qo'yilgan kuchlanish yordamida boshqariladi. Kuchlanish ortishi bilan elektron energiyasi ham ortadi. Kuchlanish U ma'lum bo'lsa, elektronning energiyasini quyidagi ifoda yordamida aniqlash mumkin:

$$E_e = \frac{m_0v^2}{2} = e_0U$$

Katoddan chiqib anod tomon yo'nalgan elektron o'z yo'lida simob bug'i atomlari bilan to'qnashadi. To'qnashish elastik bo'lsa, elektron energiya yo'qotmasdan anodga yetib boradi. Buni anod tokining miqdoridan bilish mumkin. Agar elektronning energiyasi simob bug'i atomlaridagi ikki statsionar energetik holatlarning farqi $\Delta E = E_1 - E_2$ dan kichik bo'lsa, to'qnashish elastik bo'ladi. Bu holda katoddan chiqqan elektron simob bug'i atomining elektron bilan to'qnashib uni yuqori energetik holatda chiqarib qo'yishga energiyasi yetmaydi. Kuchlanish qiymati orttirilsa, elektron energiyasi ham orta borib, kuchlanishning ma'lum U_0 qiymatida bo'ladi.

$$E_e \cong \Delta E = E_1 - E_2$$

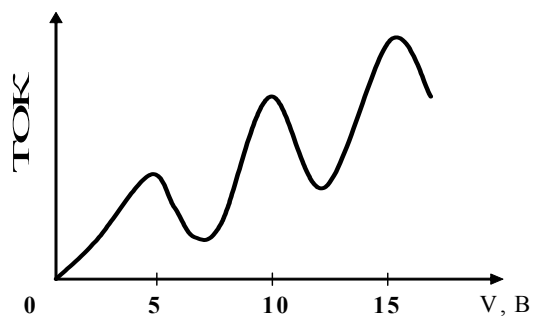
Bu holda to'qnashish elastik bo'lmaydi. Katoddan anodga borayotgan elektronning simob bug'i atomi bilan noelastik to'qnashuvi natijasida uning elektroni yuqori energetik sathga o'tadi.



1 – rasm.

Frank-Gers tajribasining sxemasi.

O'zining energiyasi kamayib anodga yetib bora olmay to'r elektrodda tutilib qoladi. Demak, noelastik to'qnashishlar yuz berayotganda anodga yetib borayotgan elektronlar soni kamayadi. Shuning uchun anod toki ham kamayadi. Tajribaning ko'rsatishicha, bu effekt elektron 4,9 eV energiyaga erishganda yuz berar ekan (2-rasm).



2-rasm.

Elektrodlar orasidagi kuchlanishni yana orttirib borsak, anod toki ham mos holda orta boshlaydi, chunki noelastik to'qnashish tufayli energiyasini yo'qotgan elektron yana qo'shimcha energiya olib, anodga yetib bora boshlaydi. Elektrodlar orasidagi kuchlanish elektronga $9,8 = 2 \times 4,9$ eV energiya berish darajasiga yetganda yana anod tokining keskin kamayishi kuzatiladi. Har bir shunday to'qnashishlarda ballon ichida chaqnash sodir bo'ladi, Hg atomi uyg'onadi va unda elektromagnit to'lqin nurlaydi. Bu holda elektron simob bug'i atomining elektroni bilan ikki qirrali to'qnashishi natijasida energiya yo'qotadi. Shunday qilib simob bug'i atomlari statsionar energetik holatlarga ega ekan.

Frank va Gerslarning bu tajribasi atomlar energiyasi uzluksiz holda emas, balki diskret holda o'zgarishini ko'rsatib, Bor atom nazariyasining to'g'riligini tasdiqladi. Anod toki maksimumlarini hosil bo'lish jarayonini to'liqroq ko'rib o'taylik.

Elektronlar energiyasi 4,9eV ga yetguncha simob atomlari bilan elastik to'qnashadi, bunday to'qnashishda elektronlarning energiyasi o'zgarmaydi. Shuning uchun kuchlanish 4,9V ga yetguncha anodga kelayotgan elektronlar soni ortib boradi, bu esa tokni ortishiga sabab bo'ladi. T to'rdagi kuchlanish 4,9V ga yetganda elektronlar 4,9eV energiyaga ega bo'ladi, bunday energiyali elektronlar simob atomi bilan noelastik to'qnashadi, ya'ni atomga urilgan elektron atomdagi elektronni kichikroq energiyali sathdan kattaroq energiyali sathga o'tkazib, energiyasining ko'p

qismini atomga beradi. Energiyasi kamaygan bunday elektronlar anodgacha yetib borolmaydi, ularni T to'ra ushlab qoladi. Natijada anod toki keskin kamayadi. Kuchlanishni yana orttira borsak, anod toki ham yana ortib boradi, kuchlanish 2-4,9eV ga yetganda, yana elektronlarni atomlar bilan noelastik to'qnashishi sodir bo'ladi, natijada anod toki yana birdaniga kamayadi. Bunday hol keyingi 3-4,9eV va h.z. kuchlanishlarda ham sodir bo'ladi.

Vodorod atomining Bor nazariyasi. Biz endi vodorod atomini tavsiflash uchun Bor postulatlarini qo'llaymiz.

Bor postulatiga ko'ra, elektronning harakat miqdori (yoki impuls) momenti Plank doimiysiga butun son karrali bo'lgan orbitalargina turg'undir. Bu

$$m_e v \cdot 2\pi r = nh \quad (6)$$

formulada ifodalangan edi.

$$m_e v_n r_n = n\hbar, \quad \hbar = \frac{h}{2\pi}.$$

Bu yerda r_n – elektronning aylana shaklidagi orbitasining radiusi. Elektronning harakat miqdori $m_e v$ uchun uning de-Broyl to'lqin uzunligi orqali ifodasi

$$\lambda = \frac{2\pi}{k} = \frac{h}{p} = \frac{h}{m v} \quad (7)$$

ni eslasak,

$$m_e v_n = \frac{h}{\lambda},$$

yuqoridagi (6) ifodani

$$2\pi r_n = n\lambda \quad (8)$$

ko'rinishda yoza olamiz. Demak, elektron orbitasining aylana uzunligi elektronning de-Broyl to'lqin uzunligi bilan butun karrali bog'langan. Boshqacha qilib aytganda, elektronning aylana shaklidagi orbitasiga yotqizilgan de-Broyl to'lqin uzunligining soni butun songa teng. Yadro atrofida radiusi r_n ga teng n-kvant orbitada v_n tezlik bilan harakat qilayotgan elektronning yadro bilan barqaror atom hosil qilishi uchun klassik mexanika sharti quyidagicha yoziladi:

$$m_e v^2 r_n = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0}.$$

Bu ifodani elektronning orbita bo'ylab harakat tezligi v_n ni aniqlab (7) dan elektronning de-Broyl to'lqin uzunligi uchun

$$\lambda = \frac{h}{e} \cdot \sqrt{4\pi\epsilon_0 r_n / m_e} \quad (9)$$

ni hosil qilamiz, so'ngra elektronning turg'un orbitasi radiusini (9) va (8) formulalardan aniqlaymiz:

$$r_n = \frac{\epsilon_0 h^2}{\pi m_e e^2} \cdot n^2. \quad (10)$$

Yuqoridagi

$$r_n = \epsilon_0 \frac{h^2}{\pi m_e Z e^2} n^2, \quad n = 1, 2, 3, \dots,$$

ifodaga keldik. n-orbitada harakat qilayotgan elektronning to'la energiyasi esa

$$E_n = -\frac{1}{\epsilon_0^2} \frac{Z^2 e^4 m_e}{8 h^2} \frac{1}{n^2}, \quad n = 1, 2, 3, \dots,$$

formuladan aniqlanadi:

$$E_n = -\frac{m_e e^4}{8 \epsilon_0^2 h^2} \cdot \frac{1}{n^2}, \quad n = 1, 2, 4, \dots \quad (11)$$

Borning ikkinchi postulatiga binoan vodorod atomining chiqarish chizig'i chastotasi

$$\nu = \frac{1}{\varepsilon_0^2} \frac{m_e e^4}{8h^3} \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right) = R_H \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

formula bilan ifodalanadi, bu yerda R_H – vodorod atomi uchun Ridberg doimiysi:

$$R_H = \frac{e^4 m_e}{8\varepsilon_0^2 h^3}. \quad (12)$$

(12) formula vodorod atomi uchun n ning har xil qiymatlariga to'g'ri keladigan energiya qiymatlari E_n ni hisoblashga imkon beradi. Bu asosda esa vodorod atomining energetik sathlarini chizish mumkin. 2-rasmda vodorod atomining energetik sathlarining diagrammasi berilgan. Strelkalar bilan foton chiqarish orqali ro'y beradigan ba'zi o'tishlar ko'rsatilgan. Xuddi shu (11) formula vodorod atomining ionlashtirish potentsiali V_1 ni ham hisoblashga imkon beradi. Haqiqatan ham, ionlashtirish ishi eV_1 ikki sath energiyasining farqiga teng:

$$eV_1 = E_\infty - E_1; \quad (13)$$

bu yerda E_1 – yadro va elektrondan iborat sistema – atomning asosiy holatdagi energiyasi, ya'ni

$$E_1 = -\frac{m_e e^4}{8\varepsilon_0^2 h^2} = -hR_H = -13,63 \text{ eV} \quad (14)$$

E_∞ – yadro va undan cheksiz uzoqda joylashgan elektrondan iborat sistemaning energiyasi, ya'ni

$$E = T_{kin} + V_{pot} = -\frac{a}{2r}$$

ga ko'ra, $r \rightarrow \infty$ da $E_\infty = 0$. Demak, vodorod uchun ionlashtirish potentsiali

$$V_1 = \frac{m_e e^3}{8\varepsilon_0^2 h^2} = 13,63 \text{ eV} \quad (15)$$

Vodorod atomining ionlashtirish potentsiali uchun Bor nazariyasi bergan bu qiymat tajriba natijalariga to'g'ri keladi.

Bor nazariyasi vodorod atomining o'lchamlarini hisoblashga ham imkon beradi. $n=1$ da (10) dan $d_1 = 2a_1 = \frac{2\varepsilon_0^2 h^2}{\pi m_e e^2} \sim 1 \text{ \AA}$, bu yerda a_1 – vodorod atomi uchun birinchi Bor orbitasining radiusi.

Agar Bor nazariyasi asosida aniqlangan Ridberg doimiysining son qiymatini $R_H = 3,292 \cdot 10^{15} \text{ sek}^{-1}$ (yoki $109737,32 \text{ sm}^{-1}$) eksperiment natijalari bilan solishtirsak, kichik bo'lsa ham, tafovut mavjud ekanligini payqaymiz. Bu tafovutning sababini ko'raylik. Biz yuqorida (12) ni keltirib chiqarishimizda elektronni qo'zg'almas yadro atrofida harakatlanadi, deb hisoblagan edik. Aslida, elektron va yadro o'zlarining umumiy og'irlik markazi atrofida harakatlanadi. Yadroning massasini cheksiz katta deb hisoblasak, og'irlik markazi yadro bilan ustma-ust tushgan bo'lar edi, albatta. Agar elektronning massasini m_e , vodorod atomi yadrosining massasini M , og'irlik markazidan elektrongacha masofani r , yadrogacha masofani esa R orqali belgilasak, klassik mexanikaning og'irlik markazini aniqlash, ya'ni parallel kuchlarni qo'shish qoidasiga binoan ular o'rtasida quyidagi bog'lanish mavjud:

$$MR = m_e r. \quad (16)$$

Elektron bilan yadro o'rtasidagi masofani ρ orqali belgilasak, u holda $\rho = R + r$ ga teng bo'ladi. Endi R va r o'rtasidagi bu ikki xil bog'lanishdan

$$R = \rho \frac{m_e}{m_e + M} \quad (17)$$

$$r = \rho \frac{M}{m_e + M}$$

kelib chiqadi. Yadro va elektrondan iborat sistemaning barqarorlik shartiga ko'ra elektronga va yadroga ta'sir ko'rsatuvchi markazdan qochma kuchlarning har biri elektron va yadro o'rtasidagi Kulon tortishish kuchiga teng:

$$m_e r_n \omega_n^2 = MR_n \omega_n^2 = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 \rho_n^2}.$$

Yuqorida (17) da berilgan R va r ning ifodasini e'tiborga olsak, barqarorlik shartini quyidagicha yozishimiz mumkin:

$$\frac{Mm_e}{m_e + M} \rho_n \omega_n^2 = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 \rho_n^2}.$$

Elektron va yadrodan iborat sistemaning to'la harakat miqdori momenti elektron va yadro harakat miqdori momentlarining yig'indisidan iborat:

$$m_e v_{ya} r_n + M v_{ya} R_n = m_e r_n^2 \omega_n + MR_n^2 \omega_n = \frac{Mm_e}{m_e + M} \rho_n^2 \omega_n.$$

Atomning bu to'la harakat miqdori momentini (6) ga binoan $n \frac{h}{2\pi}$ ga tenglashtiramiz.

$$\frac{Mm_e}{M + m_e} \rho_n^2 \omega_n = n \frac{h}{2\pi}; \quad n = 1, 2, 3, \dots \quad (18)$$

(18) bilan (6) ni solishtirsak, yadro harakatini hisobga olish dastlabki (6) – (15) formulalardagi elektron massasini elektron va yadrodan iborat sistemaning keltirilgan massasi

$$m' = \frac{m_e M}{m_e + M} \quad (19)$$

bilan almashtirishga olib keladi. Shuning uchun R_H, E^H larni hisoblashda m_e ni m' bilan almashtiriladi, ya'ni

$$R_H = \frac{e^4 m_e M}{8\epsilon_0^2 h^3 (m_e + M)} = R_\infty \frac{1}{1 + \frac{m_e}{M}} \quad (20)$$

Bu yerda R_∞ orqali R_H ning $\frac{M}{m_e} \rightarrow \infty$ to'g'ri keladigan va (12) da ifodalangan qiymati belgilangan.

Vodorod uchun $\frac{m_e}{M} = \frac{1}{1836,5}$, shuning uchun

$$R_H = 109737,32 \frac{1}{1 + \frac{1}{1836,5}} = 109677,57 \text{ sm}^{-1}.$$

Ridberg doimiysining vodorod uchun Bor nazariyasi bergan qiymati eksperiment natijasini to'la qanoatlantiradi.

Bor nazariyasi yangi kvant qonuniyatlarni tushinishda katta qadam bo'ldi. U mikroduyo fizikasi oldida paydo bo'lgan atomlarning nurlanishiga bog'liq butun bir katta muammoni yechdi va shu bilan birga klassik fizika qonunlarini atom hodisalariga qo'llash mumkin emasligini, atom kvant qonunlarining esa asosiy rolini ko'rsatdi. Lekin boshdanoq Bor nazariyasining jiddiy kamchiliklardan xoli emasligi ayon bo'ldi. U yarim klassik, yarim kvant nazariya edi.

Yuqorida ko'rdikki, Bor nazariyasi vodorod atomining spektral chiziqlari chastotalarini to'g'ri tavsiflab bera oladi. Lekin shu chiziqlar intensivligini hisoblash imkonini ko'rsatmadi. Bu nazariya ishqoriy metallar spektrlarining dublet xarakterini va murakkab atomlar spektrlarini to'g'ri tushuntira olmadi. Davriy sistemaning vodorod atomidan keyin joylashgan geliy atomi uchun Bor nazariyasiga binoan olib borilgan hisoblashlar ayniqsa murakkab va eksperiment natijalariga mutlaqo zid xulosalarga olib keladi.

Bor nazariyasi o'zining kamchiliklariga qaramasdan tabiat haqidagi bizning tasavvurimizni yangi pog'onaga ko'tardi. Bor modelining o'rniga kelgan kvant mexanikasi energetik sathlar haqida bu model kiritgan tushunchani tasdiqladi va asosladi. Hozirgi vaqtda atom tuzilishining Bor modeli fan taraqqiyoti yo'lida muhim bir tarixiy davr bo'lib qoldi.

Mustahkamlash uchun savollar:

1. Rezerford o'z nazariyasida atom tuzilishini qanday tushuntirdi va u bu nazariyani nimaga asoslanib yaratdi?
2. Rezerford atom yadro modelining kamchiliklari nimalarda namoyon bo'ladi?
3. Qanday dalillarga asoslanib, N.Bor atomning yarim klassik nazariyasini yaratdi?
4. Bor nazariyasi postulatlarini tushuntirib bering.
5. Vodorod atomidan hosil bo'luvchi spektral seriyalar Bor nazariyasida qanday tushuntiriladi?
6. Bor atom nazariyasining qanday kamchiliklari bor va nima sababdan bu nazariya yarim klassik nazariya deb ataladi?
7. Frank va Gerslarning tajribasi atomlar energiyasi qanday xususiyatlarini tushuntirib berdi., Bor atom nazariyasining to'g'riligini tasdiqlashda qanday o'rinni egaydi?

Adabiyotlar

1. Axmadjonov O.I. «Fizika kursi, optika, atom va yadro fizikasi». Toshkent -«O'qituvchi», 1989.
2. Зисман Г.А., Тодес О.М. «Курс общей физики» 3-том. М.»Наука» 1968.
3. Детлаф А.А., Яворский Б.М., « Курс физики « М.: «Высшая школа », 2000.
4. Трофимова Т.И. «Курс физики». М.: «Высшая школа», 2000.
5. Савельев И.В. «Курс общей физики, книга 5.», М.: Наука. 1998.
6. Кристи Р., Питти А. Строение вещества: Введение в современную физику. М.: Наука. 1969.
7. Яворский Б.М., Детлаф А.А. Справочник по физике М.: Наука. 1980.
8. Астахов А.В., Широков Ю.М. « Курс физики « 3, «Квантовая физика» М.: «Наука», 1983.
9. Стручков В.В., Яворский Б.М. «Вопрос современной физика» М .: « Просвещение », 1973.
10. Кондаков В.А. «Строение и свойства вещества» М.: «Просвещение», 1970.
11. Буравихин В.А., Егоров В.А. Биография электрона. М.:»Знание», 1985.
12. Тарасов Л.В. Современная физика в средней школе. М.: «Просвещение». 1990.

Darsning xronologik xaritasi: 80 minut

1. Darsni tashkil qilish. 2 minut.
2. Davomatni tekshirish. 2 minut.
3. Atom fizikasi fanidan o'tiladigan mavzular ishchi dasturi bilan qisqacha tanishtirish. 4 minut.
4. Atom fizikasi fanining oldingi o'rganilgan umumiy fizika kurslaridan farqi va umumiylik tomonlarini bayon qilish. 5 minut.
5. Atom fizikasi kursini o'rganishda foydalaniladigan adabiyotlar, ma'ruza matnlari bulardan foydalanish usullari. (Ma'ruza matnda har bir mavzular uchun reja, tayanch so'zlar, adabiyotlarga ko'rgazmalar, nazorat savollar keltirilganligini alohida ta'kidlash). 5 minut.
6. Yangi mavzuni bayon qilish. Atom fizikasining yaratilishi va rivojlanish bosqichlari. Atomning tarkibi, atomning asosiy xususiyatlarini bayon etish, atom fizikasi fani yutuqlarining qo'llanishi va yechimi muhim bo'lgan muammolarini bayon qilish. 55 minut.
7. O'tilgan mavzu bo'yicha savol-javoblar. 7 minut.

O'quv mashg'ulotida ta'lim texnologiyasi modeli

8-Mavzu: Kvant mexanikasining asoslari. To'liq funksiyasi va uning xususiyatlari. Shryodinger tenglamasi. Statsionar va nostatsionar holat. Ehtimollik zichligi va ehtimollik zichligining oqimi.

<i>Vaqt: 80 min.</i>	<i>Talabalar soni: 52 ta</i>
<i>O'quv mashg'ulotining shakli</i>	Ma'lumotli kirish - ma'ruza
<i>O'quv mashg'ulotining tuzilishi</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. O'quv kursi va mashg'ulot mavzusiga kirish 2. Bilimlarni faollashtirish - aqliy hujum 3. Ma'ruza matnini tarqatish 4. Asosiy atamalarni aniqlash-pinbord
<i>O'quv mashg'ulot maqsadi: O'quv fani to'g'risida umumiy tasavvurlarni berish</i>	
<i>Pedagogik vazifalar:</i> - To'liq funksiya va uning fizik ma'nosi. - Kvant nazariyasida holatlar superpozitsiya prinsipi. - Shryodinger tenglamasi. - Ehtimollik zichligi va ehtimollik zichligining oqimi.	<i>O'quv faoliyat natijalari:</i> <ol style="list-style-type: none"> 1. To'liq funksiya va uning fizik ma'nosini tushuntirish. 2. Kvant nazariyasida holatlar superpozitsiya prinsipi. 3. Shryodinger tenglamasi haqida ma'lumot berish Ehtimollik zichligi va ehtimollik zichligining oqimi.
<i>Ta'lim usullari</i>	Ma'ruza minbari
<i>Ta'limni tashkillashtirish shakli</i>	Jamoaviy
<i>Ta'lim vositalari</i>	Ma'ruza matni, kompyuter
<i>Ta'lim berish sharoiti</i>	Texnik vositalar bilan jihozlangan xona
<i>Monitoring va baholash</i>	Tezkor - so'rov.

Ma'lumotli kirish - ma'ruzasining texnologik xaritasi

Ish bosqich-lari va vaqti	Faoliyat mazmuni	
	ta'lim beruvchi	ta'lim oluvchilar
1-bosqich. O'quv mashg'ulotiga kirish (20 daq.)	<p>1.1 Mavzuning nomi, maqsad va kutilayotgan natijalarni yetkazadi. Taqdimot bo'yicha ekranga fanning tuzilmaviy-mantiqiy chizmasini chiqaradi, mavzularning o'zaro aloqasini yoritadi, ularga qisqa tavsif beradi, fan miqyosida bajariladigan uslubiy va tashkiliy ishlar xususiyatlarini tushuntiradi.</p> <p>Reyting-nazorat tizimi, joriy, oraliq, va yakuniy nazoratni baholash mezonlari</p> <p>(№ 1.1 ilova) bilan tanishtiradi.</p> <p>Mavzu bo'yicha asosiy tushunchalarni; mustaqil ishlash uchun adabiyotlar ro'yxatini aytadi.</p> <p>1.2. Birinchi o'quv mashg'ulot mavzusi, maqsad va o'quv faoliyat natijalarini aytadi.</p> <p>1.3. Mavzuni mustahkamlash uchun savollarni beradi (3-ilova)</p>	<p>Tinglaydilar</p> <p>Tinglaydilar</p> <p>Yozib oladilar.</p>
2-bosqich. Asosiy (50 daq.)	<p>2.1. Mavzu bo'yicha ma'ruza matnini tarqatadi va uning rejasi, asosiy tushunchalar bilan tanishishni taklif qiladi.</p> <p>2.3. Berilgan savollar asosida javoblar berilib umumiy xulosalar chiqariladi.</p> <p>2.4 Talabalar bilan birga fanga taaluqli bo'lmagan va qaytariluvchi ma'lumotlarni ochib tashlaydi, muhim asosiy tushunchalarni (Pinbord) kiritadi.</p>	<p>Tinglaydilar.</p> <p>Tinglaydilar, yozib oladilar.</p>
3-bosqich. Yakuniy (10 daq.)	<p>3.1. Mavzu bo'yicha yakun yasaydi, qilingan ishlarning kelgusida kasbiy faoliyatidagi ahamiyatiga talabalar e'tiborini qaratadi.</p> <p>3.2 O'tilgan darsni mustahkamlash uchun foydaniilgan adabiyotlar ro'yxati keltiriladi.</p> <p>3.3. Mustaqil ish uchun topshiriq beradi va uning baholash mezonlari bilan tanishtiradi.</p>	<p>O'z-o'zini, o'zaro baho-lashni o'tkazadilar.</p> <p>Topshiriqni yozadilar</p>

BAHOLASH MEZONLARI

№	Nazorat turi	Ball	Nazorat ishi	Uy ishi	Mustaqil ish	Darsda faolligi	Amaliy ish	Laboratoriy a
1	JN-1	11	2	2	2	1	2	2
2	JN-2	12	3	2	2	1	2	2
3	JN-3	12	3	2	2	2	2	2
3	ON-1	17	13	2	1	1	-	-
4	ON-2	18	14	2	1	1	-	-
5	YN	30	30					

86-100% “a’lo”
 71-85% “yaxshi”
 55-70% “qoniqarli”
 0-54% “qoniqarsiz”

Talabalar bilimini faollashtirish uchun tezkor savollar

1. De-Broyl gipotezasining mohiyati nimadan iborat va uning gipotezasi qanday tajribalarda tasdiqlandi?
2. Geyzenbergning noaniqliklar munosabatlarini tushuntiring.
3. Qanday qilib to‘lqin xususiyatiga ega bo‘lgan mikrozarralarning holati to‘lqin funksiya orqali ifodalanadi?
4. Kvant mexanikasida Shredinger tenglamasi qanday vazifani bajaradi va qanday ko‘rinishlarda yoziladi?

Aqliy hujum qoidasi:

Hech qanday birga baholash va tanqidga yo‘l qo‘yilmaydi!

Taklif etilayotgan g‘oyani baholashga shoshma, agarda u hattoki ajoyib va g‘aroyib bo‘lsa ham hamma narsa mumkin.

Tanqid qilma, hamma aytilgan g‘oyalar qimmatli teng kuchlidir.

O‘rtaga chiquvchini bo‘lma!

Turtki berishdan o‘zingni ushla!

Maqsad miqdor hisoblanadi!

Qancha ko‘p g‘oyalar aytilsa, undan ham yaxshi: yangi va qimmatli g‘oyalarni paydo bo‘lishi uchun ko‘p imkoniyatdir.

Agarda g‘oyalar qaytarilsa, xafa bo‘lma va hijolat chekma.

Tasavvuringni “jo‘sh urishiga” ruxsat ber!

Agarda g‘oyalar qaytarilsa, xafa bo‘lma va hijolat chekma.

Tasavvuringni “jo‘sh urishiga” ruxsat ber!

Pinbord (inglizchadan: *pin*- mahkamlash, *board* – yozuv taxtasi) munozara usullari yoki o'quv suhbatini amaliy usul bilan moslashdan iborat.

Ta'lim beruvchi:

→ Taklif etilgan muammoni yechishga o'z nuqtai nazarini bayon qiladi.

→ Ommaviy to'g'ri aqliy hujumni tashkillashtiradi.

Ta'lim oluvchilar quyidagi g'oyalarni:

→ Taklif etadilar, muhokama qiladilar, baholaydilar eng ko'p maqbul (samarali va boshqa g'oyalarni tanlaydilar va ularni qog'oz varag'iga asosiy so'zlar ko'rinishida (2 so'zdan ko'p bo'lmagan) yozadilar va yozuv taxtasiga biriktiradilar.

→ Guruh a'zolari (ta'lim beruvchi tomonidan belgilangan 2-3 talaba yozuv taxtasiga chiqadilar va boshqalar bilan maslahatlashib:

- aniq xato yoki qaytariluvchi g'oyalarni saralaydilar;
- tortishuvlarni aniqlaydilar;
- g'oyalarni tizimlashtirish mumkin bo'lgan belgilar bo'yicha aniqlaydilar;
- shu belgilar bo'yicha hamma g'oyalarni yozuv taxtasida guruhlaydilar (kartochka/ varaqlar).

Ta'lim beruvchi:

→Umumlashtiradi va ish natijalarini baholaydi.

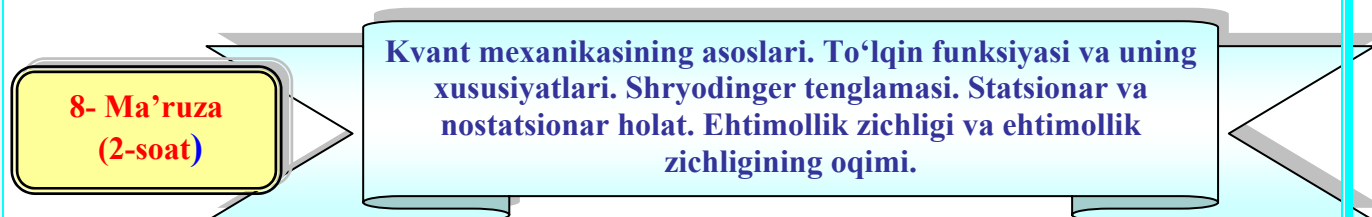
Monitoring va baholash

O'tilgan mavzu bo'yicha og'zaki so'rov, tezkor savol-javob qarab 1-2 ballgacha baholanadi.

Ilova 1.5

Mustaqil ish topshiriqlari.

1. Statsionar holatlar uchun masalalar yechish.
2. Taqdimot slaydlari.



Reja:

1. To'liq funksiya va uning fizik ma'nosi.
2. Kvant nazariyasida holatlar superpozitsiya prinsipi.
3. Shryodinger tenglamasi.
4. Ehtimollik zichligi va ehtimollik zichligining oqimi.

Tayanch so'zlar va iboralar: munosabatlar, zarrachaning impulsi, koordinatasi uchun noaniqliklar munosabatlarining qo'llanish chegarasi, mikrozarra va ehtimollik, to'liq funksiya va mikrozarra holati, to'liq funksiya va chegaraviy shartlar

De-Broyl gipotezasini tajribada tasdiqlanishi, mikrozzarrachalarning impuls va koordinatalarini aniqlashda noaniqlik munosabatlarini bajarilishi va boshqa qator tajribalar kvant mexanikasini yaratilishiga olib keldi. Kvant mexanikasining yaratilish davri 1900 yilda M.Plank tomonidan yorug'lik kvanti haqidagi gipotezani yaratilish davridan boshlab, 1920 yillarning oxirigacha bo'lgan vaqtni o'z ichiga oladi. Kvant mexanikasini yaratishga avstriyalik fizik E.Shredinger (1887-1961), nemis fizigi V.Geyzenberg (1901-1976) va angliyalik fizik P.Diraklar (1902) katta hissa qo'shgan. De-Broyl to'liqinining fizik ma'nosini tushunib olishga yorug'likning to'liqin va korpuskulyar xossalari orasidagi bog'lanishni ko'rib chiqish yordam beradi. Ma'lumki, yorug'likning to'liqin nazariyasiga ko'ra difraksiya manzarasining intensivligi yorug'lik to'liqini amplitudasi kvadratiga proporsional. Yorug'likning kvant nazariyasiga ko'ra difraksiya manzarasining intensivligi, o'sha joyga tushayotgan kvantlar soni bilan aniqlanadi.

Kvant nazariyasining o'ziga xos tomoni shundaki, mikrozzarrachalarning xossalari o'rganishda ehtimolliklar qonuniyatlaridan foydalaniladi.

De-Broyl to'liqinini ehtimolliklar to'liqinidan iborat deb qarash, ya'ni zarrachani fazoda topilish ehtimolligi to'liqin qonuniyat bilan o'zgaradi deyish xato bo'lar edi. Chunki, bunday bo'lganda zarrachani fazoda topilish ehtimolligi manfiy qiymat ham oladi. Ehtimollikning manfiy bo'lishi ma'noga ega emas.

1926 yilda M.Borning (1882-1970) ko'rsatishicha, to'liqin qonuniyat bilan ehtimollik o'zgarasdan, balki ehtimollikning amplitudasi o'zgaradi. Ehtimollikning amplitudasi fazoning koordinatalari va vaqtga bog'liq bo'lgan $\psi(x, y, z, t)$ to'liqin funktsiya orqali ifodalanadi. Ehtimollik amplitudasi ma'lum bo'lishi mumkin. Shuning uchun ehtimollik, uning modulining kvadratiga proporsional:

$$W \sim |\psi(x, y, z, t)|^2 \quad (1)$$

Demak, De-Broyl to'liqini amplitudasining kvadrati fazoning ayni nuqtasida mikrozzarrani qayd qilish ehtimolligini xarakterlaydi.

Shunday qilib, mikrozzarrachaning holatini to'liqin funktsiya bilan ifodalash statistik yoki boshqacha aytganda, ehtimollik xarakteriga ega. To'liqin funktsiya qiymatining kvadrati zarrachani t vaqt momentida fazoning koordinatalari x va $x+dx$, y va $y+dy$, z va $z+dz$ sohasida topilish ehtimolligini ko'rsatadi.

Demak, kvant mexanikasida zarrachaning holati butunlay yangicha, ya'ni zarrachaning ham to'liqin, ham korpuskulyar xususiyatini o'zida mujassamlashtirgan to'liqin funktsiya orqali ifodalanadi. Zarrachani hajmning dV bo'lakchasida bo'lish ehtimolligi

$$dW \sim |\psi(x, y, z, t)|^2 dV \quad (2)$$

ko'rinishda ifodalanadi. Bunda ψ - funktsiya qiymatining kvadrati $|\psi(x, y, z, t)|^2 = \frac{dW}{dV}$ ehtimollik zichligini bildiradi. Bu yerda shuni nazarda tutish keraki, ψ - funktsiyaning o'zi fizik ma'noga ega bo'lmasdan, uning qiymatining kvadrati fizik ma'noga ega bo'lib, $|\psi(x, y, z, t)|^2$ ni haqiqiy ψ va mavhum ψ^* funktsiyalarining ko'paytmasi tarzda ifodalanadi:

$$|\psi(x, y, z, t)|^2 = \psi \cdot \psi^*$$

Zarrachani V hajm bo'lagida t vaqtda topilish ehtimolligini hisoblash uchun ehtimolliklarni qo'shish teoremasiga asosan V -hajm bo'yicha integrallash kerak:

$$W = \int_V |\psi|^2 dV$$

Agarda zarracha haqiqatdan ham mavjud bo'lsa, uni butun V hajmda bo'lish ehtimolligi 1ga teng bo'ladi. Shu holda ψ - funktsiya normirovkalash deb ataluvchi shartni qanoatlantiradi. Ya'ni

$$\int_{-\infty}^{+\infty} |\psi|^2 dV = 1 \quad (3)$$

bo'ladi.

To'lqin funksiya ψ zarrachaning holatini to'liq ifodalashi uchun u qator chegara shartlarini qanoatlantirishi kerak:

a) ψ - funksiya chekli bo'lishi kerak, chunki mikrozararchani fazoning biror nuqtasida qayd qilish ehtimolligining qiymati birdan katta bo'lishi mumkin emas;

b) ψ - funksiya bir qiymatli bo'lishi kerak, chunki mikrozararchani fazoning biror nuqtasida qayd qilish ehtimolligining qiymati bir nechta bo'lishi mumkin emas;

v) ψ - funksiya uzluksiz bo'lishi kerak, chunki mikrozararchani qayd qilish ehtimolligi sakrassimon xarakterda o'zgarmaydi.

ψ -funksiya superpozitsiya prinsipini qanoatlantiradi. Masalan, sistema $\psi_1, \psi_2, \psi_3, \dots, \psi_n$ to'lqin funksiyalar bilan ifodalanuvchi turli holatlarda bo'lsa, bu funksiyalarning chiziqli kombinatsiyasidan iborat bo'lgan ψ holatda bo'lishi ham mumkin:

$$\psi = \sum C_n \psi_n$$

bu yerda $C_n (n=1,2,3,\dots)$ qandaydir kompleks son.

Kvant mexanikasida to'lqin funksiyalarni bunday qo'shilishi klassik statistik nazariyadagi ehtimolliklarni qo'shishdan tubdan farq qiladi. Kvant mexanikasida ψ funksiyani bilgan holda mikroobyektni ifodalovchi fizik kattalikni o'rtacha qiymati hisoblanadi. Masalan, elektrondan yadrogacha bo'lgan o'rtacha masofa $\langle r \rangle$ quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\langle r \rangle = \int_{-\infty}^{+\infty} r |\psi|^2 dV$$

Mikrozarrachaning to'lqin xususiyatini tajribada tasdiqlanishi, uning bu to'lqin xususiyatini ($\psi(x,y,z,t)$ - to'lqin funksiyani) va kuchlar maydonidagi harakatini ifodalovchi tenglama yaratish zaruriyatini tug'dirdi.

Ma'lumki, to'lqin funksiyaning kvadrati zarrachani t-vaqtda dv hajm bo'lagida bo'lish ehtimolligini ifodalaydi. Demak, zarrachani harakat tenglamasi uning to'lqin xususiyatini hisobga olgan elektromagnit to'lqinlar tenglamasiga o'xshagan bo'lishi kerak. Kvant mexanikasining bunday tenglamasini 1926 yilda E.Shredinger yaratdi.

Mikrozarrachaning to'lqin xususiyatini tajribada tasdiqlanishi, uning bu to'lqin xususiyatini (x,y,z,t) - to'lqin funksiyani) va kuchlar maydonidagi harakatini ifodalovchi tenglama yaratish zaruriyatini tug'dirdi. Ma'lumki, to'lqin funksiyaning kvadrati zarrachani t-vaqtda dv hajm bo'lagida bo'lish ehtimolligini ifodalaydi. Demak zarrachani harakat tenglamasi uning to'lqin xususiyatini hisobga olgan elektromagnit to'lqinlar tenglamasiga o'xshagan bo'lishi kerak. Kvant mexanikasining bunday tenglamasini 1926 yilda E.Shredinger yaratdi.

Kvant holatlar. Shredingerning vaqtga bog'liq bo'lgan tenglamasi. Shredinger tenglamasi Nyuton va Maksvell tenglamalariga o'xshab, tayyor holda isbotsiz qabul qilinadi:

$$-\frac{\hbar^2}{m} \Delta \psi + U(x, y, z, t) \psi = i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t} \quad (4)$$

bu yerda $\hbar = \frac{h}{2\pi}$; \hbar - Plank doimiysi. m -zarrachaning massasi. $\Delta \psi$ - quyidagi ifodaga teng:

$$\Delta \psi = \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2}$$

Δ -belgi Laplas operatori yoki laplasiyan deyilib, koordinatalardan olingan ikkinchi tartibli xususiy hosilani bildiradi:

$$\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$$

i - kompleks son, $U(x,y,z,t)$ -zarrachaning potensial energiyasi.

(4) tenglama Shredingerning umumiy tenglamasi yoki vaqtga bog'liq tenglamasi deb yuritiladi. Shredinger tenglamasidan olingan natijalarni tajribada tasdiqlanishi, uni tabiatning muhim qonunlaridan biri ekanligini isbotlaydi. (4) tenglama yorug'lik tezligiga nisbatan bir muncha kichik tezlik bilan harakatlanuvchi har qanday mikrozarra uchun to'g'ridir. (4) tenglama yuqorida to'liq funksiyasiga qo'yilgan chegara shartlarni (tugal, bir qiymatli va uzluksiz) qanoatlantirish bilan birga to'liq funksiyadan olingan xususiy hosila uzluksiz, to'liq funksiyaning kvadrati - integrallanuvchi bo'lishi kerak.

Shredingerning turg'un holat uchun tenglamasi. Statsionar holatlar. Ko'pincha Shredinger tenglamasi sodda ko'rinishga keltiriladi. ψ va U ni vaqtga bog'liqligi hisobga olinmaydi. Haqiqatan ham zarra doimiy maydonda harakat qilayotgan bo'lsa, $U(x, y, z, t)$ funksiya vaqtga bog'liq bo'lmasdan, potensial energiyani o'zini ifodalaydi. Bu holda Shredinger tenglamasining yechimini ikkita funksiyani ko'paytmasi tarzida ifodalash mumkin. Birinchi funksiya faqat koordinataga bog'liq bo'lsa, ikkinchi funksiya faqat vaqtga bog'liq bo'ladi, ya'ni:

$$\psi(x, y, z, t) = \Psi(x, y, z, t)e^{-i\left(\frac{E}{\hbar}\right)t} \quad (5)$$

bu erda E - zarra uchun to'liq energiyasi bo'lib, u turg'un maydonda doimiydir.

(5) ni (4) ga qo'yib, quyidagi ifodani xosil qilamiz:

$$-\frac{\hbar^2}{2m}e^{-i\left(\frac{E}{\hbar}\right)t}\Delta\Psi + U\Psi e^{-i\left(\frac{E}{\hbar}\right)t} = i\hbar\left(\frac{E}{\hbar}\right)\Psi e^{-i\left(\frac{E}{\hbar}\right)t}$$

Yuqoridagi tenglamani $e^{-i\left(\frac{E}{\hbar}\right)t}$ ifodaga bo'lib, ma'lum o'zgartirishlar qilib, ψ funksiyani aniqlovchi tenglama hosil qilamiz:

$$\Delta\Psi + \frac{2m}{\hbar^2}(E - U)\Psi = 0 \quad (6)$$

(6) ko'rinishdagi tenglama Shredingerning turg'un holat uchun tenglamasi deyiladi. Kvant mexanikasining ko'p masalalarini yechishda shu (6) tenglamadan foydalaniladi. Biz ham ayrim masalalarni yechishdagi shu tenglamaning tadbirlarini ko'rib chiqamiz.

Differensial tenglamalar nazariyasidan ma'lumki, Shredinger tenglamasiga o'xshash tenglamalar har doim ham yechimga ega bo'lavermaydi. U faqat energiyani ma'lum bir aniq qiymatidagina xususiy yechimga ega bo'ladi. Topilgan E energiyani qiymati uzluksiz yoki diskret bo'lishi mumkin.

Mustahkamlash uchun savollar:

1. De-Broyl gipotezasining mohiyati nimadan iborat va uning gipotezasi qanday tajribalarda tasdiqlandi?
2. Geyzenbergning noaniqliklar munosabatlarini tushuntiring.
3. Qanday qilib to'liq xususiyatiga ega bo'lgan mikrozarralarning holati to'liq funksiya orqali ifodalanadi?
4. Kvant mexanikasida Shredinger tenglamasi qanday vazifani bajaradi va qanday ko'rinishlarda yoziladi?

Adabiyotlar:

1. Шпольский Э.В. Атомная физика, 1.1,2. – М.: Наука, 1984.
2. Матеев А.Н. Атомная физика. – М.: Высшая школа, 1989.
3. Гольдин Л.Л., Новикова Г.И. Введения в квантовую физику. – М.: Наука, 1988.
4. Вихман Э. Квантовая физики. – М.: Наука, 1974.
5. Наумов А.И. Физика атомного ядра и элементарных частиц. М., 1984.
6. Bekjonov R.B., Axmadxo'jayev B. Atom fizikasi. – Toshkent: O'qituvchi, 1979.
7. Бом Д. Квантовая теория. – М.: Наука, 1965.
8. Nasriddinov K.R., Parsoxonov A.G., Mansurova M.Yu. "Atom fizikasi", O'quv qo'llanma, Nizomiy nomidagi Toshkent Davlat pedagogika universiteti, Toshkent- 2006, Ziyonet.uz.

9. Qodirov M.J. "Kvant mexanikasi fanidan ma'ruzalar matni", Qarchi Davlat universiteti, Qarshi - 2009, Ziyonet.uz.
10. Mirjalilova M.A. Fizika va elektroikaning maxsus boblari (Kvant mexanikasi va qattiq jismlar fizikasi) 1-qism (O'quv qo'llanma), Toshkent, ToshDTU, 2009

Darsning xronologik xaritasi: 80 minut

1. Darsni tashkil qilish. 2 minut.
2. Davomatni tekshirish. 2 minut
3. Atom fizikasi fanidan o'tiladigan mavzular ishchi dasturi bilan qisqacha tanishtirish. 4 minut.
4. Atom fizikasi fanining oldingi o'rganilgan umumiy fizika kurslaridan farqi va umumiylik tomonlarini bayon qilish. 5 minut
5. Atom fizikasi kursini o'rganishda foydalaniladigan adabiyotlar, ma'ruza matnlari bulardan foydalanish usullari. (Ma'ruza matnda har bir mavzular uchun reja, tayanch so'zlar, adabiyotlarga ko'rgazmalar, nazorat savollar keltirilganligini alohida ta'kidlash). 5 minut.
6. Yangi mavzuni bayon qilish. Atom fizikasining yaratilishi va rivojlanish bosqichlari. Atomning tarkibi, atomning asosiy xususiyatlarini bayon etish, atom fizikasi fani yutuqlarining qo'llanishi va yechimi muhim bo'lgan muammolarini bayon qilish. 55 minut.
7. O'tilgan mavzu bo'yicha savol-javoblar. 7 minut.

O'quv mashg'ulotida ta'lim texnologiyasi modeli

9- Mavzu: Kvant mexanikasining asoslari. Fizik kattaliklarning operatorlari. Operatorlarning xususiy qiymatlari va xususiy funksiyalari. Fizik kattaliklarning o'rtacha qiymati va dispersiyasi. Gamilton operatori.

<i>Vaqt: 80 min.</i>	<i>Talabalar soni: 52 ta</i>
<i>O'quv mashg'ulotining shakli</i>	Ma'lumotli kirish - ma'ruza
<i>O'quv mashg'ulotining tuzilishi</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. O'quv kursi va mashg'ulot mavzusiga kirish 2. Bilimlarni faollashtirish - aqliy hujum 3. Ma'ruza matnini tarqatish 4. Asosiy atamalarni aniqlash-pinbord
<i>O'quv mashg'ulot maqsadi: O'quv fani to'g'risida umumiy tasavvurlarni berish</i>	
<i>Pedagogik vazifalar:</i> - Fizik kattaliklarning operatorlari. - Operatorlarning xususiy qiymatlari va xususiy funksiyalari. - Fizik kattaliklarning o'rtacha qiymati va dispersiyasi. Gamilton operatori.	<i>O'quv faoliyat natijalari:</i> <ol style="list-style-type: none"> 1. Fizik kattaliklarning operatorlari. 2. Operatorlarning xususiy qiymatlari va xususiy funksiyalari. 3. Fizik kattaliklarning o'rtacha qiymati va dispersiyasi. Gamilton operatori.
<i>Ta'lim usullari</i>	Ma'ruza minbari
<i>Ta'limni tashkillashtirish shakli</i>	Jamoaviy
<i>Ta'lim vositalari</i>	Ma'ruza matni, kompyuter
<i>Ta'lim berish sharoiti</i>	Texnik vositalar bilan jihozlangan xona
<i>Monitoring va baholash</i>	Tezkor - so'rov.

Ma'lumotli kirish - ma'ruzasining texnologik xaritasi

Ish bosqich-lari va vaqti	Faoliyat mazmuni	
	ta'lim beruvchi	ta'lim oluvchilar
1-bosqich. O'quv mashg'ulotiga kirish (20 daq.)	<p>1.1 Mavzuning nomi, maqsad va kutilayotgan natijalarni yetkazadi. Taqdimot bo'yicha ekranga fanning tuzilmaviy-mantiqiy chizmasini chiqaradi, mavzularning o'zaro aloqasini yoritadi, ularga qisqa tavsif beradi, fan miqyosida bajariladigan uslubiy va tashkiliy ishlar xususiyatlarini tushuntiradi.</p> <p>Reyting-nazorat tizimi, joriy, oraliq, va yakuniy nazoratni baholash mezonlari</p> <p>(№ 1.1 ilova) bilan tanishtiradi.</p> <p>Mavzu bo'yicha asosiy tushunchalarni; mustaqil ishlash uchun adabiyotlar ro'yxatini aytadi.</p> <p>1.2. Birinchi o'quv mashg'ulot mavzusi, maqsad va o'quv faoliyat natijalarini aytadi.</p> <p>1.3. Mavzuni mustahkamlash uchun savollarni beradi (3-ilova)</p>	<p>Tinglaydilar</p> <p>Tinglaydilar</p> <p>Yozib oladilar.</p>
2-bosqich. Asosiy (50 daq.)	<p>2.1. Mavzu bo'yicha ma'ruza matnini tarqatadi va uning rejasi, asosiy tushunchalar bilan tanishishni taklif qiladi.</p> <p>2.3. Berilgan savollar asosida javoblar berilib umumiy xulosalar chiqariladi.</p> <p>2.4 Talabalar bilan birga fanga taaluqli bo'lmagan va qaytariluvchi ma'lumotlarni ochib tashlaydi, muhim asosiy tushunchalarni (Pinbord) kiritadi.</p>	<p>Tinglaydilar.</p> <p>Tinglaydilar, yozib oladilar.</p>
3-bosqich. Yakuniy (10 daq.)	<p>3.1. Mavzu bo'yicha yakun yasaydi, qilingan ishlarning kelgusida kasbiy faoliyatidagi ahamiyatiga talabalar e'tiborini qaratadi.</p> <p>3.2 O'tilgan darsni mustahkamlash uchun foydanilgan adabiyotlar ro'yxati keltiriladi.</p> <p>3.3. Mustaqil ish uchun topshiriq beradi va uning baholash mezonlari bilan tanishtiradi.</p>	<p>O'z-o'zini, o'zaro baho-lashni o'tkazadilar.</p> <p>Topshiriqni yozadilar</p>

BAHOLASH MEZONLARI

№	Nazorat turi	Ball	Nazorat ishi	Uy ishi	Mustaqil ish	Darsda faolligi	Amaliy ish	Laboratoriy a
1	JN-1	11	2	2	2	1	2	2
2	JN-2	12	3	2	2	1	2	2
3	JN-3	12	3	2	2	2	2	2
3	ON-1	17	13	2	1	1	-	-
4	ON-2	18	14	2	1	1	-	-
5	YN	30	30					

86-100% “a’lo”
 71-85% “yaxshi”
 55-70% “qoniqarli”
 0-54% “qoniqarsiz”

Talabalar bilimini faollashtirish uchun tezkor savollar

1. Operatorga ta’rif bering.
2. Chiziqli operatorlar haqida nimani bilasiz?
3. Operatorlar kommutatori nima?
4. Operatorning o’rtacha qiymatini bilasizmi?
5. O’ziga qo’shma operatorlar va ularning xususiyatlari haqida nimani bilasiz?
6. Operatorning o’rtacha qiymatini bilasizmi?
7. Energiya operatoriga tavsif bering.
8. Impuls operatori nima?
9. Gamilton operatori deyilganda nimani tushunasiz?

Aqliy hujum qoidasi:

Hech qanday birga baholash va tanqidga yo’l qo’yilmaydi!

Taklif etilayotgan g’oyani baholashga shoshma, agarda u hattoki ajoyib va g’aroyib bo’lsa ham hamma narsa mumkin.

Tanqid qilma, hamma aytilgan g’oyalar qimmatli teng kuchlidir.

O’rtaga chiquvchini bo’lma!

Turtki berishdan o’zingni ushla!

Maqsad miqdor hisoblanadi!

Qancha ko’p g’oyalar aytilsa, undan ham yaxshi: yangi va qimmatli g’oyalarni paydo bo’lishi uchun ko’p imkoniyatdir.

Agarda g’oyalar qaytarilsa, xafa bo’lma va hijolat chekma.

Tasavvuringni “jo’sh urishiga” ruxsat ber!

Agarda g’oyalar qaytarilsa, xafa bo’lma va hijolat chekma.

Tasavvuringni “jo’sh urishiga” ruxsat ber!

Pinbord (inglizchadan: *pin*- mahkamlash, *board* – yozuv taxtasi) munozara usullari yoki o'quv suhbatini amaliy usul bilan moslashdan iborat.

Ta'lim beruvchi:

→ Taklif etilgan muammoni yechishga o'z nuqtai nazarini bayon qiladi.

→ Ommaviy to'g'ri aqliy hujumni tashkillashtiradi.

Ta'lim oluvchilar quyidagi g'oyalarni:

→ Taklif etadilar, muhokama qiladilar, baholaydilar eng ko'p maqbul (samarali va boshqa g'oyalarni tanlaydilar va ularni qog'oz varag'iga asosiy so'zlar ko'rinishida (2 so'zdan ko'p bo'lmagan) yozadilar va yozuv taxtasiga biriktiradilar.

→ Guruh a'zolari (ta'lim beruvchi tomonidan belgilangan 2-3 talaba yozuv taxtasiga chiqadilar va boshqalar bilan maslahatlashib:

- aniq xato yoki qaytariluvchi g'oyalarni saralaydilar;
- tortishuvlarni aniqlaydilar;
- g'oyalarni tizimlashtirish mumkin bo'lgan belgilar bo'yicha aniqlaydilar;
- shu belgilar bo'yicha hamma g'oyalarni yozuv taxtasida guruhlaydilar (kartochka/ varaqlar).

Ta'lim beruvchi:

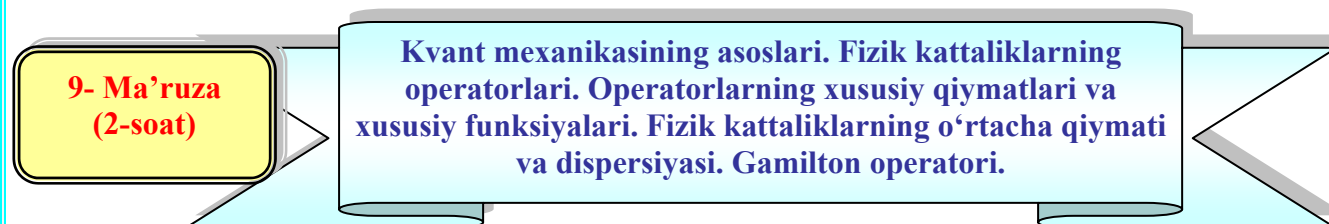
→Umumlashtiradi va ish natijalarini baholaydi.

Monitoring va baholash

O'tilgan mavzu bo'yicha og'zaki so'rov, tezkor savol-javob qarab 1-2 ballgacha baholanadi.

Mustaqil ish topshiriqlari.

1. Fizik kattaliklarning operatorlariga doir masalalar yechish.
2. Taqdimot slaydlari.



Reja:

1. Fizik kattaliklarning operatorlari.
2. Operatorlarning xususiy qiymatlari va xususiy funksiyalari.
3. Fizik kattaliklarning o'rtacha qiymati va dispersiyasi. Gamilton operatori.

Tayanch so'zlar va iboralar: Operator, chiziqli operator, operatorlar algebrasi, xususiy qiymat, ermit operatori, o'rtacha qiymat, dispersiya, Gamilton operatori, xususiy funksiya.

Chiziqli operatorlar. Nazariy fizikaning asosiy vazifalaridan biri aniqlangan qonuniyatlarni matematik ifodalarga keltirishdir. Buning uchun mos matematik apparatdan foydalanish lozim. Kvant mexanikasining tushunchalari, qonuniyatlari o'ziga xos bo'lganidek, uning matematik apparati ham

maxsusdir. Kvant mexanikasida operatorlar bilan ish ko'riladi. Zarracha holatini tavsiflovchi har bir fizik kattalik o'z operatoriga ega. Mumtoz fizikada biror qonuniyatni matematik tilda yozish uchun funksional bog'lanishdan foydalaniladi. Masalan, mutloq qora jismning yuza birligidan vaqt birligi ichida sochilgan nurlanish energiyasi haroratning funksiyasi tarzida yoki analitik ko'rinishda beriladi. Bu bog'lanish yordamida T ga qiymatlar berib unga mos son qiymatlari aniqlanadi. Demak, funksiya bir son qiymatni o'zaro bog'laydi.

Kvant mexanikasidagi operatorlar esa bir funksiya bilan ikkinchi funksiyani o'zaro bog'laydi. Operatorlarning ustida " \hat{A} " belgisi bo'lgan harflar bilan ifodalash qabul qilingan. Shunday qilib, operator deb φ funksiyadan funksiyaga ψ o'tish qoidasiga aytiladi:

$$\psi = \hat{K}\varphi \quad (1)$$

\hat{K} -operator; u turli xil matematik operatorlar : ko'paytirish, differensiallash, darajaga ko'tarish, o'rin almashtirish va hokazo bo'lishi mumkin. (1) ko'rinishdagi bog'lanish K operatori bilan funksiya ta'sir etsak, funksiya hosil bo'ladi, deb o'qilishi kerak.

Kvant mexanikasida chiziqli operatorlar bilan ish ko'riladi, chunki shunday operatorlar bilan zarracha holatini aniqlovchi funksiyaga ta'sir etish tufayli kvant mexanikasining asosiy qoidalaridan biri bo'lgan superpozitsiya tamoyili buzilmaydi. Quyidagi

$$\hat{K}(C_1\varphi_1 + C_2\varphi_2) = C_1\hat{K}\varphi_1 + C_2\hat{K}\varphi_2 \quad (2)$$

shartni qanoatlantiruvchi K operatorga chiziqli operator deyiladi. Bu yerda φ_1 va φ_2 lar ixtiyoriy funksiyalar, C_1 va C_2 - ixtiyoriy o'zgarmas kattaliklar.

1. Operatorlar algebrasi. Chiziqli operatorlar ustida ayrim amallarni ko'raylik. Agar ixtiyoriy funksiya uchun quyidagi tenglik

$$\hat{K}\varphi = \hat{L}\varphi + \hat{G}\varphi = (L + G)\varphi \quad (3)$$

o'rinli bo'lsa, u holda K operatorni L va G operatorlarining yig'indisi deyiladi, ya'ni

$$\hat{K} = \hat{L} + \hat{G} \quad (4)$$

Agarda ixtiyoriy φ funksiya uchun quyidagi tengsizlik

$$\hat{K}\varphi = \hat{L}\varphi - \hat{G}\varphi = (\hat{L} - \hat{G})\varphi \quad (5)$$

bajarilsa, u holda \hat{K} operatorini \hat{L} va \hat{G} operatorning ayirmasi deyiladi.

$$\hat{K} = \hat{L} - \hat{G} \quad (6)$$

Quyidagi

$$\hat{K} = \hat{G} \cdot \hat{L} \quad (7)$$

ko'rinishda operatorlarning ko'paytmasini ham aniqlash mumkin. Ko'paytma operatorlar bilan funksiyasi ikki xil ta'sir etish mumkin (7) shaklda avval \hat{G} - operatori bilan funksiya ta'sir etib, so'ngra chiqqan natijaga L operatori bilan ta'sir etamiz:

$$\hat{K}\varphi = \hat{L}(\hat{G}\varphi) \quad (8)$$

$$\hat{K}'\varphi = \hat{G}(\hat{L}\varphi) \quad (9)$$

Umuman olganda $\hat{K} = \hat{K}'$, ammo ba'zan har ikkala holda aniqlangan natija o'zaro teng bo'lishi ham mumkin. Bu holda \hat{L} va \hat{G} operatorlarini o'zaro kommutatsiyalanuvchi operatorlar deyiladi. Misol uchun $\hat{L} = 5$, bo'lsin, U holda

$$\hat{L}(\hat{G}\varphi) = 5\left(\frac{d^2\varphi}{dx^2}\right) = 5\frac{d^2\varphi}{dx^2} \quad \text{va} \quad \hat{G}(\hat{L}\varphi) = \frac{d^2\varphi}{dx^2}(5\varphi) = 5\frac{d^2\varphi}{dx^2}$$

Demak, bunday misollarda

$$\hat{L}(\hat{G}\varphi) = \hat{G}(\hat{L}\varphi) \quad (10)$$

Agarda (7) ko'paytma operator bilan ixtiyoriy funksiya ta'sir etishimiz tufayli hosil bo'lgan natija, \hat{L} va \hat{G} operatorlarning ta'sir etish tartibiga bog'liq bo'lsa, bu operatorni o'zaro kommutatsiyalanmaydigan operatorlar deyiladi. Masalan, $\hat{L} = x^3$, $\hat{G} = \frac{d^2}{dx^2}$ bo'lsin

U holda

$$\hat{L}(\hat{G}\varphi) = \frac{d^2}{dx^2}(x^3\varphi) = \frac{d}{dx}\left(3x^2\varphi + x^3\frac{d\varphi}{dx}\right) = 6x\varphi + 6x^2\frac{d\varphi}{dx} + x^3\frac{d^2\varphi}{dx^2}$$

Demak,

$$\hat{L}(\hat{G}\varphi) \neq \hat{G}(\hat{L}\varphi)$$

Quyidagi

$$[\hat{L}, \hat{G}] = \hat{L}\hat{G} - \hat{G}\hat{L} \quad (11)$$

operatorga \hat{L} va \hat{G} operatorlarining kommutatori deyiladi, Agar

$$\hat{L}\hat{G} = -\hat{G}\hat{L} \quad (12)$$

shart bajarilsa, \hat{L} va \hat{G} operatorlarining antikommutatsiyalashuvchi operatorlar deb nomlanadi.

Operatorning xususiy qiymati. \hat{G} operatori bilan uzluksiz, chekli va bir qiymatli bo'lgan funksiyasiga ta'sir etganimizda yana shu funksiyaning o'zi biror doimiy songa ko'paytirilgan holda bo'lishi mumkin:

$$\hat{G}\varphi = g\varphi \quad (13)$$

Bu holda g kattalikni \hat{G} operatorning xususiy qiymati, funktsiyasi esa \hat{G} operatorning g xususiy qiymatiga mos kelgan xususiy funktsiyasi deyiladi. Masalan, $\hat{G} = \frac{d^2}{dx^2}$, $\varphi = \sin 5x$ bo'lsin.

U holda

$$\hat{G}\varphi = \frac{d^2}{dx^2}\sin 5x = -25\sin 5x = -25\varphi.$$

demak, $g = -25$. Odatda \hat{G} operatorning xususiy qiymatini ham operator (\wedge) belgisiz o'sha harf bilan belgilash qabul qilingan. \hat{G} operatorning xususiy qiymati ko'p bo'lishi mumkin. Ularning barchasini \hat{G} operatorning xususiy qiymatlar spektri deyiladi. Muayyan masalalar shartiga bog'liq ravishda xususiy qiymatlar spektri diskret, uzluksiz yoki aralash qiymatlar to'plamidan iborat bo'ladi. Agar operatorning bitta xususiy qiymatiga bir nechta xususiy funksiya ($\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_\nu$) to'g'ri kelsa, u holda turlanish (aynash) mavjud deyiladi. Turli xil xususiy funktsiyalar sonini (ν) turlanish darajasi deyiladi. Kvant mexanikasida saqlanuvchi fizik kattalikning xususiy funktsiyalari to'plami tizimning to'la holatini ifodalaydi. Shuning uchun har qanday funktsiyani xususiy funktsiyalar to'liq to'plami bo'yicha qatorga yoyib yozish mumkin: $\psi = \sum_\nu C_\nu \psi_\nu$. Bu erda C_ν - doimiy son, ψ_ν - xususiy funktsiyalar.

Yuqorida qayd etilgandek, har bir fizik kattalik o'zining operatoriga ega. Zarrachaning holat funksiyasi bu operatorning xususiy funktsiyasi bo'ladi. Zarracha parametrini o'lchashda bu operator xususiy qiymatlaridan biri aniqlanadi. Uning ehtimolligi $|C_\nu|^2$ ga tengdir.

Ermit operatorlari. Kvant mexanikasida zarracha tavsifistikasi bo'ladigan har bir fizik kattalikka ma'lum operator mos keladi. Superpozitsiya prinsipi buzilmasligi uchun operator chiziqli bo'lishi kerak. Chiziqli operator fizik kattalikning haqiqiy qiymatini ifodalashi uchun

$$\int \psi^* \hat{G} \varphi dV = \int \varphi \hat{G}^* \psi^* dV \quad (14)$$

shartni qanoatlantirish kerak. Bunday operatorlarni ermit, o'z-o'ziga qo'shma operatorlar deyiladi. Bu yerda va ixtiyoriy funksiya bo'lib, integral o'zgaruvchilarning barcha o'zgarish sohasi bo'yicha olinadi. Ermit operatorlari quyidagi xususiyatlarga ega:

a) Ermit operatorning xususiy qiymati haqiqiy sonidir, ya'ni

$$G^* = G \quad (15)$$

Operatorning xususiy qiymati va xususiy funktsiyasi. Ta'rifga ko'ra ermit operatorlari uchun

$$\hat{G}^* \psi = G \psi \quad (16)$$

va

$$\hat{G}^* \psi = G^* \psi \quad (17)$$

larni yozish mumkin. Bu yerda (5.15) shartga muvofiq (G va G^* xususiy qiymatlar bo'lganligi uchun integral ishorasi tashqarisiga chiqariladi) agar deb olsak,

$$G \int \Psi^* \Psi dV = G^* \int \Psi dV \quad (18)$$

kelib chiqadi;

b) ermit operatorlarining turli xususiy qiymatlariga mos kelgan xususiy funksiyalari o'zaro ortogonaldirlar. Agar ikkita funksiya va lar skalyar ko'paytmasining barcha bir-biriga bog'liq bo'lmagan o'zgaruvchilar bo'yicha integrali nolga teng bo'lsa, ular o'zaro ortogonal bo'ladi.

Faraz qilaylik, G ermit operatorining G_v va G_r xususiy qiymatlariga mos kelgan xususiy funksiyalari mos holda va bo'lsin. U holda bu ikki funksiyaning ortogonallik sharti quyidagicha yoziladi:

$$\int \varphi_v^* \varphi_k dV = 0, v \neq k \quad (19)$$

Buni isbotlash uchun (5.1) shartdan foydalanamiz. v va r xususiy qiymatlar uchun uni quyidagicha yozish mumkin

$$\int \varphi_v^* \varphi_k dV = 0$$

Bu yerda

$$(G_k - G_v) \int \varphi_v^* \varphi_k dV = 0$$

yoki (15)ni hisobga olsak,

$$(G_k - G_v) \int \varphi_v^* \varphi_k dV = 0 \quad (20)$$

Shartga ko'ra $G_k \neq G_v$ bo'lganligi sababli (20) tenglik o'rinli bo'lishi uchun quyidagi shart bajarilishi kerak:

$$\int \varphi_v^* \varphi_k dV = 0 \quad (21)$$

Bu φ_v va φ_k funksiyalarning ortogonallik shartidir. Tizim holatini ifodalovchi funksiyalari normallashtirilgan bo'lishi shartligi bizga ma'lum funksiyalar uchun aniqlangan bu har ikkala shartni umumlashtirib quyidagicha yozish mumkin

$$\int \varphi_v^* \varphi_k dV = \delta_{vk} = \begin{cases} 1, v = k, \\ 0, v \neq k \end{cases} \quad (22)$$

Bu xususiy funksiyalarning ortnormallanganlik sharti deyiladi.

Operatorlarning o'rtacha qiymati. Yuqorida qayd etganimizdek, kvant mexanikasida har bir fizik kattalik o'z operatoriga ega. O'z navbatida har bir operator xususiy qiymatlar spektriga ega. O'lchash jarayonida bu xususiy qiymatlarning u yoki bu qiymat va har o'lchashda esa turli qiymatlari qayd qilinadi. Shuning uchun zarracha holatini aniqlovchi operatorning o'rtacha qiymati tushunchasi kiritiladi. Ehtimolliklar nazariyasidan ma'lumki, tasodifiy kattaliklarning o'rtacha qiymati

$$\langle a \rangle = \frac{a_1 v_1 + a_2 v_2 + \dots + a_k v_k}{N} \quad (23)$$

formula bilan aniqlanadi. Bu erda $a_1 - a$ kattalikning N marta o'lchashda v_1 marta qayd etiladigan qiymati va xokazo. O'lchashlar soni kichik bo'lganda (23) formula bilan aniqlanuvchi o'rtacha qiymat turlicha bo'lishi mumkin. Agar o'lchashlar soni $N \rightarrow \infty$, u holda $\langle a \rangle$ o'rtacha qiymat aniq bir

chegaraviy qiymat a_0 ga intiladi, $\frac{v_1}{N}, \frac{v_2}{N}, \dots$ lar esa mos holda a_1, a_2 va hakazo qiymatlarning qayd qilinishi ehtimolligi bo'ladi:

$$a_0 = \lim_{N \rightarrow \infty} \langle a \rangle = a_1 \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{v_1}{N} + a_2 \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{v_2}{N} + \dots + a_n \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{v_n}{N} = a_1 \omega_1 + a_2 \omega_2 + \dots + a_n \omega_n = \sum_{i=1}^n a_i \omega_i \quad (24)$$

Demak, tasodifiy kattalikning o'rtacha qiymati tasodifiy qiymatlar bilan ularning qayd qilinish ehtimolliklari ko'paytmasining yig'indisiga teng ekan. Agarda tasodifiy qiymatlar uzluksiz o'zgarsa, uning o'rtacha qiymatini integral orqali

$$\langle a \rangle = \int_{-\infty}^{+\infty} a f(x) dx \quad (25)$$

ifodalash mumkin. Bu yerda $f(x)$ taqsimot funksiyasidir. Bu aniqlangan natijani operatorlar uchun umumlashtirsak, ixtiyoriy G fizik kattalikning o'rtacha qiymati:

$$\langle \hat{G} \rangle = \int_{-\infty}^{+\infty} \psi^* \hat{G} \psi dV \quad (26)$$

Bu kvant mexanikasida turli masalalarni yechishda ko'p uchraydigan asosiy formulalardan biridir. U funksiya ma'lum bo'lsa har qanday fizik kattalik operatorini o'rtacha qiymatini aniqlashga imkon beradi.

Fizik kattaliklarning operatorlari. Zarrachani xarakterlovchi barcha fizik kattalikning operatorlari albatta o'ziga qo'shma, chiziqli (ermit) operatori ko'rinishida bo'lishi kerak. Bunday operatorlarning ayrimlari bilan tanishaylik. Fizik (dinamik) kattalik operatorini aniqlashning umumiy qoidasi quyidagicha: ixtiyoriy fizik kattalik G operatori \hat{G} shunday ko'rinishga ega bo'lishi kerakki, u bilan zarrachaning holat funksiyasi ψ ga ta'sir etganimizda G fizik kattalik \hat{G} operatorining xususiy qiymati, funksiya esa uning xususiy funksiyasi bo'lsin, ya'ni

$$\hat{G}\psi = G\psi \quad (27)$$

Bu erda ψ funksiya sifatida zarrachaning muayyan holatini fizik kattalik bilan bir qatorda aniqlaydigan holat funksiyasi tushuniladi.

Koordinatalar va vaqt operatorlari. ψ funksiyasi quyidagi koordinatalar x, y, z, t ning funksiyasidir. Bu o'zgaruvchilarning operatorlari o'zlarining son qiymatlariga teng bo'ladigan holni ko'raylik. Shuning uchun bu operatorlar bilan biror ψ funksiyaga ta'sir etish, ψ funksiyasini shu son qiymatiga ko'paytirishga teng kuchlidir:

$$\hat{x}\Psi = x\Psi, \hat{y}\Psi = y\Psi, \hat{z}\Psi = z\Psi, \hat{t}\Psi = t\Psi. \quad (28)$$

Potensial energiya operatori. Potensial energiya U faqat koordinatalarning funksiyasi bo'lganligi sababli potensial energiya operatori ham uning qiymatiga teng bo'ladi:

$$\hat{U}\Psi = U\Psi \quad (29)$$

Energiya operatori. Ta'rif (5.29)ga ko'ra energiya operatori

$$\hat{E}\Psi = E\Psi \quad (30)$$

shartni qanoatlantirishi kerak. Ψ zarrachaning energiyasi E energiya operatori \hat{E} ning xususiy funksiyasi bo'lishi kerak. Bu operatorning ko'rinishini aniqlash uchun ψ funksiyasi sifatida de-Broyl to'liq funksiyasini

$$\Psi(t) = \Psi^0 e^{-\frac{i}{\hbar}Et} \quad (31)$$

olamiz. Bu erda $\Psi^0 = \Psi_0 e^{-\frac{i}{\hbar}P_x x}$ to'liq funksiyaning vaqtga bog'liq bo'lmagan qismi (30) va (31) larni solishtirishdan ko'rinadiki,

$$\hat{E} = -\frac{\hbar}{i} \frac{\partial}{\partial t} = i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \quad (32)$$

Demak, energiya operatori vaqt bo'yicha birinchi tartibli hosila olish operatsiyasini bildiradi.

Impuls operatori. Ma'lumki, zarracha impulsi operatorini tashkil etuvchilari orqali quyidagicha yozish mumkin:

$$\hat{P} = \hat{a}_1 \hat{P}_x + \hat{a}_2 \hat{P}_y + \hat{a}_3 \hat{P}_z \quad (33)$$

$\vec{a}_1, \vec{a}_2, \vec{a}_3$ – Dekart koordinatalar tizimining birlik vektorlari. \hat{P}_x - ko'rinishini aniqlaylik. Buning uchun de-Broyl to'liqini

$$\Psi(x, t) = \Psi_0 e^{-\frac{i}{\hbar}(Et - P_x x)} = \Psi'_0 e^{\frac{i}{\hbar}P_x x} \quad (34)$$

$$\hat{P}_x \psi = P_x \psi \quad (35)$$

dan foydalanamiz. Bu yerda koordinataga bog'liq bo'lmagan kattalik. (30) shartga ko'ra

$$\hat{P}_x = \frac{\hbar}{i} \frac{\partial}{\partial x} \quad (36)$$

bo'lishi kerak. (35) va (36)larni solishtirishdan ko'rinadiki, (9) shart bajarilishi uchun R operatorining ko'rinishi

$$\hat{P}_y = \frac{\hbar}{i} \frac{\partial}{\partial y}, \hat{P}_z = \frac{\hbar}{i} \frac{\partial}{\partial z} \quad (37)$$

bo'lishi kerak. Xuddi shu yo'l bilan impuls operatorining qolgan tashkil etuvchilarini aniqlash mumkin:

Bularni (7) ga qo'ysak

$$\hat{\vec{P}} = \frac{\hbar}{i} (\vec{a}_1 \frac{\partial}{\partial x} + \vec{a}_2 \frac{\partial}{\partial y} + \vec{a}_3 \frac{\partial}{\partial z}) = \frac{\hbar}{i} \vec{\nabla} \quad (538)$$

kelib chiqadi. Bu yerda

$$\vec{\nabla} = \vec{a}_1 \frac{\partial}{\partial x} + \vec{a}_2 \frac{\partial}{\partial y} + \vec{a}_3 \frac{\partial}{\partial z} \quad (39)$$

- gradient (nabla) operatori.

Ayrim funksiyalarning operatorlari (kinetik energiya, Gamilton funksiyasi, impuls momenti va h.k) uni tashkil etgan kattaliklar operatorlari orqali ifodalanishi mumkin. Bunda natijaviy operator albatta ermit operatori bo'lishini talab qilish kerak.

Kinetik energiya operatori. Zarrachaning kinetik energiyasi T ni uning impulsi orqali ifodalash mumkin:

$$T = \frac{\vec{P}^2}{2m_0} \quad (40)$$

Bu yerga (12) ni qo'ysak, kinetik energiya operatori

$$T = \frac{\vec{P}^2}{2m_0} = -\frac{\hbar^2}{2m_0} \vec{\nabla}^2 \quad (41)$$

ko'rinishda yoziladi. Demak, kinetik energiya operatori Laplas operatori ($\vec{\nabla}^2 = \Delta$) orqali ifodalanar ekan.

Gamilton operatori. Ma'lumki, statsionar holatlar uchun Gamilton funksiyasi kinetik T va potensial U energiyalar yig'indisidan iborat.

$$\hat{H} = \hat{T} + \hat{U} \quad (42)$$

Bu yerga kinetik va potensial energiya operatorlarini qo'ysak, Gamilton operatori quyidagicha ifodalanadi:

$$\hat{H} = -\frac{\hbar^2}{2m_0} \vec{\nabla}^2 + U(x, y, z).$$

Impuls momenti operatori. Mikroob'yekt ko'p hollarda (masalan, atom molekulada) potensial maydonni hosil qiluvchi biror markaz atrofida harakat qiladi. Bunday harakatni tavsiflash uchun qo'shimcha ravishda impuls momenti kattaligi kiritiladi. U harakat integrali bo'lishi mumkin. Mumtoz fizikada impuls momenti \vec{M} zarracha impulsi \vec{p} bilan radius vektor \vec{r} ning vektorial ko'paytmisidan iborat:

$$\vec{M} = [\vec{r} \times \vec{p}] \quad (43)$$

Bu ifodani operator ko'rinishida yozsak:

$$\begin{aligned} M_x &= yp_z - zp_y, \\ M_y &= zp_x - xp_z, \\ M_z &= xp_y - yp_x, \end{aligned} \quad (44)$$

$$\hat{M} = [\vec{r} \times \hat{p}] \quad (45)$$

bo'ladi. Bu erda \vec{r} - radius vektor (sanoq boshidan zarragacha bo'lgan masofa) operatori o'ziga tengligini hisobga oldik. Impuls momenti operatorining koordinata o'qlariga proyeksiyasi (19) dan (18)ga o'xshash quyidagicha bo'ladi.

$$\left. \begin{aligned} \hat{M}_x &= \frac{\hbar}{i} \left(y \frac{\partial}{\partial z} - z \frac{\partial}{\partial y} \right) \\ \hat{M}_y &= \frac{\hbar}{i} \left(z \frac{\partial}{\partial x} - x \frac{\partial}{\partial z} \right) \\ \hat{M}_z &= \frac{\hbar}{i} \left(x \frac{\partial}{\partial y} - y \frac{\partial}{\partial x} \right) \end{aligned} \right\} \quad (46)$$

Amaliy masalalarni xal qilishda (\hat{M}^2) impuls momenti kvadratining operatori ham ko'p qo'llaniladi. Uni aniqlaylik. Mumtoz fizikadan ma'lumki,

$$\hat{M}^2 = \hat{M}_x^2 + \hat{M}_y^2 + \hat{M}_z^2 \quad (47)$$

Bu yerga (43) ni qo'ysak,

$$\hat{M}^2 = -\hbar^2 \left\{ \left(y \frac{\partial}{\partial z} - z \frac{\partial}{\partial y} \right)^2 + \left(z \frac{\partial}{\partial x} + x \frac{\partial}{\partial z} \right)^2 + \left(x \frac{\partial}{\partial y} - y \frac{\partial}{\partial x} \right)^2 \right\} \quad (48)$$

kelib chiqadi. Yuqoridagilardan foydalanib isbotlash mumkinki,

$$\left. \begin{aligned} \hat{M}_x \hat{M}_y - \hat{M}_y \hat{M}_x &= i\hbar \hat{M}_z \\ \hat{M}_y \hat{M}_z - \hat{M}_z \hat{M}_y &= i\hbar \hat{M}_x \\ \hat{M}_z \hat{M}_x - \hat{M}_x \hat{M}_z &= i\hbar \hat{M}_y \end{aligned} \right\} \quad (49)$$

Gamilton operatorini (39) ko'rinishda ifodalash zarrachaga ta'sir etayotgan kuch vaqt o'tishi bilan o'zgarmaganda to'g'ridir. Bunday holda $U(x, y, z)$ zarrachaning potensial energiyasi bo'lib, Gamiltonian zarrachaning to'la energiyasiga teng bo'ladi. Agarda zarracha harakatlanayotgan sohada potensial maydondan tashqari elektromagnit maydon ham bo'lsa, unga ta'sir etayotgan kuch koordinata va vaqtga bog'liq bo'ladi. Bunday holda U funksiya x, y, z , va t ga bog'liq bo'lib, $U(x, y, z, t)$ zarrachaning potensial energiyasi bo'la olmaydi. $U(x, y, z, t)$ ni bu holda kuch maydoni deyiladi. Shuning uchun bu holda Gamilton operatori

$$\hat{H} = \hat{T} + U(x, y, z, t)$$

zarrachaning to'la energiyasiga teng bo'lmaydi. Yuqoridagi murakkab maydon uchun Gamilton operatorini quyidagicha yozish mumkin:

$$\hat{H} = \frac{1}{2m_0} \left(\hat{p} - \frac{e}{c} \hat{A} \right)^2 + e\Phi + U \quad (50)$$

Bu erda $\vec{P} = -i\hbar \vec{\nabla}$, Φ - elektromagnit maydonning skalyar potentsiali, \hat{A} - maydonning vektor potentsiali, U - kuch maydon funksiyasi, Φ va \vec{A} kattaliklar elektromagnit maydon kuchlanganliklari bilan quyidagiga bog'liq:

$$\begin{aligned} \vec{E} &= -\vec{\nabla}\Phi - \frac{1}{c} \frac{\partial \vec{A}}{\partial t}, \\ B &= \text{rot } \vec{A} \end{aligned}$$

Bu erda \vec{E} - elektr maydon, V - magnit maydon kuchlanganlik vektorlari

Sferik koordinata tizimida impuls momenti operatori. Zarrachaning markaziy simmetrik potensial maydondagi harakati odatda sferik koordinatalr tizimida yechiladi. Shuning uchun \hat{M} operatorini sferik koordinata tizimida ifodalaylik. Buning uchun dekart va sferik koordinatalar tizimlari o'zgaruvchilari o'rtasidagi quyidagi munosabatlardan foydalanamiz

$$\begin{aligned} x &= r \sin \theta \cos \varphi, y = r \sin \theta \sin \varphi, \\ z &= r \cos \theta, r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \end{aligned} \quad (51)$$

Bularni (46) va (48) larga qo'ysak, quyidagi natija kelib chiqadi:

$$\begin{aligned}
\hat{M}_x &= i\hbar \left(\sin \varphi \frac{\partial}{\partial \vartheta} + \operatorname{ctg} \theta \cos \varphi \frac{\partial}{\partial \varphi} \right), \\
\hat{M}_y &= -i\hbar \left(\cos \varphi \frac{\partial}{\partial \vartheta} - \operatorname{ctg} \theta \sin \varphi \frac{\partial}{\partial \varphi} \right), \\
\hat{M}_z &= -i\hbar \frac{\partial}{\partial \varphi}, \\
\hat{M}^2 &= \hat{M}_x^2 + \hat{M}_y^2 + \hat{M}_z^2 = -\hbar^2 \nabla_{\theta, \varphi}^2
\end{aligned} \tag{52}$$

Bu yerda

$$\nabla_{\theta, \varphi}^2 = \frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\sin \theta \frac{\partial}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{\sin^2 \theta} \frac{\partial^2}{\partial \varphi^2} \tag{53}$$

Mavzu bo'yicha nazorat savollari:

1. Operatorga ta'rif bering.
2. Chiziqli operatorlar haqida nimani bilasiz?
3. Operatorlar kommutatori nima?
4. Operatorning o'rtacha qiymatini bilasizmi?
5. O'ziga qo'shma operatorlar va ularning xususiyatlari haqida nimani bilasiz?
6. Operatorning o'rtacha qiymatini bilasizmi?
7. Energiya operatoriga tavsif bering.
8. Impuls operatori nima?
9. Gamilton operatori deyilganda nimani tushunasiz?
10. Quyidagi munosabatlarning fizikaviy tahlilini keltiring

$$\hat{E} = -\frac{\hbar}{i} \frac{\partial}{\partial t} = i\hbar \frac{\partial}{\partial t}, \quad \hat{P} = \hat{a}_1 \hat{P}_x + \hat{a}_2 \hat{P}_y + \hat{a}_3 \hat{P}_z$$

11. Quyidagi munosabatlarning fizikaviy tahlilini keltiring

$$\psi(x, t) = \psi_0 e^{-\frac{i}{\hbar}(Et - P_x x)} = \psi_0 e^{i P_x x}$$

12. Quyidagi munosabatlarning fizikaviy tahlilini keltiring

$$\hat{P}_x \psi = P_x \psi, \quad \hat{P}_x = \frac{\hbar}{i} \frac{\partial}{\partial x}, \quad \hat{P}_y = \frac{\hbar}{i} \frac{\partial}{\partial y}, \quad \hat{P}_z = \frac{\hbar}{i} \frac{\partial}{\partial z}, \quad \hat{P} = \frac{\hbar}{i} \left(\vec{a}_1 \frac{\partial}{\partial x} + \vec{a}_2 \frac{\partial}{\partial y} + \vec{a}_3 \frac{\partial}{\partial z} \right) = \frac{\hbar}{i} \vec{\nabla}$$

13. Quyidagi munosabatlarning fizikaviy tahlilini keltiring

$$\vec{\nabla} = \vec{a}_1 \frac{\partial}{\partial x} + \vec{a}_2 \frac{\partial}{\partial y} + \vec{a}_3 \frac{\partial}{\partial z}$$

Asosiy adabiyotlar:

1. Bloxintsev D.I. Osnovi kvantovoy mexaniki. M.: Nauka, 1983.
2. Davqodov A.S. Kvantovaya mexanika. M.: Nauka, 1973.
3. Landau L.D., Lifshits E.M. Kvantovaya mexanika. Nerelyativistskaya teoriya. M.: Nauka, 1974.
4. Dirak P.A. Tamoyili kvantovoy mexaniki. M.: MIR, 1969.
5. Levich V.G. Kurs teoreticheskoy fiziki. T.2. M.: Nauka, 1972.
6. Landau L.D., Lifshits E.M. Nazariy fizika qisqa kursi. T.2. Kvant mexanikasi. M.: Nauka, 1974.
7. Sokolov A.A., Ternov N.M., Jukovskiy V.I. Kvantovaya mexanika. M.: Nauka, 1979.
8. G.X. Xoshimov, R.YA. Rasulov. Kvant mexanikasi asoslari. Toshkent.: O'qituvchi, 1995. – 374 bet
9. E. Fermi. Kvantovaya mexanika. M.: Mir, 1965. 368 str. Enrico FERMI. NOTES ON QUANTUM MECHANICS The University of Chicag' Press.

Darsning xronologik xaritasi: 80 minut

1. Darsni tashkil qilish. 2 minut.
2. Davomatni tekshirish. 2 minut.
3. Atom fizikasi fanidan o'tiladigan mavzular ishchi dasturi bilan qisqacha tanishtirish. 4 minut.
4. Atom fizikasi fanining oldingi o'rganilgan umumiy fizika kurslaridan farqi va umumiylik tomonlarini bayon qilish. 5 minut.
5. Atom fizikasi kursini o'rganishda foydalaniladigan adabiyotlar, ma'ruza matnlari bulardan foydalanish usullari. (Ma'ruza matnda har bir mavzular uchun reja, tayanch so'zlar, adabiyotlarga ko'rgazmalar, nazorat savollar keltirilganligini alohida ta'kidlash). 5 minut.
6. Yangi mavzuni bayon qilish. Atom fizikasining yaratilishi va rivojlanish bosqichlari. Atomning tarkibi, atomning asosiy xususiyatlarini bayon etish, atom fizikasi fani yutuqlarining qo'llanishi va yechimi muhim bo'lgan muammolarini bayon qilish. 55 minut.
7. O'tilgan mavzu bo'yicha savol-javoblar. 7 minut.

O'quv mashg'ulotida ta'lim texnologiyasi modeli

10- Mavzu: Kvant mexanikasining asoslari. Mikrozarxalarning erkin harakati. To'g'ri burchakli potensial chuqurlik. Garmonik ossillyator. Zarrachalarning potensial to'siqdan o'tishi. Tunnel effekti. Yadrolarning alfa parchalanishi

<i>Vaqt: 80 min.</i>	<i>Talabalar soni: 52 ta</i>
<i>O'quv mashg'ulotining shakli</i>	Ma'lumotli kirish - ma'ruza
<i>O'quv mashg'ulotining tuzilishi</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. O'quv kursi va mashg'ulot mavzusiga kirish 2. Bilimlarni faollashtirish - aqliy hujum 3. Ma'ruza matnini tarqatish 4. Asosiy atamalarni aniqlash-pinbord
<i>O'quv mashg'ulot maqsadi: O'quv fani to'g'risida umumiy tasavvurlarni berish</i>	
<i>Pedagogik vazifalar:</i> - Mikrozarxalarning erkin harakati. - To'g'ri burchakli potensial chuqurlik. - Garmonik ossillyator. - Zarrachalarning potensial to'siqdan o'tishi. - Tunnel effekti. Yadrolarning alfa parchalanishi. - Yadrolarning alfa parchalanishi.	<i>O'quv faoliyat natijalari:</i> <ol style="list-style-type: none"> 1. Mikrozarxalarning erkin harakati haqida tushuncha berish 2. To'g'ri burchakli potensial chuqurlik. 3. Garmonik ossillyator haqida. 4. Zarrachalarning potensial to'siqdan o'tishi. 5. Tunnel effekti. Yadrolarning alfa parchalanishi. 6. Yadrolarning alfa parchalanishi.
<i>Ta'lim usullari</i>	Ma'ruza minbari
<i>Ta'limni tashkillashtirish shakli</i>	Jamoaviy
<i>Ta'lim vositalari</i>	Ma'ruza matni, kompyuter
<i>Ta'lim berish sharoiti</i>	Texnik vositalar bilan jihozlangan xona
<i>Monitoring va baholash</i>	Tezkor - so'rov.

Ma'lumotli kirish - ma'ruzasining texnologik xaritasi

Ish bosqich-lari va vaqti	Faoliyat mazmuni	
	ta'lim beruvchi	ta'lim oluvchilar
1-bosqich. O'quv mashg'ulotiga kirish (20 daq.)	<p>1.1 Mavzuning nomi, maqsad va kutilayotgan natijalarni yetkazadi. Taqdimot bo'yicha ekranga fanning tuzilmaviy-mantiqiy chizmasini chiqaradi, mavzularning o'zaro aloqasini yoritadi, ularga qisqa tavsif beradi, fan miqyosida bajariladigan uslubiy va tashkiliy ishlar xususiyatlarini tushuntiradi.</p> <p>Reyting-nazorat tizimi, joriy, oraliq, va yakuniy nazoratni baholash mezonlari</p> <p>(№ 1.1 ilova) bilan tanishtiradi.</p> <p>Mavzu bo'yicha asosiy tushunchalarni; mustaqil ishlash uchun adabiyotlar ro'yxatini aytadi.</p> <p>1.2. Birinchi o'quv mashg'ulot mavzusi, maqsad va o'quv faoliyat natijalarini aytadi.</p> <p>1.3. Mavzuni mustahkamlash uchun savollarni beradi (3-ilova)</p>	<p>Tinglaydilar</p> <p>Tinglaydilar</p> <p>Yozib oladilar.</p>
2-bosqich. Asosiy (50 daq.)	<p>2.1. Mavzu bo'yicha ma'ruza matnini tarqatadi va uning rejasi, asosiy tushunchalar bilan tanishishni taklif qiladi.</p> <p>2.3. Berilgan savollar asosida javoblar berilib umumiy xulosalar chiqariladi.</p> <p>2.4 Talabalar bilan birga fanga taaluqli bo'lmagan va qaytariluvchi ma'lumotlarni ochib tashlaydi, muhim asosiy tushunchalarni (Pinbord) kiritadi.</p>	<p>Tinglaydilar.</p> <p>Tinglaydilar, yozib oladilar.</p>
3-bosqich. Yakuniy (10 daq.)	<p>3.1. Mavzu bo'yicha yakun yasaydi, qilingan ishlarning kelgusida kasbiy faoliyatidagi ahamiyatiga talabalar e'tiborini qaratadi.</p> <p>3.2 O'tilgan darsni mustahkamlash uchun foydanilgan adabiyotlar ro'yxati keltiriladi.</p> <p>3.3. Mustaqil ish uchun topshiriq beradi va uning baholash mezonlari bilan tanishtiradi.</p>	<p>O'z-o'zini, o'zaro baho-lashni o'tkazadilar.</p> <p>Topshiriqni yozadilar</p>

BAHOLASH MEZONLARI

№	Nazorat turi	Ball	Nazorat ishi	Uy ishi	Mustaqil ish	Darsda faolligi	Amaliy ish	Laboratoriya
1	JN-1	11	2	2	2	1	2	2
2	JN-2	12	3	2	2	1	2	2
3	JN-3	12	3	2	2	2	2	2
3	ON-1	17	13	2	1	1	-	-
4	ON-2	18	14	2	1	1	-	-
5	YN	30	30					

86-100% “a’lo”
 71-85% “yaxshi”
 55-70% “qoniqarli”
 0-54% “qoniqarsiz”

Ilova 1.2

Talabalar bilimini faollashtirish uchun tezkor savollar

1. Shredinger tenglamasini erkin zarra uchun tadbiq etilganda qanday natija olinadi?
2. Cheksiz chuqur potensial o'radagi zarrachaning energiyasi qanday o'zgaradi?
3. Tunnel effektini tushuntirib bering.
4. Shredinger tenglamasini chiziqli harmonik ossillyatorga tadbiqini tushuntirib bering.
5. Kvant ossillyatorini mexanikadagi ossillyatordan nima farqi bor?

Ilova 1.3

Aqliy hujum qoidasi:

Hech qanday birga baholash va tanqidga yo'l qo'yilmaydi!
 Taklif etilayotgan g'oyani baholashga shoshma, agarda u hattoki ajoyib va g'aroyib bo'lsa ham hamma narsa mumkin.
 Tanqid qilma, hamma aytilgan g'oyalar qimmatli teng kuchlidir.
 O'rta chiquvchini bo'lma!
 Turtki berishdan o'zingni ushla!
 Maqsad miqdor hisoblanadi!
 Qancha ko'p g'oyalar aytilsa, undan ham yaxshi: yangi va qimmatli g'oyalarni paydo bo'lishi uchun ko'p imkoniyatdir.
 Agarda g'oyalar qaytarilsa, xafa bo'lma va hijolat chekma.
 Tasavvuringni “jo'sh urishiga” ruxsat ber!
 Agarda g'oyalar qaytarilsa, xafa bo'lma va hijolat chekma.
 Tasavvuringni “jo'sh urishiga” ruxsat ber!

Ilova 1.4

Pinbord (inglizchadan: *pin*- mahkamlash, *board* – yozuv taxtasi) munozara usullari yoki o'quv suhbatini amaliy usul bilan moslashdan iborat.

Ta'lim beruvchi:

→ Taklif etilgan muammoni yechishga o'z nuqtai nazarini bayon qiladi.

→ Ommaviy to'g'ri aqliy hujumni tashkillashtiradi.

Ta'lim oluvchilar quyidagi g'oyalarni:

→ Taklif etadilar, muhokama qiladilar, baholaydilar eng ko'p maqbul (samarali va boshqa g'oyalarni tanlaydilar va ularni qog'oz varag'iga asosiy so'zlar ko'rinishida (2 so'zdan ko'p bo'lmagan) yozadilar va yozuv taxtasiga biriktiradilar.

→ Guruh a'zolari (ta'lim beruvchi tomonidan belgilangan 2-3 talaba yozuv taxtasiga chiqadilar va boshqalar bilan maslahatlashib:

- aniq xato yoki qaytariluvchi g'oyalarni saralaydilar;
- tortishuvlarni aniqlaydilar;
- g'oyalarni tizimlashtirish mumkin bo'lgan belgilar bo'yicha aniqlaydilar;
- shu belgilar bo'yicha hamma g'oyalarni yozuv taxtasida guruhlaydilar (kartochka/ varaqlar).

Ta'lim beruvchi:

→Umumlashtiradi va ish natijalarini baholaydi.

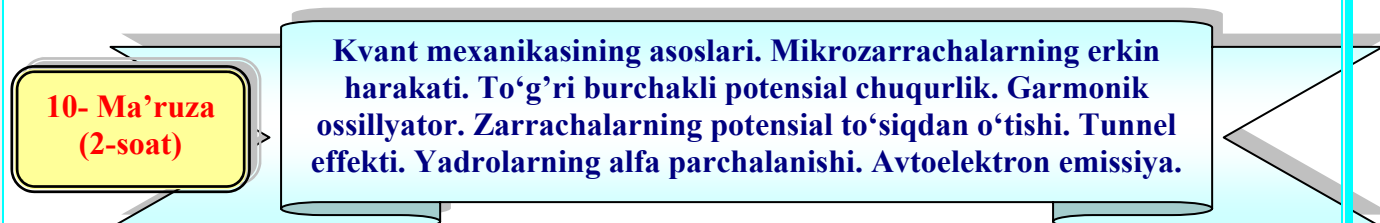
Monitoring va baholash

O'tilgan mavzu bo'yicha og'zaki so'rov, tezkor savol-javob qarab 1-2 ballgacha baholanadi.

Ilova 1.5

Mustaqil ish topshiriqlari.

1. Zarralarning erkin harakati. Mikrozarralarning potensial to'siqdan o'tishi va qaytishi.
2. Taqdimot slaydlari.



Reja:

1. Mikrozarrahalarining erkin harakati.
2. To'g'ri burchakli potensial chuqurlik.
3. Garmonik ossillyator.
4. Zarrachalarning potensial to'siqdan o'tishi.
5. Tunnel effekti. Yadrolarning alfa parchalanishi.
6. Yadrolarning alfa parchalanishi.

Tayanch so'zlar va iboralar: Shredinger tenglamasini cheksiz chuqur potensial o'radagi va potensial to'siq yaqinidagi zarrachalariga tadbiqlari, chegaraviy shartlar, zarracha impulsi va energiyasining kvantlanishi, o'radagi zarracha uchun Shredinger tenglamasi va uning yechimi, grafigi, energetik sathlari, tunnel effekt, garmonik ossillyator va uning energiyasi, shaffoflik koeffitsiyenti, energiya uchun noaniqliklar munosabati, energetik sathlar, absolyut nol temperatura va minimal energiya.

Zarrachaning erkin harakati. Yuqorida qayd etilganidek, kvant mexanikasining vazifasi to'liq va korpuskulyar xususiyatga ega bo'lgan zarrachalarning harakatini o'rganish, uning berilgan vaqt momentida fazoning dV hajm elementida bo'lish ehtimolligini aniqlashdan iborat. Buning uchun masalaning mohiyatiga qarab, Shredinger statsionar

$$\hat{H}\psi = E\psi \quad (1)$$

yoki to'la

$$\hat{H}\Psi - i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} \quad (2)$$

tenglamasini yechish zarur. Natijada energiyaning turli xususiy qiymatlari $(E_1, E_2, \dots, E_n, \dots)$ va ularga mos kelgan xususiy funktsiyalar $\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_n, \dots$ aniqlanadi. (1) va (2) tenglamalarning yechimi chegaraviy shartlardan tashqari zarracha harakat qilayotgan soha potensial maydonining tabiatiga (elektr magnit, elektromagnit) va o'zgarish shakliga bog'liq. Maydon parametrlari Gamilton operatori

$$\hat{H} = \left(\frac{\hat{p}^2}{2m_0} \right) + U(x, y, z) \quad (3)$$

orqali beriladi.

Tashqi magnit maydon bo'lmaganda (3) ifodadagi zarracha impulsini uning operatori bilan bevosita almashtirish mumkin:

$$\hat{p} = -i\hbar \nabla$$

U holda Gamilton operatorining ko'rinishi quyidagicha bo'ladi:

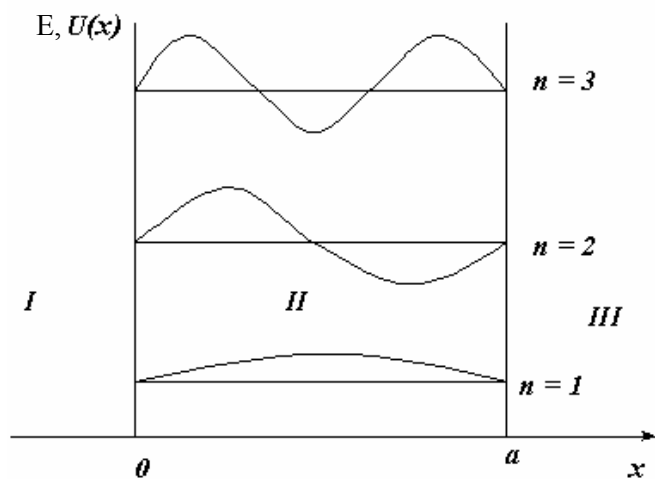
$$\hat{H} = -\frac{\hbar^2}{2m_0} \nabla^2 + U(x, y, z) \quad (4)$$

Maydon tabiatiga qarab hal etiladigan masalalar ham turlicha bo'ladi. Bu bobda zarrachaning bir o'lchovli fazodagi harakati o'ziga xos tabiatli ayrim masalalariga to'xtalamiz. Zarurat bo'lganda bir o'lchovli fazodagi harakat natijalarini uch o'lchovli fazodagi harakat uchun umumlashtirish mumkin.

Ilgari aytilganidek, kvant mexanikasining vazifasi to'liq va korpuskulyar xususiyatga ega bo'lgan zarrachalarning harakatini o'rganish, uning berilgan vaqt momentida fazoning dV hajm elementida bo'lish ehtimolligini aniqlashdan iborat. Buning uchun masalaning mohiyatiga qarab, Shredinger statsionar yoki to'la tenglamasini yozish shartdir. Maydon tabiatiga qarab hal etiladigan masalalar ham turlicha bo'ladi.

Potensial maydon vaqt o'tishi va koordinata o'zgarishi bilan zarracha harakatiga ta'sir etmaydi. Shuning uchun bunday maydonda zarracha erkin harakat qiladi. Maydon parametrlari vaqt o'tishi o'zgarish bo'lganligi sababli zarracha harakatini o'rganish uchun Shredingerning statsionar tenglamasini yechamiz.

Faraz qilaylik, potensial to'siq bir o'lchovli fazoda harakatlanayotgan zarracha uchun har ikki tomondan bo'lsa, zarracha devorlari cheksiz baland bo'lgan o'rada deb hisoblanadi, devorlardan zarralar o'ta olmaydi.



1- rasm.

1-rasm. Potensial o'ra ichida harakatlanayotgan zarraning ma'lum energiya mos kelgan to'lqin funksiyasi

$$\hat{H} = -\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2}{dx^2} + U(x) \quad (5)$$

$$U(x) = \begin{cases} 0, & \text{agar } 0 < x < a \\ \infty, & \text{agar } x < 0 \text{ yoki } x > a \end{cases} \quad (6)$$

$$\left. \begin{aligned} \Psi(0) &= 0 \\ \Psi(a) &= 0 \end{aligned} \right\} \quad \text{- chegaraviy shartlar} \quad (7)$$

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2 \Psi}{dx^2} = E \Psi \quad \frac{d^2 \Psi}{dx^2} + \frac{2\mu}{\hbar^2} E \Psi = 0$$

$$\Psi''(x) + k^2 \Psi = 0 \quad (4)$$

u holda, $k^2 = \frac{2\mu E}{\hbar^2}$ energiya to'lqin vektori $E = \frac{\hbar^2 k^2}{2m}$ bilangina ifodalanadi.

(4) tenglamaning yechimini quyidagi formula qanoatlantiradi:

$$\Psi(x) = A \sin kx + B \cos kx$$

chegaraviy sharti $\Psi(0) = 0, \boxed{B = 0},$

$$\Psi(x) = A \sin kx \quad \text{u holda} \quad \Psi(a) = A \sin ka = 0$$

$$ka = n\pi \quad n \in \mathbb{Z} \quad k = \frac{n\pi}{a}$$

$$\boxed{E_n = \frac{\hbar^2 n^2 \pi^2}{2ma^2}} \quad \text{- (8)}$$

energiya kvant soni n ga bog'liq bo'lib, diskret qiymatlarni oladi.

Shunisi muhimki, mikrozarraning energiyasi potensial chuqurlik enining kichrayishi bilan ortib boradi.

$$\boxed{\Psi(x) = A \sin \frac{n\pi}{a} x} \quad \text{- to'lqin funksiya} \quad (9)$$

A ni qiymatini aniqlaymiz.

$$\int_0^a |\Psi(x)|^2 dx = 1 \quad A^2 \int_0^a \sin^2 \frac{n\pi}{a} x dx = 1$$

$$\frac{1}{2} A^2 \int_0^a \left(1 - \cos \frac{2\pi n}{a} x \right) dx = \frac{A^2}{2} a - \frac{A^2}{2} \frac{a}{2\pi n} \sin \frac{2\pi n}{a} x \Big|_0^a$$

$$\frac{A^2}{2} a = 1, \text{ bundan } A = \sqrt{\frac{2}{a}}$$

$$\Psi(x) = \sqrt{\frac{2}{a}} \sin \frac{\pi n}{a} x \text{ - to'liqin funksiya (10)}$$

Aniqlangan natijalarni tasavvur qilish uchun energiya va to'liqin funksiyasining n-ning n- 1, 2, 3, 4,... qiymatlariga mos kelgan xususiy qiymatlarini yozamiz:

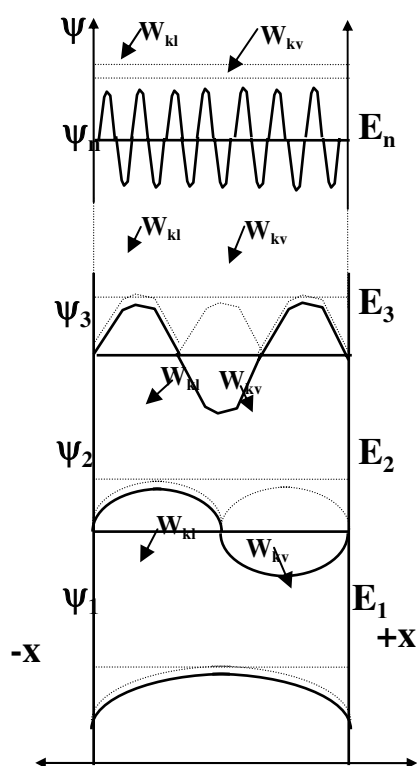
$$E_n = \frac{\hbar^2 n^2 \pi^2}{2ma^2}, \quad E_1 = \frac{\hbar^2 \pi^2}{2ma^2}, \quad E_2 = 4E_1, \quad E_3 = 9E_1, \quad E_n = 16E_1$$

$$\psi_1 = \sqrt{\frac{2}{d}} \sin \frac{\pi x}{d}, \quad \psi_2 = \sqrt{\frac{2}{d}} \sin \frac{2\pi x}{d}, \quad \psi_3 = \sqrt{\frac{2}{d}} \sin \frac{3\pi}{d} x,$$

$$\psi_4 = \sqrt{\frac{2}{d}} \sin \frac{4\pi}{d} x$$

Keltirilgan (2-rasm) grafiklardan ko'rinadiki, n=1, bo'lganda zarrachaning potensial chuqurlik ichida bo'lish ehtimolligi uning markazida eng katta bo'ladi. Kvant soni n ortishi bilan zarracha energiyasi ortib boradi.

Uning potensial chuqurlik ichida topilish ehtimolligi qismlarga bo'linib, chuqurlikning gorizont tekislik bo'yicha hamma sohalarida bir xil bo'lishga intiladi n-ning juda katta qiymatlarida kvant zarrachaning potensial chuqurlik ichida topilish ehtimolligi klassik zarrachaning topilish ehtimolligiga yaqinlashib boradi. Boshqacha aytganda kvant zarrachasining energiyasi ortishi bilan uning xususiyati klassik zarra xususiyatiga yaqinlashib boradi.



2- rasm.

To'g'ri to'rtburchak shaklidagi potensial chuqurlikda harakatlanayotgan zarracha to'liqin funksiyalari va ehtimolligi.

Zarrachaning potensial to'siqdan qaytishi. Koordinata o'qi X ning musbat yo'nalishi bo'yicha erkin harakat qilayotgan zarracha o'z yo'lida $x=0$ nuqtada "balandligi" O' ga teng bo'lgan potensial to'siqqa duch kelsin (2-rasm). To'siqning eni cheksiz deylik. Zarracha harakat qilayotgan sohani ikkiga ajratamiz: 1.Sohada ikki hol bo'lishi mumkin: a) mumtoz mexanikada; b) kvant mexanikasida.

a) $E > U_0$ - ya'ni zarracha energiyasi potensial to'siq balandligidan katta. Ravshanki, I sohada E energiya bilan harakat qilayotgan zarracha II sohaga bemalol o'tadi va u yerda E-O' energiya o'z harakatini davom ettiradi;

b) $E < U_0$ - zarracha energiyasi potensial to'siq balandligidan kichik bo'lsin. Mumtoz fizika nuqtai nazaridan bunday zarracha ikki soha chegarasi $x=0$ ga joylashgan potensial to'siqdan qaytadi, ammo I sohadan II sohaga o'ta olmaydi. chunki bu holda uning impulsi $p = \sqrt{2m_0(E - U_0)}$ mavhum bo'ladi. Kvant mexanikasi nuqtai nazaridan qanday bo'ladi? Bu savolga javob berish uchun zarrachaning $0 \leq x \leq \infty$ sohada topilishi ehtimolligini ($|\Psi|^2$) hisoblash kerak. Agar $|\Psi|^2$ potensial to'siqning ikkinchi tomonida ham nolga teng bo'lmasa, demak, zarracha potensial to'siq sohasiga ham o'tadi. $x=0$ nuqtaga joylashgan potensial to'siqqa kelayotgan zarracha uchun

$$\psi_1(x) = A_1 e^{ik_1 x} + B_1 e^{-ik_1 x} \quad (11)$$

ni yozish mumkin. Ikkinchi $0 \leq x \leq +\infty$ sohada cheksizlikdan qaytgan to'liqinni e'tiborga olmaymiz ($V=0$). U holda ikkinchi soha uchun to'liqin funksiyasi

$$\psi_2 = A_2 e^{ik_2 x} \quad (12)$$

ko'rinishda tanlanadi. Shu sababli $|\psi_2(x)|^2$ har ikkala sohada noldan farqli ekani aniq. Bu esa zarrachaning (potensial to'siq bo'lishidan qat'i nazar) II sohada ham topilish ehtimolligi nol emasligini bildiradi. Bu hol o'z navbatida potensial to'siq mavjud sohalarida ham zarrachaning bo'lish (o'tish) mumkinligini ko'rsatadi.

Agar potensial maydon ta'siri e'tiborga olmaydigan darajada kichik qiymatli bo'lsa uning harakatini o'rganish uchun

$$\left[-\frac{\hbar^2}{2m} \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) \right] \psi = E \psi \quad (13)$$

statsionar Shryodinger tenglamasini yechish talab etiladi. Masalani soddalashtirish maqsadida bir o'qli, masalan Ox o'qi bo'ylab zarrachaning harakatini tekshiraylik. Bunda (1)ni

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + k^2 \psi = 0 \quad (14)$$

ko'rinishda qayd etib, uning echimini

$$\psi(x) = A e^{ikx} + B e^{-ikx} \quad (15)$$

kabi izlaymiz. Bunda $k = \sqrt{2mE/\hbar^2}$. Shryodinger tenglamasining bu hol uchun yechimini to'la anglash maqsadida uni nostatsionar ko'rinishini qayd qilamiz:

$$\Psi(x, t) = \psi(x) \cdot e^{-i\omega t} = A e^{-i(\omega t - kx)} + B e^{-i(\omega t + kx)} \quad (16)$$

Bu tenglikning o'ng tarafidagi birinchi had X o'qining musbat qiymatli yo'nalishida tarqaluvchi, ikkinchi had esa X o'qining manfiy qiymatli yo'nalishida tarqalishini anglatadi, ya'ni harakatini ifodalovchi (16) munosabat bir o'q bo'ylab qarama-qarshi (ikki) tomonga tarqaluvchi yassi to'liqlar to'plamidan iborat ekani kelib chiqadi. U holda erkin zarrachaning energiyasi

$$E = \frac{\hbar^2 k^2}{2m} = \frac{2\pi^2 \hbar^2}{m \lambda^2} = \frac{mv^2}{2}$$

munosabat yordamida aniqlanadi. Demak, uning energiyasi impulsi(tezligi)ga nisbatan diskret (uzlukli) emas, balki uzluklidir. Bundan erkin harakatlanayotgan zarracha kvant mexanika qonuniyatiga emas, balki mumtoz fizika qonuniyatiga bo'ysunadi.

Bunda Xning musbat qiymatli yo'nalishida harakatlanayotgan zarrachalar $x=0$ nuqtada balandligi U_0 bo'lgan potensial to'siqqa duch kelsin (3.1-rasm). Bunday potensial to'siqni

$$U_0 = \begin{cases} 0, -\infty \leq x \leq 0 \\ U_0, 0 \leq x \leq +\infty \end{cases} \quad (17)$$

ko‘rinishda qayd qilamiz. Zarrachaning harakatini ikki: $-\infty \leq x \leq 0$ (1-soha) va $0 \leq x \leq +\infty$ (2-soha) sohaga ajratamiz. Bunda uch hol: a) $E > U_0$, ya’ni zarrachaning energiyasi potensial to‘siq balandligidan katta. Bunda tabiiyki, zarracha $E - U_0$ energiyaga ega bo‘lgan holda erkin harakatlana oladi; b) $E = U_0$ zarrachaning energiyasi potensial to‘siq balandligiga teng. Bu hol murakkab bo‘lib, alohida qarashni talab etadi. Shu sababli uni keyinga qoldirib ketamiz; v) $E < U_0$ zarrachaning energiyasi potensial to‘siq balandligidan kichik. Mumtoz fizika qonuniyatiga ko‘ra zarracha potensial to‘siqdan qaytishi, 1- sohadan 2-sohaga o‘tmasligi kerak. Aksincha, zarrachaning impulsi $p = \sqrt{2m(E - U_0)}$ munosabatga asosan mavhum bo‘lib qoladi. Kvant mexanikasi qonunlariga asosan esa zarrachaning 2-sohada topilishi ehtimolligi ($|\psi|^2$) ni hisoblash talab etiladi. $E > U_0$ $E < U_0$

$$U(x) = \begin{cases} 0, -\infty \leq x \leq 0 \text{ (1-soha);} \\ U_0, 0 \leq x \leq a \text{ (2-soha);} \\ 0, a \leq x \leq +\infty \text{ (3-soha).} \end{cases} \quad (18)$$

Bu masalaga xos bo‘lgan

$$\frac{\partial^2 \psi_n}{\partial x^2} + k_n^2 \psi_n = 0; (n = 1, 2, 3) \quad (19)$$

Shryodinger tenglamasining yechimini

$$\psi_n = A_n e^{ik_n x} + B_n e^{-ik_n x} \quad (20)$$

ko‘rinishda tanlasak, $n = 3$ holda x ning urniga $x - a$ kattalik olinadi. Bunda:

$$k_n = \sqrt{2m(E_n - \hbar^2)} \quad E_1 = E, \quad E_2 = -E + U_0, \quad k_3 = k_1, \quad A_n, B_n$$

koeffitsientlarni aniqlash uchun

$$\psi_1(0) = \psi_2(0), \quad \left. \frac{\partial \psi_1}{\partial x} \right|_{x=0} = \left. \frac{\partial \psi_2}{\partial x} \right|_{x=0}, \quad \psi_2(a) = \psi_3(a), \quad \left. \frac{\partial \psi_2}{\partial x} \right|_{x=a} = \left. \frac{\partial \psi_3}{\partial x} \right|_{x=a}$$

ko‘rinshdagi chegaraviy shartlardan foydalanamiz.

I. Avvalgi masalada zarracha o‘z yo‘lida uchragan potensial to‘siqdan $E < U_0$ bo‘lganda qaytishini ko‘rdik. Kvant fizikasi qonunlariga bo‘ysunuvchi zarracha mumtoz zarrachadan farqli ravishda ikkinchi (to‘siq) sohasiga qisman o‘tib, so‘ngra yana birinchi sohaga qaytadi. U yerdan ko‘rinadiki, agarda potensial to‘siq eni chekli bo‘lsa, ma’lum miqdordagi zarrachalar undan o‘tib ketishi mumkin. Bunday hodisaga tunnel samarasi deyiladi. Bu masala bilan batafsil tanishaylik. Masalan ionlashtirish maqsadida potensial to‘siqni ideallashtirib to‘g‘ri to‘rtburchak shaklda deb olamiz (12.1-rasm). Aniqlangan natijani ixtiyoriy shakldagi potensial to‘siq uchun ham umumlashtirish mumkin. X o‘qining musbat yo‘nalishda harakat qilayotgan E energiyali zarracha eni d , balandligi U_0 bo‘lgan potensial to‘siqqa duch kelsin.

$E > U_0$ bo‘lganda zarracha potensial to‘siqdan o‘ta o‘tadi. $E < U_0$ bo‘lganda zarrachaning potensial to‘siqdan o‘tish ehtimolligini aniqlaylik. Buning uchun zarracha harakat qiladigan sohani maydon potensialining o‘zgarishiga qarab uchga bo‘lamiz:

$$U(x) = \begin{cases} 0, -\infty \leq x \leq 0 & (I \text{ soha}) \\ U_0, 0 \leq x \leq d & (II \text{ soha}) \\ 0, d \leq x \leq +\infty & (III \text{ soha}) \end{cases}$$

a) Birinchi (I) sohada $-\infty \leq x \leq 0$ maydon potentsiali ($U=0$) nolga teng. Shuning uchun Shryodingerning statsionar tenglamasi (VI.1) ni quyidagicha yozamiz:

$$\frac{d^2 \psi_1}{dx^2} + k_1^2 \psi_1 = 0 \quad (21)$$

Bu yerda

$$k_1^2 = \frac{2m_0 E}{\hbar^2} \quad (22)$$

(21) tenglamaning yechimi

$$\psi_1 = A_1 e^{ik_1 x} + B_1 e^{-ik_1 x} \quad (23)$$

ko'rinishda bo'ladi.

b) Ikkinchi (II) sohada $0 \leq x \leq d$ maydon potentsiali $U = U_0 = const$. Shuning uchun Shryodinger tenglamasini

$$\frac{d^2 \psi_1}{dx^2} + k_2 \psi_2 = 0 \quad (24)$$

ko'rinishda yozish mumkin. Bu yerda

$$k_2^2 = \frac{2m_0}{\hbar^2} (E - U) \quad (25)$$

(25) tenglamaning yechimini

$$\psi_2 = A_2 e^{-hk} + B_1 e^{hk} \quad (26)$$

ko'rinishda tanlaymiz $x = +ik_2$ g) uchinchi (III) sohada $0 \leq x \leq +\infty$ maydon potentsiali birinchi sohadagi kabi nolga teng. Shuning uchun $k_1 = k_3$, u holda uchinchi soha uchun Shryodinger tenglamasi

$$\frac{d^2 \psi}{dx^2} + k_1 \psi_1 = 0 \quad (27)$$

ko'rinishda bo'lib, uning yechimi

$$\psi_3 = A_3 e^{ik_1(x-d)} + B_1 e^{-ik_1(x-d)} \quad (28)$$

bo'ladi. $A_1, A_2, A_3, B_1, B_2, B_3$ koeffitsientlarni topish uchun soha chegaralarida funksiyasining o'zi va uning birinchi tartibli hosilalari uzluksiz deb hisoblaymiz:

$$\psi_1|_{x=0} = \psi_2|_{x=0}, \frac{d\psi_1}{dx}|_{x=0} = \frac{d\psi_2}{dx}|_{x=0} \quad (29)$$

$$\psi_2|_{x=d} = \psi_3|_{x=d}, \frac{d\psi_2}{dx}|_{x=d} = \frac{d\psi_3}{dx}|_{x=d} \quad (30)$$

Zarrachaning erkin harakatidan ma'lumki, $A_1 e^{ik_1 x}$ to'lqin X o'qining musbat yo'nalishida tarqaluvchi to'lqinni, ya'ni potensial to'siqqa tushayotgan to'lqinni ifodalasa, $B_1 e^{-ik_1 x}$ potensial to'siqdan I sohaga qaytgan to'lqinni ifodalaydi. Xuddi shuningdek, $A_2 e^{-Hx}$ had potensial to'siq ichida X ning musbat yo'nalishida tarqalayotgan to'lqinni ifodalasa. $B_2 e^{Hx}$ had ikkinchi va uchinchi sohalar chegarasidan qaytgan to'lqinni ifodalaydi. Uchinchi sohaning yechimidagi $A_3 e^{ik_1(x-d)}$ had potensial to'siqdan natijaviy o'tgan to'lqinni ifodalaydi. $B_3 e^{-ik_1(x-d)}$ had esa cheksizlikdan qaytgan to'lqinni ifodalaydi. Oxirgini hisobga olmaslik mumkin. Shuning uchun $B_3 = 0$ deymiz. U holda to'siqqa tushayotgan to'lqin intensivligini birlik sifatida qabul qilib ($A_1 = 1$) to'rtta (B_1, A_2, A_3, B_2) koeffitsientni aniqlash uchun (29) va (30)larga asosan to'rtta algebraik tenglamaga ega bo'lamiz. Potensial to'siqning tiniqligi

$$D = |j_{ym} / j_{myu}| \quad (31)$$

tushunchasini kiritamiz. Demak, potensial to'siqdan o'tgan zarrachalar oqimi zichligi (j_{ym}) ning to'siqqa tushayotgan zarrachalar oqimi zichligi (j_{myu}) ga nisbatining absolyut qiymati potensial to'siqning zarrachalar uchun tiniqligi bo'ladi. Zarrachalarning to'lqin funksiyasi ma'lum bo'lsa, ularning oqim zichligi quyidagi ifoda bilan aniqlanar edi:

$$j = \frac{i\hbar e}{2m_0} \left(\frac{\partial \psi}{\partial x} \psi^* - \psi \frac{\partial \psi^*}{\partial x} \right) \quad (32)$$

Bu ifodaga potensial to'siqqa tushayotgan ($A_1 e^{-ik_1 x}$) ni va undan o'tgan to'liqin ($A_3 e^{ik_1(x-d)}$) funksiyalarini qo'yib, mos holda $j_{myu} = \frac{e\hbar}{m_0} k_1 |A_1|^2$ va $j_{ym} = \frac{e\hbar}{m_0} k_1 |A_3|^2$ oqimlar zichliklarini hisoblaymiz. Natijada potensial to'siqning tiniqligi (shaffofligi)

$$D = \frac{|A_3|^2}{|A_1|^2} = |A_3|^2 \quad (33)$$

bo'ladi. (29) va (30) tenglamalar tizimini yechib

$$A = \frac{2}{\left[2ch\hbar h + i \left(\frac{\hbar}{k} - \frac{k}{\hbar} \right) sh\hbar h \right]} \quad (34)$$

natijani topamiz. $\hbar d \gg 1$ shartda (33) va (34) dan to'g'ri burchakli potensial to'siqning tiniqligi

$$D = D_0 e^{-\frac{2d}{\hbar} \sqrt{2m_0(U_0 - E)}} \quad (35)$$

bo'lishini aniqlash qiyin emas. Bu yerda $D_0 = \frac{16n^2}{(1+n^2)^2} \approx 1$, $n = \frac{k_1}{i} = \sqrt{\frac{E}{U_0 - E}}$. Demak, potensial

to'siqning zarracha uchun tiniqligi uning eni d ga, potensial to'siqning balandligi U_0 ga va to'siqqa tushayotgan zarrachaning energiyasi E ga bog'liq bo'lar ekan. To'siq eni ortsa uning tiniqligi eksponensial ravishda kamayadi va $d \rightarrow \infty$ bo'lganda $D \rightarrow 0$. Potensial to'siqning balandligi ortsa ham D kamayadi, ammo E ortsa D ham ortadi, ya'ni energiyasi katta zarrachalar uchun to'siqning tiniqligi ortiqdir. Potensial to'siqdan tunnel samarasi (energiyasini o'zgartirmasdan) o'tish tufayli o'tgan zarracha III sohada potensial to'siqqa tushayotgandagi (I sohada) energiyasiga teng energiya E bilan tarqaladi. (35) ifodada quyidagi

$$\frac{2d}{\hbar} \sqrt{2m_0(U_0 - E)} \rightarrow \frac{2}{\hbar} \int_{x_1}^{x_2} \sqrt{2m_0[U(x) - E]} dx \quad (36)$$

almashtirish qilsak,

$$D = D_0 e^{-\frac{2}{\hbar} \int_{x_1}^{x_2} \sqrt{2m_0[U(x) - E]} dx} \quad (37)$$

kelib chiqadi. Bu ixtiyoriy shakldagi potensial to'siqning tiniqligidir (12.2-rasm) x_1 va x_2 potensial to'siq chegaralaridir.

Shunday qilib, zarrachalar to'liqin xususiyatga ega bo'lganliklari sababli ularning energiyasi potensial to'siq balandligidan kichik bo'lsa ham to'siqdan o'ta olishi mumkin. Agarda zarracha to'liqin xususiyatiga ega bo'lmasa, ya'ni uning harakati mumtoz fizika qonunlariga binoan aniqlansa, bunday

zarrachalar $E - U_0$ bo'lganda potensial to'siqdan mutlaqo o'ta olmaydi, chunki $E - U_0 = \frac{p^2}{2m_0}$ ifodaga

binoan zarracha impulsi $E - U_0$ bo'lganda mavhum bo'ladi. Bu esa ma'noga ega emas. Haqiqatda, tajribada tunnel samaralari ko'p kuzatiladi: radioaktiv hodisalardagi yadroning α - yemirilishi, tunnel diodlarining ishlashi, elektronlarning metalldagi sovuq emissiyasi va boshqa hodisalarni tunnel mexanizmiga asosan tushuntira olish mumkin. Bu samaralar yana bir bor mikrozarrachalarning to'liqin va korpuskulyar xususiyatini birgalikda e'tiborga oluvchi mexanikasi tamoyillarining to'g'riligini isbotlaydi.

Zarrachaning potentsial chuqurlik ichidagi harakati. Erkin harakatlanayotgan mikrozarracha potentsial to'siqdan qanday qaytishini o'rgandik. Potentsial to'siq ($E < O$) bir o'dchovli fazoda harakat qilayotgan zarracha uchun har ikki tomondan bo'lsa (14.1-rasm), uning harakati va energiyasida qanday uzgarishlar bo'lishi bilan tanishaylik. Bunday holda zarracha potentsial chuqurlik ichida harakatlanadi deb tushuniladi. Amalda har qanday o'tkazgich ichidagi erkin elektronlarni birinchi yaqinlashishda potentsial chuqurlik ichida deb qabul qilish mumkin. chunki metall bilan bushliq o'rtasida potentsial sakrash bo'lib, u metall ichidagi erkin elektron uchun potentsial to'siq vazifasini o'taydi. Potentsial to'siqning balandligi O zarracha energiyasi E bo'lsin.

$\chi_{mn} = \chi_0 \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\eta^2} H_m(\eta) \eta H_n(\eta) d\eta, \quad \chi_0 = \sqrt{\frac{\hbar}{m_0 \omega_0}}$ bo'lganda zarracha erkin harakat qilib, energiyasi

uzluksiz bo'ladigan hol uchun Shryodinger tenglamasini yechaylik. Har galgidek zarracha harakat kilayotgan sohani uchtaga bo'lamiz va ularning har birida maydon potentsiali uzgarmas deb olamiz:

$$\begin{aligned} 1 \text{ soha,} & \quad -\infty \leq x \leq 0 & U(x) = U_0 = \text{const} \\ 2 \text{ soha,} & \quad 0 \leq x \leq d & U(x) = 0 \\ 3 \text{ soha,} & \quad d < x < +\infty & U(x) = U_0 = \text{const} \end{aligned} \quad (38)$$

Sohalar chegarasida (0,d) potentsial energiyani saqlab o'zgaradi deb qabul qildik. Bu masalani ideallashtirish hisoblanadi. Amalda sohalar chegarasida potentsial energiya juda kichik intervalda 0 dan O' gacha o'zgaradi. Bu sohada zarracha harakatini hisobga olish uchun x intervalda $U = f(x)$ bog'lanishni bilish zarur. Bu bog'lanish ayrim xususiy hollar uchungina ma'lum. Qo'yilgan masalani yechish asosan metodik jihatdan ahamiyatli bo'lganligi sababli $\Delta x \rightarrow 0$ deb olamiz. Shuning uchun U potentsial maydon energiyasi sohalar chegarasida 0 dan O' ga sakrab o'zgaradi.

Har uchala soha uchun Shryodinger tenglamasining yechimlarini yozamiz:

1 sohada

$$\frac{d^2 \psi_1}{dx^2} + k_1^2 \psi_1 = 0; \quad \psi_1 = A_1 e^{ik_1 x} + B_1 e^{-ik_1 x}; \quad k_1 = \sqrt{\frac{zm_0}{\hbar^2} (E - U)} \quad (39)$$

2 sohada

$$\frac{d^2 \psi_2}{dx^2} + k_2^2 \psi_2 = 0; \quad \psi_2 = A_2 e^{ik_2 x} + B_2 e^{-ik_2 x}; \quad k_2 = \sqrt{\frac{zm_0}{\hbar^2} E} \quad (40)$$

3 sohada

$$\frac{d^2 \psi_3}{dx^2} + k_3^2 \psi_3 = 0; \quad \psi_3 = A_3 e^{ik_3 (x-d)} + B_3 e^{-ik_3 (x-d)}; \quad k_3 = \sqrt{\frac{zm_0}{\hbar^2} (E_0 - U_0)} \quad (41)$$

Bu yerdan ko'rinadiki, birinchi va uchinchi sohada

$$k_1 = k_3 = i\chi; \quad \chi = \sqrt{\frac{zm_0}{\hbar^2} (E - U_0)} \quad (42)$$

Buni e'tiborga olsak, birinchi va uchinchi soha uchun yechimlar mos holda quyidagicha yoziladi:

$$\psi_1 = A_1 e^{-\chi x} + B_1 e^{\chi x} \quad (43)$$

$$\psi_3 = A_3 e^{-\chi(x-d)} + B_3 e^{\chi(x-d)} \quad (44)$$

(43) va (44) dan ko'rinadiki 1- va 3- sohalarida yechim X ga bog'liq holda eksponensial ravishda ortib boruvchi va eksponensial ravishda kamayib boruvchi hadlardan iborat. Shryodinger tenglamasining yechimga qo'yilgan shartga binoan yechim chekli bo'lishi kerak. Bu shartni qanoatlantirish uchun ψ_1 yechimda $x < 0, B_1 = 0$, ψ_2 yechimda esa $B_3 = 0$ deb olamiz. Ya'ni yechimlarning ortib boruvchi hadlarini tashlab yuboramiz. U holda (43) va (44) yechimlarini quyidagicha yozish mumkin:

$$\psi_1 = A_1 e^{-\chi|x|} \quad (45)$$

$$\psi_3 = A_3 e^{-\chi(x-d)} \quad (46)$$

Shuningdek, $e^{\pm ikx} = \cos kx \pm i \sin kx$ ni hisobga olsak, 2- sohadagi yechim tebranma tabiatli

$$\psi_2 = A_2 \sin k_2 x + B_2 \cos k_2 x \quad (47)$$

ko'rinishga ega bo'ladi. Sohalar chegarasida funksiyaning o'zi va uning birinchi tartibli differensialini uzluksiz deymiz:

$$\psi_1|_{x=0} = \psi_2|_{x=0}, \quad \left. \frac{d\psi_1}{dx} \right|_{x=0} = \left. \frac{d\psi_2}{dx} \right|_{x=0} \quad (48)$$

$$\psi_2|_{x=d} = \psi_3|_{x=d}, \quad \left. \frac{d\psi_2}{dx} \right|_{x=d} = \left. \frac{d\psi_3}{dx} \right|_{x=d} \quad (49)$$

Masalani soddalashtirish maqsadida $U_0 \rightarrow \infty$ deb faraz qilaylik, bu shartning fizik ma'nosi Shundan iboratki, zarracha potentsial chuqurlik ichida bo'lib, undan tashqariga chiqa olmaydi. Demak,

potensial chuqurlik tashqarisida ya'ni 1,3- sohalarda zarracha yo'q. Buning uchun potensial chuqurlik tashqarisida to'liqin funksiya nolga teng bo'lishi kerak ($\psi = 0$). U holda (48) va (49) chegaraviy shartlar o'rniga

$$\psi|_{x=0} = \psi(0) = 0 \quad (50)$$

$$\psi_d = \psi(d) = 0 \quad (51)$$

larga ega bo'lamiz. (47) yechimni (50)ga qo'ysak, noma'lum ko'effitsiyent $V=0$ kelib chiqadi. Demak, potensial chuqur ichida (47) yechimni

$$\psi_2 = A_2 \sin k_2 x \quad (52)$$

ko'rinishda yozish mumkin. Bu yechimga (51) chegaraviy shartni qo'llasak:

$$\psi_2(d) = A_2 \sin k_2 d \quad (53)$$

kelib chiqadi. (53) shart esa sinus argumentining quyidagi qiymatlarida o'rinli bo'ladi:

$$k_2 d = n\pi \quad (54)$$

o'rinli bo'ladi. Bu yerda $n=0,1,2,3,\dots$ qiymatlar olishi mumkin. (51) dan k_2 ni aniqlab (52) ga qo'ysak, potensial chuqurlik ichida harakatlanayotgan zarrachaning to'liqin funktsiyasi

$$\psi_2 = A_2 \sin n\pi \frac{x}{d} \quad (55)$$

bo'ladi. A ko'effitsient ψ_2 funksiyaning normallanganlik sharti

$$\int \psi_2 \psi_2^* dx = 1 \quad (56)$$

dan topiladi. (55) ni (56) ga qo'yib integralni hisoblab, $A_2 = \sqrt{\frac{2}{d}}$ ekanligiga ishonch hosil qilish mumkin. U holda cheksiz potensial chuqurlik ichida harakat qilayotgan zarracha to'liqin funktsiyasining tugal ko'rinishi

$$\psi = \sqrt{\frac{2}{d}} \sin \pi \frac{x}{d} \quad (57)$$

bo'ladi. Unga mos kelgan energiyaning qiymatini esa (54)ni (50)ga qo'yib aniqlaymiz:

$$E = \frac{\hbar^2 \pi^2 n^2}{2m_0 d} \quad (58)$$

Demak, mikrozarracha potensial chuqurlik ichida harakat qilganda uning energiyasi diskret qiymatlar (n ga bog'liq holda) olar ekan. Shunisi muhimki, mikrozarrachaning energiyasi potentsial chuqurlik eni kichrayishi bilan ortib boradi. Aniqlangan natijani tasavvur qilish uchun energiya va to'liqin funktsiyasining $n=1,2,3,4,\dots$

$$\psi_1 = \sqrt{\frac{2}{d}} \sin \frac{\pi x}{d}, \quad \psi_2 = \sqrt{\frac{2}{d}} \sin \frac{2\pi x}{d}, \quad \psi_3 = \sqrt{\frac{2}{d}} \sin \frac{3\pi x}{d}, \quad \psi_4 = \sqrt{\frac{2}{d}} \sin \frac{4\pi x}{d} \quad (59)$$

qiymatlariga mos kelgan xususiy qiymatlarini yozaylik

$$E_1 = \frac{\pi^2 \hbar^2}{2m_0 d}, \quad E_2 = 4E, \quad E_3 = 9E, \quad E_4 = 16E.$$

14.2-rasmda bu qiymatlar grafik ravishda tasvirlangan. $|\psi|^2$ mikrozarrachaning potensial chuqurlik ichida bo'lish ehtimolligini bildiradi. Grafiklardan ko'rinadiki, $n=11$ bo'lganda zarrachaning potensial chuqurlik ichida topilish ehtimolligi uning markazida eng katta bo'ladi. Agar bu zarracha mumtoz fizika konunlariga buysunuvchi bo'lsa, uning potensial chuqurlik ichida topilish ehtimolligi uning energiyasiga bog'liq bo'lmay, har doim chuqurlik tubining hamma sohasida bir xil bo'lar edi (gorizontal chiziq). Kvant soni n ortishi bilan zarracha energiyasi ortib boradi. Uning potensial chuqurlik ichida topilish ehtimolligi qismlarga bo'linib, chuqurlikning g'rizontal tekislik bo'yicha hamma sohasida bir xil bo'lishga intiladi. n ning juda katta qiymatlarida kvant zarrachaning potentsial chuqurlik ichida topilish ehtimolligi mumtoz zarrachaning topilish

ehtimoligiga yaqinlashib boradi. Boshqacha aytganda kvant zarrachasining energiyasi ortishi bilan uning xususiyati mumtoz zarracha xususiyatiga yaqinlashib boradi.

Chiziqli garmonik ossillyator. Muvozanat holati atrofida kvazi-elastik kuch ta'sirida tebranma harakat qiluvchi tizimga garmonik ossillyator deyiladi.

Garmonik ossillyator masalasi fizika fanining hamma qismida fundamental masalalardan biri sifatida o'rganiladi. Chunki ilgari qayd etganimizdek, muhit xususiyati (elektr, issiqlik o'tkazuvchanlik, issiqlik sig'imi, nurlanish va hokazo) uni tashkil etgan zarrachalar harakat turlariga uzviy bog'liq. Garmonik tebranma harakat esa oddiy (ilgarilanma, aylanma, tebranma) harakatlar ichida eng ko'p uchraydi. Bunday harakat mikroolam zarrachalarning barchasiga xos. Bundan tashqari, ko'p hollarda murakkab harakatlarni bir-biriga tik garmonik tebranma harakatlarga ajratib o'rganish qulaydir. Shuning uchun ham garmonik ossillyator masalasi nazariy fizika uchun bosh masaladir. Shu sababli bunday harakat fizika fani rivojlanishining barcha bosqichlarida o'rganib chiqilgan. U bilan batafsilroq tanishaylik. Dastlab ossillyator masalasining mumtoz va Bor nazariyasidagi natijalarini eslaylik.

Mumtoz fizikada chiziqli garmonik ossillyator masalasi quyidagi tenglamani

$$\ddot{x} + \omega_0^2 x = 0 \quad (60)$$

yechib o'rganiladi. Bunda ω_0 -garmonik ossillyatorning xususiy chastotasi (60) tenglamani yechib, siljishi $x(t)$ ni aniqlaymiz:

$$x = x_0 \sin \omega_0 t \quad (61)$$

x_0 - tebranish amplitudasi, ω_0 -tebranish chastotasi. Mumtoz ostilatorning tezligi (\dot{x}) va tezlanishi (\ddot{x}) (61) yechimni differensiallab topiladi. Ossillyatorning to'la energiyasi E esa quyidagiga teng:

$$E = \frac{m_0 \dot{x}^2}{2} \int_0^x \omega_0^2 m_0 x dx = \frac{m_0 \omega_0^2 x_0^2}{2} \quad (62)$$

Demak, mumtoz ossillyatorning to'la energiyasi chastota ω_0 va amplituda x_0 kvadratiga to'g'ri mutanosib bo'lib, ixtiyoriy uzluksiz qiymat olishi mumkin. Shuning uchun ham bu nazariya jismlarning issiqlikdan nurlanishini to'g'ri tushuntira olmaydi.

Ossillyator masalasi Bor nazariyasiga asoslanib ham yechilgan. Bundan ossillyator energiyasi diskret bo'lishi ko'rsatilgan. Energiyaning kvantlashish sharti quyidagicha:

$$\oint m_0 x dx = 2\pi\hbar n \quad (63)$$

Bu yerda $n=0,1,2,3,4,5, \dots$ kvant soni (63) tenglamani berk kontur bo'yicha yechish uchun x dan t o'zgaruvchiga o'tamiz. U holda integralning chegarasi 0 dan T gacha bo'ladi.

$$\dot{x} dx = \frac{dx}{dt} \cdot \frac{dx}{dt} dt = \left(\frac{dx}{dt} \right)^2 dt = x_0^2 \omega_0^2 \sin^2 \omega_0 t dt \quad (64)$$

Buni (63)ga qo'yib integralni hisoblasak va (62)ni e'tiborga olsak,

$$E = n\hbar\omega_0 \quad (65)$$

kelib chiqadi. Demak, Bor nazariyasi nuqtai nazaridan ossillyator energiyasi kvantlashgan bo'ladi, diskret qiymatlar bo'ladi. Ossillyator tomonidan elektromagnit to'lqinlari nurlatilishi kvantlashgan bo'lishi kerakligini M. Plank taklif etib, nurlanish nazariyasini yaratgan edi. Bor esa Plank formulasini to'g'riligini isbotlab berdi. Ammo bu bilan ossillyator masalasi uzil-kesil hal bo'ldi degan gap emas. Chunki (65) natija (63) shart qabul qilingandagina kelib chiqadi. O'z navbatida (63) formula esa biror nazariyadan keltirib chiqarilgan emas, balki qabul qilingan shart. Shuning uchun, haqiqatda ossillyator energiyasi E va uning holatini aniqlovchi ψ funksiyasi qanday ko'rinishda bo'lishini aniqlash uchun masalani kvant mexanikasi nuqtai nazaridan yechish kerak. Ikkinchi tomondan, nurlanish nazariyasiga yoki issiqlik sig'imga asos bo'ladigan ossillyatorlarning o'lchamlari atom masshtabida bo'lib, mumtoz ossillyatordan xususiyatlari bilan tubdan farq qiladi. Shu boisdan (65) kabi formulani aniqlashda mumtoz ossillyator uchun topilgan (63) formuladan foydalanish noto'g'ri. Bu ham ossillyator masalasini kvant mexanikasi nuqtai nazaridan yechishni taqozo etadi.

Kvant mexanikasi nuqtai nazaridan chiziqli garmonik ossillyator

$$U = \frac{m \omega_0^2 x^2}{2} \quad (66)$$

formula bilan aniqlanuvchi potensial chuqurlik ichida harakat qiladi. Potensial chuqurlik ichida $E > U$. Potensial chuqurlik tashqarisida esa $E < U$ (66) ni hisobga olib kvant ossillyatori uchun Shryodinger tenglamasini quyidagicha yozamiz:

$$\frac{d^2 \psi}{dx^2} + \frac{2m_0}{\hbar^2} \left(E - \frac{m_0 \omega_0^2 x^2}{2} \right) \psi = 0 \quad (67)$$

Bu tenglamani yechish uchun

$$\eta = x \sqrt{\frac{m_0 \omega_0}{\hbar}} \quad (68)$$

yangi o'zgaruvchiga o'tamiz. U holda (66) tenglamaning ko'rinishi qo'yidagicha bo'ladi:

$$\frac{d^2 \psi}{d\eta^2} + (\chi - \eta^2) \psi = 0 \quad (69)$$

Bu erda $\chi = \frac{2E}{\hbar \omega_0}$. Oxirgi tenglamadan ko'rinadiki, zarracha potensial chuqurlik ichida deb qabul

qilish $(E - U)\chi > \eta^2$ tengsizlikka teng kuchli. Bu holda (69) ning yechimi tebranma xarakterda bo'ladi.

Zarracha potensial chuqurlik tashqarisida degan tushuncha $(E < U)\chi < \eta^2$ shartga teng kuchli bo'lib (69) tenglamaning bu sohadagi yechimi eksponensial ortib va kamayib boruvchi tashkil etuvchilardan iborat bo'ladi (14.3-rasm) (69) tenglamaning yechimi Shryodinger tenglamasining yechimiga qo'yilgan umumiy shartlarni qanoatlantirishi uchun ortib boruvchi yechimlarni tashlab yuborishimiz kerak, ya'ni x ortganda demak, $\eta \rightarrow \infty$ ψ funksiya nolga intilish kerak. Shunda aniqlangan yechim fizik ma'noga ega bo'ladi. Bu talabni qondirish uchun (69) tenglamaning yechimini quyidagi ko'rinishda izlaymiz:

$$\psi = e^{-\frac{1}{2}\eta^2} \varphi(\eta) \quad (70)$$

Bu erdan ko'rinadiki $\eta \rightarrow \infty$ bo'lganda $\psi \rightarrow 0$ bo'ladi. (70) formulada ψ η o'zgaruvchiga bog'liq bo'lgan yangi funksiya. (70) ni (69) ga qo'ysak ψ ga nisbatan yangi tenglama

$$\frac{d^2 \varphi}{d\eta^2} - 2\eta \frac{d\varphi}{d\eta} + (\chi - 1)\varphi = 0 \quad (71)$$

hosil bo'ladi. Oxirgi tenglamaning yechimini quyidagi

$$\varphi = \sum_{v=0} b_v \eta^v \quad (72)$$

ko'rinishda yozamiz. (72) ko'p hadli (71) tenglamaning yechimi bo'lishi uchun uni qanoatlantirish kerak. Shuning uchun (72) ni (71) ga qo'ysak quyidagi algebraik tenglama hosil bo'ladi:

$$\sum_{v=0} b_v [v(v-1)\eta^{v-2} - (2v+1-\chi)\eta^v] = 0 \quad (73)$$

Oxirgi tenglamada bir xil darajali noma'lumlar oldidagi koeffitsientlarning algebraik yigindisi nolga teng bo'lsa (72) ko'p hadli (71) tenglamani qanoatlantirgan bo'ladi. U holda (70) ifoda chiziqli garmonik ossillyator uchun yozilgan (69) yoki (67) tenglamaning yechimi bo'la oladi. Shuning uchun (73) tenglamani η^v uchun yozamiz. Buning uchun v ga qiymat berib (73) yig'indini yoyib yozib, bir xil darajali noma'lumlarni guruhlashtirsak,

$$\sum_{v=0} \{b_{v+2}(v+1)(v+2) - b_v(2v+1-\chi)\}\eta^v = 0 \quad (74)$$

hosil bo'ladi. Demak, yuqoridagi shartimizga binoan (74) tenglamada η^v noma'lum oldidagi koeffitsientlar yig'indisi nolga teng bo'lsa (72) yechim (71) ni qanoatlantirgan bo'ladi: Shu sababli (74) dan $b_{v+2}(v+1)(v+2) - b_v(2v+1-\chi) = 0$. Buni yozish mumkin rekurent formula bo'lib, uning yordamida v -had koeffitsienti b_v ma'lum bo'lsa, $(v+2)$ had koeffitsienti b_{v+2} ni aniqlash mumkin:

$$b_{v+2} = b_v \frac{2v+1-\chi}{(v+1)(v+2)} \quad (75)$$

Shryodinger tenglamasining yechimi chekli bo'lishi kerak. (72) qator esa hadlar soni ortishi bilan cheksiz ortib boraveradi. Shuning uchun (72) qatorni qandaydir haddan boshlab uzish lozim. Ana shu uzilayotgan hadning nomeri $v = n$ bo'lsin. U holda (75) ni quyidagicha yozish mumkin:

$$b_{n+2} = b_n \frac{2n+1-\chi}{(n+1)(n+2)} \quad (76)$$

Qator n -haddan boshlab uzilishi uchun $b_n \neq 0$, ammo $b_{n+2} = 0$ bo'lishi kerak. U holda b_{n+4} va undan keyingi barcha hadlar koeffitsientlari ham nolga teng bo'ladi. Buning uchun (76) formulada

$$2n+1-\chi = 0 \quad (77)$$

bo'lishi kerak. Bu erga χ ning qiymatini $\left(\frac{2E}{\hbar\omega_0}\right)$ qo'ysak,

$$E_n = \left(n + \frac{1}{2}\right)\hbar\omega_0 \quad (78)$$

kelib chiqadi. Bu yerda $n=0,1,2,3,\dots$ kvant soni. (78) formula chiziqli garmonik ossillyatorning energiyasini ifodalaydi. $n=0$ bo'lganda kvant ossillyatorning energiyasiga teng

$E_0 = \frac{\hbar\omega_0}{2}$ bo'lib, bunga ossillyatorning nolinchisi deyiladi. (14.28) va (78) ifodalarni solishtirishdan ko'rinadiki mumtoz va kvant ossillyatorlari uchun aniqlangan natijalar bir-biridan tubdan farq qiladi.

Aniqlangan natijani tasavvur qilish uchun n ning bir qancha qiymatlariga mos kelgan xususiy energiyalar va xususiy funksiyalar qiymatlarini keltiraylik:

$$\begin{aligned} n=0, \quad E_0 &= \frac{\hbar\omega_0}{2}, \quad \psi_0 = C_0 e^{-\frac{1}{2}\eta^2}; \\ n=1, \quad E_1 &= \frac{3}{2}\hbar\omega_0, \quad \psi_1 = C_1 z \psi_0 e^{-\frac{1}{2}\eta^2}; \\ n=2, \quad E_2 &= \frac{5}{2}\hbar\omega_0. \end{aligned}$$

14.4-rasmda bu ifodalar grafik ravishda tasvirlangan. Mumtoz (wkl) va kvant (wkv) ossillyatorlarning topilish ehtimolliklarining zichligi $n=0,1$ qiymatlar uchun 14.4-b,v rasmlarda alohida ko'rsatildi. (14.41) dan n ning ortishi bilan ossillyatorning energiyasi ham ortadi. N ning juda katta qiymatlarida kvant ossillyatorning topilish ehtimolligi mumtoz ossillyatorning topilish ehtimoligiga yaqinlashadi (14.5- rasm). Demak, yuqori energiyalarda kvant va mumtoz ossillyator orasidagi farq kamayib boradi.

Ossillyatorning nolinchisi energiyasi. Kvant mexanikasi nuqtai nazaridan ossillyator masalasini yechganimizda uning eng kichik energiyasi

$$n=0, \quad E_0 = \frac{\hbar\omega_0}{2}, \quad \psi_0 = C_0 e^{-\frac{1}{2}\eta^2}; \quad (73)$$

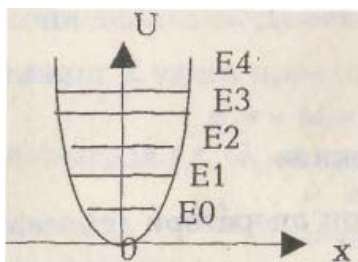
ga teng bo'lishi aniqlandi. Ossillyatorning energiyasi bundan kichik bo'la olmaydi. Mikroolam zarrachalari harorat $T \rightarrow 0$ da ham harakatdan to'xtamaydilar. Bu hol mikroolamning qanday xususiyati bilan bog'liqligini aniqlaylik. Ossillyatorning to'la energiyasini quyidagicha yozish mumkin:

$$\begin{aligned} E &= \frac{\langle P_x^2 \rangle}{2m_0} + \frac{m_0\omega_0^2 \langle x^2 \rangle}{2} \\ E_{\min} &= \frac{\hbar\omega_0}{2} \end{aligned} \quad (74)$$

kelib chiqadi.

Garmonik ossilyatorning energiya sathlarini sxemada ifodalashimiz mumkin. Garmonik ossilyator energiya sathlari bir —biridan bir xil masofaga farq qiladi va eng kichik qiymati

$$E_0 = \frac{1}{2} \frac{h\omega}{2\pi} \text{ ga}$$



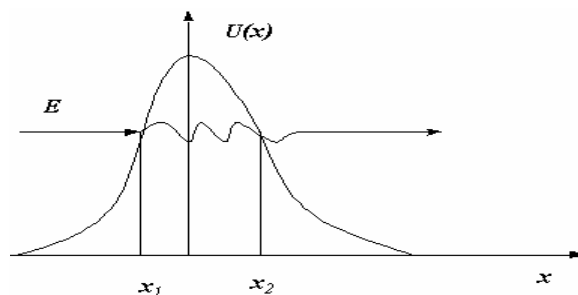
teng bo'ladi. Bu qiymatga nol qiymat deyiladi. Bunday energiyaning mavjudligi tajribada kuzatilgan. Kristallarda yorug'lik sochilishi past temperaturalarda kuzatilganda, sochilgan nur intensivligi temperatura pasayishi bilan nolga emas, balki qandaydir chekli qiymatga intilishi kuzatilgan. Bu esa kristall panjara atomlari absolyut nol temperaturada ham tebranaveradi degan xulosaga olib kelgan. Kvant mehanika biror sistemaning bir holatdan boshqa holatga o'tishi ehtimolligini ham hisoblashga imkon beradi. Garmonik ossilyator faqat qo'shni sathlarga o'tish va bunday o'tishlarda n - kvant soni bir birlikka o'zgarishi mumkin, ya'ni $\Delta n = \pm 1$.

Bir holatdan ikkinchi holatga o'tishdagi kvant sonlarning o'zgarishi mumkin bo'lgan shartlarga tanlash qoidalari deyiladi va yuqorigi ifoda garmonik ossilyator tanlash qoidasidir.

Unga ko'ra garmonik ossilyatorning energiyasi $\frac{h\omega}{2\pi}$ porsiyalarga o'zgarishi mumkin. Bu absolyut qora jism nurlanishi uchun Plank topgan natijaga mos keladi. Lekin E_0 — nol energiyaning mavjudligi faqat kvant mexanikasi nuqtai nazaridan ko'rsatib berildi.

Demak, kvant ossilyatorining energiyasi hech qachon nolga teng bo'lmay, uning eng kichik qiymati (14.45) formula bilan aniqlanar ekan. Kvant ossilyatorining energiyasi nolga teng bo'lmisligi (IV) noaniqlik tamoyili yordamida isbotlandi. Demak, kvant ossilyatorining nolinci energiyaga ega bo'lishi noaniqlik tamoyili tufayli kelib chiqib, mikrollamning ob'yektiv xususiyatidir. Tajriba ham bu xulosaning to'g'riligini isbotlaydi. Ma'lumki, rentgen nuri kristall panjarasining tebranishi tufayli sochiladi. Kristall haroratini kamaytirsak, unga mos holda sochilishning ko'ndalang kesim yuzasi ham kamaya boshlaydi. Ammo kristall harorati nolgacha yaqinlashgan sari sochilishning ko'ndalang kesim yuzasi nolga kamaymay aniq o'zgarmas kattalikka intiladi. Demak, harorat kamayishi bilan kristallni tashkil qilgan ossilyatorlarning tebranishi nolgacha kamaya olmaydi, ya'ni past temperaturalarda ham eng kichik tebranishlar saqlanib qoladi. Bu tajriba mikroolam xususiyati o'ziga xosligini, undagi zarrachalar doim harakatda bo'lishini, shu tufayli uning koordinatasi va impulsini bir vaqtda o'lchab bo'lmisligini yana bir bor isbotlaydi.

Shuning uchun ham mikroolamda to'lqin va korpuskulyar xususiyatlar bitta ob'yektda mujassamlashgan deganda "to'lqin" va "korpuskula" tushunchasini mumtoz ma'noda tushunish kerak emas. Mumtoz korpuskulagina fazoning biror nuqtasida (yoki sohasida) lokal bo'la oladi, to'lqin va korpuskulyar xususiyatga ega bo'lgan mikroolam zarrachasi lokal bo'la olmaydi. Bu mikroolamning ob'yektiv xususiyatidir.

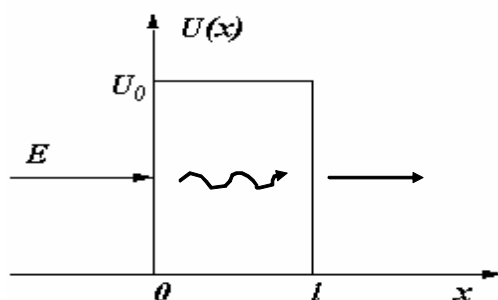


3-rasm.

Zarrani potensial to'siq orqasiga o'tishi.

Agar klassik zarracha o'z harakati yo'li davomida energiyasi uning energiyasidan ($U_n > \frac{mv^2}{2}$) katta qiymatga ega bo'lgan to'siqqa uchrasa, to'siqdan orqasiga qaytib ketadi, aks holda, zarraning harakat energiyasi $\frac{mv^2}{2} > U$ bo'lsa, zarra to'siqdan o'tadi. Kvant mexanikasida zarraning xususiyati mutlaqo boshqacha, zarra energiyasi $E < U$ bo'lgan taqdirda ham u to'siqdan o'tadi. Agar $E < U$ hamda to'siq kengligi cheklangan bo'lsa, zarraning to'siq orqasida bo'lish ehtimolligi mavjud. Ikkinchi tomondan, agar $E > U$ bo'lsa, zarraning to'siqdan qaytish ehtimolligi mavjud. Klassik mexanikada esa zarra albatta to'siqdan o'tadi. Kvant mexanikasiga asosan, mikrozarra to'siq orqasida bo'lish ehtimolligi mavjud.

Mikrozarra energiyasi potensial to'siq energiyasidan kam bo'lganda, uni to'siqdan o'tish hodisasi *tunnel effekti* deyiladi. Shu hodisani oddiy to'g'ri to'rt burchakli to'siq misolida ko'rib chiqamiz.



4-rasm.

Zarraning potensial to'siq orqasiga o'tishi

$$\text{chegaraviy shartlar } U(x) = \begin{cases} 0, & x < 0 \\ U_0, & 0 < x < l \\ 0, & x > l \end{cases} \quad \boxed{E < U_0} \quad \hat{H}\Psi = E\Psi$$

Shredinger tenglamasi $\psi'' + 2\frac{m}{\hbar}(E - U)\psi = 0$ ni yechamiz. Bu yerda quyidagi belgilashlar kiritamiz:

$$2\frac{m}{\hbar}(E - U) = k^2$$

Oldingi paragrafda ko'rilganidek har bir soha uchun Shredinger tenglamasini yozish kerak.

I. $\Psi'' + k^2\Psi = 0$ ning yechimi $\Psi(x) = Ae^{-ikx} + Be^{-ikx}$ demak, to'lqin tenglamaning yechimi garmonik funksiya ekan

Ae^{ikx} - musbat yo'nalishda tarqalayotgan to'lqin, $A = 1$

Be^{-ikx} - to'siqdan qaytayotgan to'lqin

$|Be^{-ikx}|^2$ - zarraning birinchi sohada bo'lish ehtimolligi

$|A e^{ikx}|^2$ - tushayotgan zarra ehtimolligi

$R = \frac{|B|^2}{|A|^2}$, - qaytish ko'effitsienti

Ikkinchi sohada $E < U_0$, potensial energiya U_0 ga teng

$$\hat{H} \Psi = E \Psi$$

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \Psi'' + U_0 \Psi = E \Psi$$

$$\Psi'' + \kappa^2 \Psi = 0 \quad \left(\kappa^2 = \frac{2m}{\hbar^2} (E - U_0) \right), \quad \Psi(x) = \alpha e^{i\kappa x} + \beta e^{-i\kappa x}$$

Uchinchi sohada $U=0$, $x>l$, bunda tenglama birinchi sohadagi kabi ko'rinishda, faqat ko'effitsientlar o'zgacha.

$\Psi'' + k^2 \Psi = 0$ $\Psi(x) = D_1 e^{ikx} + C e^{-ikx} = D_1 e^{ikx}$, $C=0$ bo'lgani uchun zarraning uchinchi sohada bo'lish ehtimolligi - $|D|^2$

$D_1 e^{ikx}$ - o'tayotgan to'lqin;

$D = |D_1|^2$ - to'siqning shaffoflik ko'effitsienti

3-sohada qaytgan to'lqin yo'q, shuning uchun - $C = 0$.

Uzluksizlik shartidan ko'effitsientlarni aniqlash mumkin.

$$R + D = 1$$

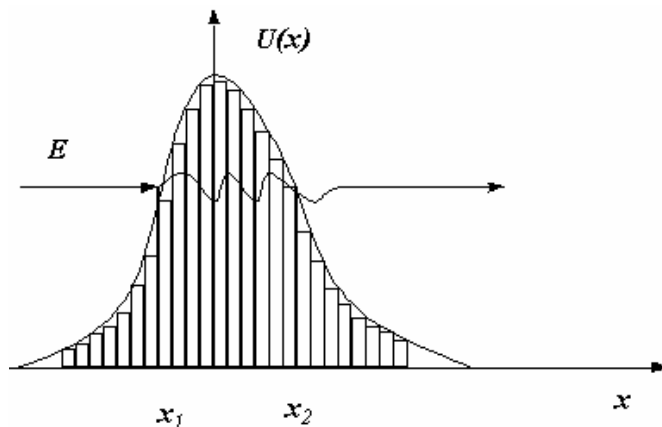
$D = D_0 e^{-\frac{2l}{\hbar} \sqrt{2m(U_0 + E)}}$ - kengligi l bo'lgan to'g'ri burchakli to'siq uchun shaffoflik ko'effitsienti.

$x=0$ da $\Psi(x)$ funksiya va uning hosilasini uzluksizlik shartidan, mos holda, $1+B=\alpha+\beta$ va $(1-\beta)=\kappa(\alpha-\beta)$ lar hosil bo'ladi.

$$D_0 = \frac{16n^2}{(1+n^2)^2},$$

$n = \sqrt{\frac{U_0 - E}{\epsilon}}$ - sindirish ko'rsatkichi, bu yerda, $\epsilon = U_0 - E$

Hosil bo'lgan munosabatlardan quyidagi xulosalar kelib chiqadi. To'siq qancha keng bo'lsa, qaytish ko'effitsienti shunchalik kam. Ila'lum balandlikdagi to'siq uchun zarra energiyasi qancha katta bo'lsa, shaffoflik ko'effitsienti shunchalik katta bo'ladi. Umumiy holda to'siq ixtiyoriy shaklda bo'lishi mumkin; $U(x)$; u holda to'siqni juda ko'p to'g'ri burchakli to'siqlardan tashkil topgan deb qarash mumkin.



5-rasm.

Potensial to'siqdan zarraning o'tishi.

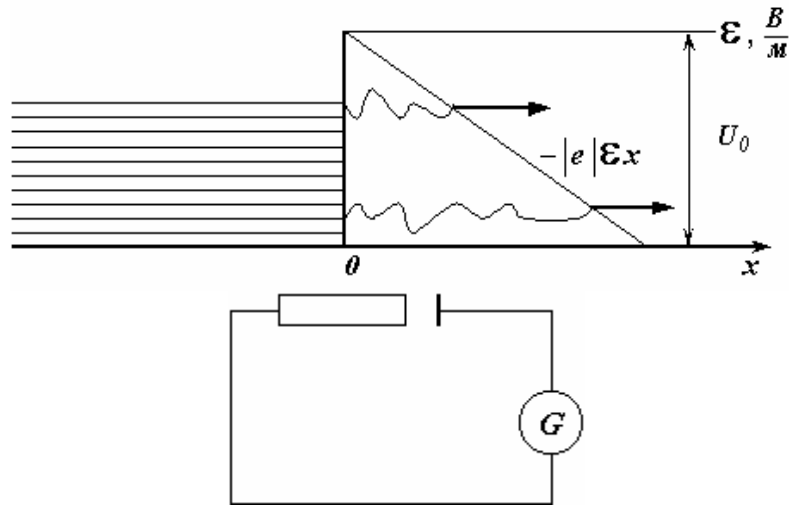
U holda,

$$D = D_0 \exp \left\{ -\frac{2}{\hbar} \int_{x_1}^{x_2} \sqrt{2\mu(U(x) - E)} dx \right\}$$

-to'siqlarning shaffoflik koeffitsienti x_1 - zarraning to'siqqa kirish nuqtasi va x_2 - zarraning to'siqdan chiqish nuqtasi deb qarash mumkin. Ularning qiymatlari ushbu ifodadan aniqlanadi, $U(x) = E$.

Zamonaviy elektronika elektronning turli xil potensial maydonda harakatini o'rganishga va uni boshqarishga asoslangan, elektron bir sohadan ikkinchi sohaga, qattiq jismdan vakuumga yoki, aksincha, o'tganda ham u harakat qilayotgan maydon potensialini o'zgaradi. Bundan turli maqsadlarda foydalaniladi. Metalldan elektronni vakuumga chiqarish uchun unga turli usullar - qizdirish yoki yoritish bilan, albatta, juda bo'lmasa elektronning metalldan chiqish ishiga teng miqdorda qo'shimcha energiya berish zarur. Ammo elektronni vakuumdan unga qo'shimcha energiya bermasdan ham chiqarish mumkin. Bunday hol elektronning "sovuq emissiyasi" deyiladi. Buning uchun metall bilan vakuum o'rtasiga kuchlanganligining yo'nalishi metall tomonga bo'lgan elektr maydon qo'yish kerak. Bu maydon ta'sirida metall bilan vakuum orasidagi potensial to'siqlarning kengligi kichrayadi; demak potensial to'siqlarning shaffofligi - D ortadi. Bu o'z navbatida metall ichidagi elektronlarning vakuumga potensial to'siqni aylanib o'tmasdan tunnel mexanizmiga binoan vakuumga chiqishga imkon beradi. Natijada elektr toki hosil bo'ladi.

Kuchli elektr maydon ta'sirida elektr toki hosil bo'lishi "sovuq emissiya" deyiladi.



6-rasm.

Tunnel hodisasining namoyon bo'lish hollari.

$$U(x) = U_0 - |e|Ex$$

$$F = -|e|E$$

$$U(x) = -|e|Ex$$

$$D(E_x) = D_0 \exp \left\{ -\frac{2}{\hbar} \int_0^{x_2} \sqrt{2\mu(U(x) - E)} dx \right\}$$

$$U_0 - eEx = E$$

$$x = \frac{U_0 - E}{eE} \text{ - elektron bosib o'tgan yo'l koordinatasi}$$

$$D(E_x) = D_0 \exp \left\{ -\frac{4}{(1)} \frac{\sqrt{2\mu} (U_0 - E_x)^{3/2}}{eE} \right\}$$

E - elektr maydon kuchlanganligi

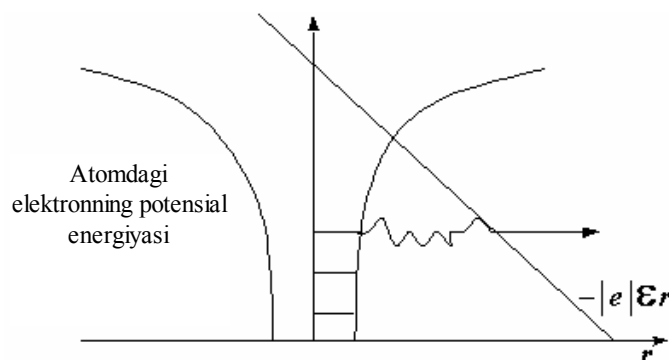
$$\bar{D} = D_0 e^{\frac{E_0}{E}} \quad (2)$$

(2)-barcha tezliklar bo'yicha o'rtacha qiymat

$$J_x = J_0 \bar{D} = A e^{-\frac{\varepsilon_0}{\varepsilon}} \quad (3)$$

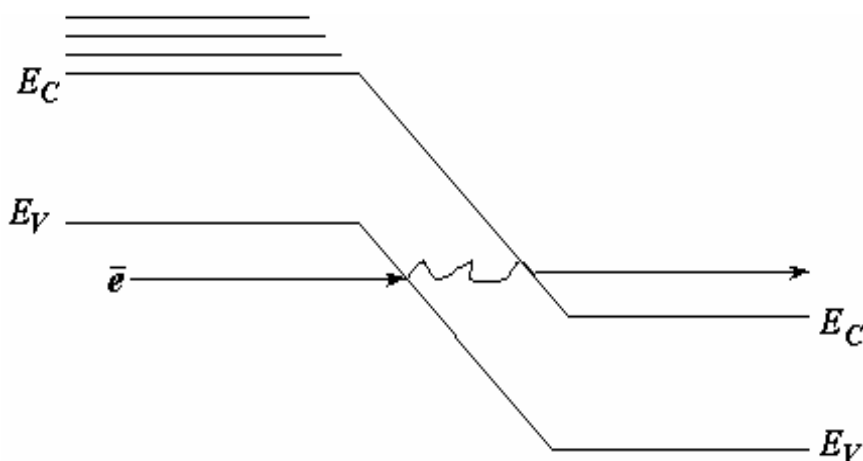
(3)-tok zichligi, tok potensial to'siq shaffofligiga to'g'ri proporsional.

Kuchli elektr maydonida atomlarning ionizatsiyasini ham tunnel effekti orqali tushuntirish mumkin.



7-rasm.
Sovuq emissiya.

Tunnel diodi



8-rasm.
Tunnel diodining sxemasi.

MUSTAHKAMLASH UCHUN SAVOLLAR:

1. Shredinger tenglamasini erkin zarra uchun tadbiq etilganda qanday natija olinadi?
2. Cheksiz chuqur potensial o'radagi zarrachaning energiyasi qanday o'zgaradi?
3. Tunnel effektini tushuntirib bering.
4. Shredinger tenglamasini chiziqli garmonik ossillyatorga tadbiqini tushuntirib bering.
5. Kvant ossillyatorini mexanikadagi ossillyatordan nima farqi bor?

ADABIYOTLAR

1. Axmadjonov O.I. "Fizika kursi, optika, atom va yadro fizikasi". Toshkent - "O'qituvchi", 1989.
2. Qoshimov Q.Q., Rasulov R.Ya., Yuldashev N.X. "Kvant mexanikasi asoslari". Toshkent - "O'qituvchi", 1995.
3. Detlaf A.A., Yavorskiy B.M., "Kurs fiziki" M.: "Visshaya shkola", 2000.

4. Trofimova T.I. "Kurs fiziki". M.: "Visshaya shkola", 2000.
5. Savelev I.V. "Kurs obshey fiziki, kniga 5.", M.: Nauka. 1998.
6. Kristi R., Pitti A. Stroyeniye veshstva: Vvedenie v sovremennuyu fiziku. M.: Nauka. 1969.
7. Struchkov V.V., Yavorskiy B.M. "Voprosi sovremennoy fiziki. M.: "Prosvesheniye ", 1973.
8. Kondakov V.A. "Stroyeniye i svoystva veshstva" M.: "Prosvesheniye", 1970.
9. Buravixin V.A., Yegorov V.A. Biografiya elektrona. M.: "Znaniye", 1985.
10. Bloxintsev D.I. Osnovi kvantovoy mexaniki. M.: Nauka, 1983.
11. Davidov A.S. Kvantovaya mexanika. M.: Nauka, 19143.
12. Г.Ахмедова, Ш.Оманов, У.Салихбаев "Атом физикаси", Абдулла Қодирий номидаги халк мероси нашриёти Тошкент-2005.
13. S.X.Astanov, U.N.Islomov, N.N.Dalmuradova "Umumiy fizika" kursining "Kvant mexanikasi va atom fizikasi" bo'limidan ma'ruza mavzularini mustaqil o'rganish uchun, uslubiy ko'rsatma, Buxoro – 2006, Ziyonet.uz.
14. Nasriddinov K.R., Parsoxonov A.G', Mansurova M.Yu. "Atom fizikasi", O'quv qo'llanma, Nizomiy nomidagi Toshkent Davlat pedagogika universiteti, Toshkent- 2006, Ziyonet.uz.
15. Qodirov M.J. "Kvant mexanikasi fanidan ma'ruzalar matni", Qarchi Davlat universiteti, Qarshi - 2009, Ziyonet.uz.
16. Mirjalilova M.A. Fizika va elektroikaning maxsus boblari (Kvant mexanikasi va qattiq jismlar fizikasi) 1-qism (O'quv qo'llanma), Toshkent, ToshDTU, 2009

Darsning xronologik xaritasi: 80 minut

1. Darsni tashkil qilish. 2 minut.
2. Davomatni tekshirish. 2 minut.
3. Atom fizikasi fanidan o'tiladigan mavzular ishchi dasturi bilan qisqacha tanishtirish. 4 minut.
4. Atom fizikasi fanining oldingi o'rganilgan umumiy fizika kurslaridan farqi va umumiylik tomonlarini bayon qilish. 5 minut.
5. Atom fizikasi kursini o'rganishda foydalaniladigan adabiyotlar, ma'ruza matnlari bulardan foydalanish usullari. (Ma'ruza matnda har bir mavzular uchun reja, tayanch so'zlar, adabiyotlarga ko'rgazmalar, nazorat savollar keltirilganligini alohida ta'kidlash). 5 minut.
6. Yangi mavzuni bayon qilish. Atom fizikasining yaratilishi va rivojlanish bosqichlari. Atomning tarkibi, atomning asosiy xususiyatlarini bayon etish, atom fizikasi fani yutuqlarining qo'llanishi va yechimi muhim bo'lgan muammolarini bayon qilish. 55 minut.
7. O'tilgan mavzu bo'yicha savol-javoblar. 7 minut.

O'quv mashg'ulotida ta'lim texnologiyasi modeli

11- Mavzu: Bir elektronli atomlar. Markaziy-simmetrik maydon potentsiali. Shryodinger tenglamasi. L^2 , L_z operatorlari, ularning xususiy qiymatlari va sathlari. Kvant sonlari.

<i>Vaqt: 80 min.</i>	<i>Talabalar soni: 52 ta</i>
<i>O'quv mashg'ulotining shakli</i>	Ma'lumotli kirish - ma'ruza
<i>O'quv mashg'ulotining tuzilishi</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. O'quv kursi va mashg'ulot mavzusiga kirish 2. Bilimlarni faollashtirish - aqliy hujum 3. Ma'ruza matnini tarqatish 4. Asosiy atamalarni aniqlash-pinbord
<i>O'quv mashg'ulot maqsadi: O'quv fani to'g'risida umumiy tasavvurlarni berish</i>	
<i>Pedagogik vazifalar:</i> - Markaziy-simmetrik maydon potentsiali. - Shryodinger tenglamasi. - L^2 , L_z operatorlari, ularning xususiy qiymatlari va sathlari. - Kvant sonlari.	<i>O'quv faoliyat natijalari:</i> <ol style="list-style-type: none"> 1. Markaziy-simmetrik maydon potentsiali haqida tushuncha berish. 2. Shryodinger tenglamasi. 3. L^2, L_z operatorlari, ularning xususiy qiymatlari va sathlari. 4. Kvant sonlari haqida.
<i>Ta'lim usullari</i>	Ma'ruza minbari
<i>Ta'limni tashkillashtirish shakli</i>	Jamoaviy
<i>Ta'lim vositalari</i>	Ma'ruza matni, kompyuter
<i>Ta'lim berish sharoiti</i>	Texnik vositalar bilan jihozlangan xona
<i>Monitoring va baholash</i>	Tezkor - so'rov.

Ma'lumotli kirish - ma'ruzasining texnologik xaritasi

Ish bosqich-lari va vaqti	Faoliyat mazmuni	
	ta'lim beruvchi	ta'lim oluvchilar
1-bosqich. O'quv mashg'ulotiga kirish (20 daq.)	<p>1.1 Mavzuning nomi, maqsad va kutilayotgan natijalarni yetkazadi. Taqdimot bo'yicha ekranga fanning tuzilmaviy-mantiqiy chizmasini chiqaradi, mavzularning o'zaro aloqasini yoritadi, ularga qisqa tavsif beradi, fan miqyosida bajariladigan uslubiy va tashkiliy ishlar xususiyatlarini tushuntiradi.</p> <p>Reyting-nazorat tizimi, joriy, oraliq, va yakuniy nazoratni baholash mezonlari</p> <p>(№ 1.1 ilova) bilan tanishtiradi.</p> <p>Mavzu bo'yicha asosiy tushunchalarni; mustaqil ishlash uchun adabiyotlar ro'yxatini aytadi.</p> <p>1.2. Birinchi o'quv mashg'ulot mavzusi, maqsad va o'quv faoliyat natijalarini aytadi.</p> <p>1.3. Mavzuni mustahkamlash uchun savollarni beradi (3-ilova)</p>	<p>Tinglaydilar</p> <p>Tinglaydilar</p> <p>Yozib oladilar.</p>
2-bosqich. Asosiy (50 daq.)	<p>2.1. Mavzu bo'yicha ma'ruza matnini tarqatadi va uning rejasi, asosiy tushunchalar bilan tanishishni taklif qiladi.</p> <p>2.3. Berilgan savollar asosida javoblar berilib umumiy xulosalar chiqariladi.</p> <p>2.4 Talabalar bilan birga fanga taaluqli bo'lmagan va qaytariluvchi ma'lumotlarni ochib tashlaydi, muhim asosiy tushunchalarni (Pinbord) kiritadi.</p>	<p>Tinglaydilar.</p> <p>Tinglaydilar, yozib oladilar.</p>
3-bosqich. Yakuniy (10 daq.)	<p>3.1. Mavzu bo'yicha yakun yasaydi, qilingan ishlarning kelgusida kasbiy faoliyatidagi ahamiyatiga talabalar e'tiborini qaratadi.</p> <p>3.2 O'tilgan darsni mustahkamlash uchun foydanilgan adabiyotlar ro'yxati keltiriladi.</p> <p>3.3. Mustaqil ish uchun topshiriq beradi va uning baholash mezonlari bilan tanishtiradi.</p>	<p>O'z-o'zini, o'zaro baho-lashni o'tkazadilar.</p> <p>Topshiriqni yozadilar</p>

BAHOLASH MEZONLARI

No	Nazorat turi	Ball	Nazorat ishi	Uy ishi	Mustaqil ish	Darsda faolligi	Amaliy ish	Laboratoriya
1	JN-1	11	2	2	2	1	2	2
2	JN-2	12	3	2	2	1	2	2
3	JN-3	12	3	2	2	2	2	2
3	ON-1	17	13	2	1	1	-	-
4	ON-2	18	14	2	1	1	-	-
5	YN	30	30					

86-100% “a’lo”
 71-85% “yaxshi”
 55-70% “qoniqarli”
 0-54% “qoniqarsiz”

Talabalar bilimini faollashtirish uchun tezkor savollar

1. Vodorod atomi uchun Shreydinger tenglamasini yozing va uning yechimidan kelib chiqadigan natijalarni tushuntirib bering.
2. Vodorod atomida elektronning energiyasi qanday qonuniyat bilan o'zgaradi?
3. Vodorod atomining ionlashish energiyasi deganda nimani tushunasiz?
4. Elektronning atomdagi holati qanday kvant sonlari bilan aniqlanadi?
5. Vodorod atomi spektri kvant mexanikasida qanday tushuntiriladi va tanlash qoidasi nima?

Aqliy hujum qoidasi:

Hech qanday birga baholash va tanqidga yo'l qo'yilmaydi!

Taklif etilayotgan g'oyani baholashga shoshma, agarda u hattoki ajoyib va g'aroyib bo'lsa ham hamma narsa mumkin.

Tanqid qilma, hamma aytilgan g'oyalar qimmatli teng kuchlidir.

O'rta chiquvchini bo'lma!

Turtki berishdan o'zingni ushla!

Maqsad miqdor hisoblanadi!

Qancha ko'p g'oyalar aytilsa, undan ham yaxshi: yangi va qimmatli g'oyalarni paydo bo'lishi uchun ko'p imkoniyatdir.

Agarda g'oyalar qaytarilsa, xafa bo'lma va hijolat chekma.

Tasavvuringni “jo'sh urishiga” ruxsat ber!

Agarda g'oyalar qaytarilsa, xafa bo'lma va hijolat chekma.

Tasavvuringni “jo'sh urishiga” ruxsat ber!

Pinbord (inglizchadan: *pin*- mahkamlash, *board* – yozuv taxtasi) munozara usullari yoki o'quv suhbatini amaliy usul bilan moslashdan iborat.

Ta'lim beruvchi:

→ Taklif etilgan muammoni yechishga o'z nuqtai nazarini bayon qiladi.

→ Ommaviy to'g'ri aqliy hujumni tashkillashtiradi.

Ta'lim oluvchilar quyidagi g'oyalarni:

→ Taklif etadilar, muhokama qiladilar, baholaydilar eng ko'p maqbul (samarali va boshqa g'oyalarni tanlaydilar va ularni qog'oz varag'iga asosiy so'zlar ko'rinishida (2 so'zdan ko'p bo'lmagan) yozadilar va yozuv taxtasiga biriktiradilar.

→ Guruh a'zolari (ta'lim beruvchi tomonidan belgilangan 2-3 talaba yozuv taxtasiga chiqadilar va boshqalar bilan maslahatlashib:

- aniq xato yoki qaytariluvchi g'oyalarni saralaydilar;
- tortishuvlarni aniqlaydilar;
- g'oyalarni tizimlashtirish mumkin bo'lgan belgilar bo'yicha aniqlaydilar;
- shu belgilar bo'yicha hamma g'oyalarni yozuv taxtasida guruhlaydilar (kartochka/ varaqlar).

Ta'lim beruvchi:

→Umumlashtiradi va ish natijalarini baholaydi.

Monitoring va baholash

O'tilgan mavzu bo'yicha og'zaki so'rov, tezkor savol-javob qarab 1-2 ballgacha baholanadi.

Ilova 1.5

Mustaqil ish topshiriqlari.

1. Bir elektronli atomlar va kvant sonlariga doir masalalar yechish.

2. Taqdimot slaydlari.

**11- Ma'ruza
(2-soat)**

**Bir elektronli atomlar. Markaziy-simmetrik maydon
potensial. Shryodinger tenglamasi. L^2 , L_z operatorlari,
ularning xususiy qiymatlari va sathlari. Kvant sonlari.**

Reja:

1. Markaziy-simmetrik maydon potensial.
2. Shryodinger tenglamasi.
3. L^2 , L_z operatorlari, ularning xususiy qiymatlari va sathlari.
4. Kvant sonlari.

Tayanch so'zlar va iboralar: Vodorod atomining asosiy turg'un holati uchun Shredinger tenglamasi, yadroga bog'langan elektronning potensial energiyasi va uning grafigi, vodorod atomi uchun Shredinger tenglamasining yechimi va energetik sathlar, ionizatsiya energiyasi, orbital, bosh va magnit kvant sonlari, ularning oladigan qiymatlari, atom holatlarining belgilanishi, vodorod atomining spektrini kvant mexanikasi asosida tushuntirish, tanlash qoidasi, elektronning mexanik va magnit momenti, giromagnit nisbat, Bor magnetoni, Sferik simmetrik potensial maydondagi mikrozarra harakati uchun Shredinger tenglamasi

Markaziy kuchlar maydoni zarraning potensial energiyasi zarra maydon markazidan qanday masofada turganligiga bog'liqligi bilan xarakterlanadi; $F(r) = \frac{ze^2}{r^2}$, u holda zarraning potensial energiyasi,

$$U(r) = -\frac{ze^2}{r} \quad (1).$$

Umuman olganda, sof Kulon kuchlari faqatgina vodorod atomi uchungina xos. Ko'p elektronli atomlarda yadro turli elektronlar maydoni bilan ekranlangan maydonda turadi.

Markaziy maydondagi harakat qonuni atom mexanikasining asosini tashkil etadi. Bunday masalani hal etish, markaziy kuchlar maydonida bir dona zarra harakatini qarab chiqishga olib keladi.

Ushbu masalaning yechimi atom spektrlarini aniqlashga imkon beradi.

Markaziy kuchlar maydonini sferik koordinatalar sistemasida ko'rish mumkin (r, θ, φ) . Harakatni ilgarilanma va aylanma harakatlardan tashkil topganligi e'tiborga olinsa, kinetik energiya klassik nuqtai nazardan quyidagicha ifodalanadi; $E = P^2/2\mu + M^2/2\mu r^2$. U holda Gamilton operatori quyidagicha bo'ladi:

$$\hat{H} = \hat{T}_r + \frac{\hat{M}^2}{2\mu r^2} + U(r) \quad (2),$$

bu yerda T_r - elektronning radial bo'yicha harakat energiyasi.

$$\hat{T}_r = -\frac{\hbar^2}{2m} \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial}{\partial r} \right) \quad (3)$$

$$\hat{M}^2 = -\hbar^2 \nabla^2 \quad (4)$$

Laplas operatori $\nabla^2 = \nabla \cdot \nabla = \Delta$, u holda Shredinger tenglamasi $\hat{H} \Psi = E \Psi$ yoki

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial}{\partial r} \right) \psi - \hbar^2 \nabla^2 \psi = E \psi \quad (5)$$

ko'rinishda bo'ladi.

Ma'lumki, T_r va M^2 lar turli o'zgaruvchilarga bog'liq tarzda o'zgaradi, shuning uchun ular o'zaro kommutativ, ya'ni ular umumiy xususiy funksiyalarga ega bo'ladi.

$$\hat{M}^2 J_{lm}(\theta, \varphi) = \hbar^2 l(l+1) J_{lm}(\theta, \varphi) \quad (6)$$

$$\Psi(r, \theta, \varphi) = R(r) J_{lm}(\theta, \varphi) \quad (7)$$

(7) ifodani (5)- ifodaga qo'ysak, bu yerda, \hat{H} - (2) ifodaga teng.

$$\hat{T}_r R(r) J_{lm}(\theta, \varphi) + \frac{\hat{M}^2}{2\mu r^2} R(r) J_{lm} + U(r) R(r) J_{lm} = E R(r) J_{lm}$$

(6) -ga asosan o'zgartirsak,

$$\hat{T}_r R(r) J_{lm}(\theta, \varphi) + \frac{\hbar^2 l(l+1)}{2\mu r^2} R(r) J_{lm} + U(r) R(r) J_{lm} = E R(r) J_{lm}$$

(3),(4) larni e'tiborga olgan holda Shredinger tenglamasi quyidagi ko'rinishga keladi.

$J_{lm}(\theta, \varphi)$ ga qisqartirsak

$$\hat{T}_r R(r) + \frac{\hat{M}^2}{2mr^2} R(r) + U(r) R(r) = E R(r) \quad (8)$$

Faraz qilaylik, yadro maydonida bir dona elektron harakatlanadi. U holda yadro maydonidagi elektronning potensial energiyasi

$$U(r) = -\frac{ze^2}{r} \quad (9).$$

(8) ifodaning tadqiqoti shuni ko'rsatadiki, agar $E > 0$ bo'lsa, zarrani "erkin zarra" deb hisoblash mumkin, u holda uni energetik spektri uzluksiz bo'ladi. Agar $E < 0$ bo'lsa :

$$U(r) < 0, \quad U(r) = -\frac{ze^2}{r}$$

Bu holda (8) ning yechimi diskret energetik spektrni beradi: E_n energiyaning mumkin bo'lgan qiymatlari bosh kvant soni n - bo'yicha kvantlanadi:

$$E_n = -\frac{z^2 e^4 m}{2 \hbar^2 n^2} \quad (10)$$

$$n = 1, 2, 3, \dots, \quad n = n_r + l + 1, \quad n_r = 0, 1, 2, \dots$$

Shunday qilib, aylanma harakat energiyasini kvantlovchi l orbital kvant soni quyidagi qiymatlarni oladi: $l = 0, 1, 2, \dots, (n-1)$.

Atomdagi elektronning to'lqin funksiyasi Ψ uchta kvant soniga n, l va m ga bog'liq bo'lib, quyidagi qiymatga teng.

$$\Psi_{n,l,m} = R_n(r) J_{lm}(\theta, \varphi) \quad (11)$$

$$R_n(r) = e^{-\frac{z^2}{na}} f(r),$$

$$a = \frac{\hbar^2}{me^2} = 0,529 \text{ \AA} \quad (12)$$

- birinchi Bor radiusining orbitasi, $f(r)$ - Ermit polinomi

Tekshirishlar ko'rsatadiki, elektronning yadro markazidan biror masofada bo'lish ehtimolligi quyidagi qiymatga teng bo'lib, $d\omega(r) = 4\pi r^2 dr |R_n|^2$ bosh kvant soni n ning ma'lum qiymatida masofaning n - Bor orbitasiga mos qiymatida maksimal qiymatga ega bo'ladi.

$r = na$ - masofada, $l=0$ da s - holatga mos kelib, $J_{lm} = \text{const}$.

Elektrik zichlik sfera bo'ylab simmetrik taqsimlangan. $l=1$ da p - holat mos kelib, $m = 0, \pm 1$.

Olingan natijalardan ko'rinadiki vodorod atomidagi elektron energiyasi faqat birgina n bosh kvant soniga bog'liq, to'lqin funksiya esa n, l, m - uchta kvant soniga bog'liq bo'ladi.

To'liq energiyaning ma'lum qiymatida aylanma harakat energiyasi hamda impuls momenti proyeksiyasining turli qiymatlari bo'lishi mumkin. Energiyaning bitta qiymatiga orbital kvant soni l - ning unga mos keluvchi m - ning qiymati bilan turlicha bo'lgan to'lqin funksiyalar to'g'ri keladi. Aytilganlarga ko'ra aynish karraligi quyidagiga teng bo'ladi.

$$\sum_{l=0}^{n-1} (2l+1) = n^2 \quad (13),$$

ta to'lqin funksiya to'g'ri keladi. Demak, shu ifoda kvant mexanikasida aynish karraligi deb ataladi. Shunday qilib, biz n^2 -karra aynigan holat bilan ish ko'ramiz

Mustahkamlash uchun savollar:

1. Vodorod atomi uchun Shreydinger tenglamasini yozing va uning yechimidan kelib chiqadigan natijalarni tushuntirib bering.
2. Vodorod atomida elektronning energiyasi qanday qonuniyat bilan o'zgaradi?
3. Vodorod atomining ionlashish energiyasi deganda nimani tushunasiz?
4. Elektronning atomdagi holati qanday kvant sonlari bilan aniqlanadi?
5. Vodorod atomi spektri kvant mexanikasida qanday tushuntiriladi va tanlash qoidasi nima?

1. Axmadjonov O.I. «Fizika kursi, optika, atom va yadro fizikasi». Toshkent -«O‘qituvchi», 1989.
2. Детлаф А.А., Яворский Б.М., « Курс физики « М.: «Высшая школа », 2000.
3. Трофимова Т.И. «Курс физики». М.: «Высшая школа», 2000.
4. Савельев И.В. «Курс общей физики, книга 5.», М.: Наука. 1998.
5. Кристи Р., Питти А. Строение вещества: Введение в современную физику. М.: Наука. 1969.
6. Стручков В.В., Яворский Б.М. «Вопрос современной физика» М .: « Просвещение », 1973.
7. Кондаков В.А. «Строение и свойства вещества» М.«Просвещение»,1970.
8. Буравихин В.А., Егоров В.А. Биография электрона. М.:»Знание», 1985.

Darsning xronologik xaritasi: 80 minut

1. Darsni tashkil qilish. 2 minut
2. Davomatni tekshirish. 2 minut
3. Atom fizikasi fanidan o'tiladigan mavzular ishchi dasturi bilan qisqacha tanishtirish. 4 minut.
4. Atom fizikasi fanining oldingi o'rganilgan umumiy fizika kurslaridan farqi va umumiylik tomonlarini bayon qilish. 5 minut
5. Atom fizikasi kursini o'rganishda foydalaniladigan adabiyotlar, ma'ruza matnlari bulardan foydalanish usullari. (Ma'ruza matnda har bir mavzular uchun reja, tayanch so'zlar, adabiyotlarga ko'rgazmalar, nazorat savollar keltirilganligini alohida ta'kidlash). 5 minut.
6. Yangi mavzuni bayon qilish. Atom fizikasining yaratilishi va rivojlanish bosqichlari. Atomning tarkibi, atomning asosiy xususiyatlarini bayon etish, atom fizikasi fani yutuqlarining qo'llanishi va yechimi muhim bo'lgan muammolarini bayon qilish. 55 minut.
7. O'tilgan mavzu bo'yicha savol-javoblar. 7 minut.

O'quv mashg'ulotida ta'lim texnologiyasi modeli

12- Mavzu: Bir elektronli atomlar. Vodorod atomi. Elektronning oprbital mexanik va magnit momentlari. Bor magnetoni. Shtern va Gerlax tajribasi. Ulenbek va Gaudsmit gipotezasi. Elektron spini.

<i>Vaqt: 80 min.</i>	<i>Talabalar soni: 52 ta</i>
<i>O'quv mashg'ulotining shakli</i>	Ma'lumotli kirish - ma'ruza
<i>O'quv mashg'ulotining tuzilishi</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. O'quv kursi va mashg'ulot mavzusiga kirish 2. Bilimlarni faollashtirish - aqliy hujum 3. Ma'ruza matnini tarqatish 4. Asosiy atamalarni aniqlash-pinbord
<i>O'quv mashg'ulot maqsadi: O'quv fani to'g'risida umumiy tasavvurlarni berish</i>	
<i>Pedagogik vazifalar:</i>	<i>O'quv faoliyat natijalari:</i>
<ul style="list-style-type: none"> - Vodorod atomi. - Elektronning orbital mexanik va magnit momentlari. - Bor magnetoni - Shtern va Gerlax tajribasi. - Eynshteyn va de Gaaz tajribasi. - Ulenbek va Gaudsmit gipotezasi. - Elektron spini.. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vodorod atomi haqida tushuncha berish. 2. Elektronning orbital mexanik va magnit momentlari. 3. Bor magnetoni nima 4. Shtern va Gerlax tajribasi. 5. Eynshteyn va de Gaaz tajribasi. 5. Ulenbek va Gaudsmit gipotezasi. 6. Elektron spini.
<i>Ta'lim usullari</i>	Ma'ruza minbari
<i>Ta'limni tashkillashtirish shakli</i>	Jamoaviy
<i>Ta'lim vositalari</i>	Ma'ruza matni, kompyuter
<i>Ta'lim berish sharoiti</i>	Texnik vositalar bilan jihozlangan xona
<i>Monitoring va baholash</i>	Tezkor - so'rov.

Ma'lumotli kirish - ma'ruzasining texnologik xaritasi

Ish bosqich-lari va vaqti	Faoliyat mazmuni	
	ta'lim beruvchi	ta'lim oluvchilar
1-bosqich. O'quv mashg'ulotiga kirish (20 daq.)	<p>1.1 Mavzuning nomi, maqsad va kutilayotgan natijalarni yetkazadi. Taqdimot bo'yicha ekranga fanning tuzilmaviy-mantiqiy chizmasini chiqaradi, mavzularning o'zaro aloqasini yoritadi, ularga qisqa tavsif beradi, fan miqyosida bajariladigan uslubiy va tashkiliy ishlar xususiyatlarini tushuntiradi.</p> <p>Reyting-nazorat tizimi, joriy, oraliq, va yakuniy nazoratni baholash mezonlari</p> <p>(№ 1.1 ilova) bilan tanishtiradi.</p> <p>Mavzu bo'yicha asosiy tushunchalarni; mustaqil ishlash uchun adabiyotlar ro'yxatini aytadi.</p> <p>1.2. Birinchi o'quv mashg'ulot mavzusi, maqsad va o'quv faoliyat natijalarini aytadi.</p> <p>1.3. Mavzuni mustahkamlash uchun savollarni beradi (3-ilova)</p>	<p>Tinglaydilar</p> <p>Tinglaydilar</p> <p>Yozib oladilar.</p>
2-bosqich. Asosiy (50 daq.)	<p>2.1. Mavzu bo'yicha ma'ruza matnini tarqatadi va uning rejasi, asosiy tushunchalar bilan tanishishni taklif qiladi.</p> <p>2.3. Berilgan savollar asosida javoblar berilib umumiy xulosalar chiqariladi.</p> <p>2.4 Talabalar bilan birga fanga taaluqli bo'lmagan va qaytariluvchi ma'lumotlarni ochib tashlaydi, muhim asosiy tushunchalarni (Pinbord) kiritadi.</p>	<p>Tinglaydilar.</p> <p>Tinglaydilar, yozib oladilar.</p>
3-bosqich. Yakuniy (10 daq.)	<p>3.1. Mavzu bo'yicha yakun yasaydi, qilingan ishlarning kelgusida kasbiy faoliyatidagi ahamiyatiga talabalar e'tiborini qaratadi.</p> <p>3.2 O'tilgan darsni mustahkamlash uchun foydanilgan adabiyotlar ro'yxati keltiriladi.</p> <p>3.3. Mustaqil ish uchun topshiriq beradi va uning baholash mezonlari bilan tanishtiradi.</p>	<p>O'z-o'zini, o'zaro baho-lashni o'tkazadilar.</p> <p>Topshiriqni yozadilar</p>

BAHOLASH MEZONLARI

№	Nazorat turi	Ball	Nazorat ishi	Uy ishi	Mustaqil ish	Darsda faolligi	Amaliy ish	Laboratorya
1	JN-1	11	2	2	2	1	2	2
2	JN-2	12	3	2	2	1	2	2
3	JN-3	12	3	2	2	2	2	2
3	ON-1	17	13	2	1	1	-	-
4	ON-2	18	14	2	1	1	-	-
5	YN	30	30					

86-100% “a’lo”
 71-85% “yaxshi”
 55-70% “qoniqarli”
 0-54% “qoniqarsiz”

Ilova 1.2

Talabalar bilimini faollashtirish uchun tezkor savollar

1. Shtern va Gerlax, Eynshteyn va de-Gaaz, Ioffe va Kapitsa tajribalari nima maqsadda o'tkazilgan va ularning tajribalari elektron spini orqali qanday tushuntiriladi?
2. Elektronning spin mexanik va spin magnit momentlari orasida qanday bog'lanish bor?
3. Fazoviy kvantlanish deganda nimani tushinasiz?
4. Kvant mexanikasidagi farqlanmaslik prinsipi nimadan iborat?
5. Atomdagi elektronlar Pauli prinsipi bo'yicha qobiqlarda qanday taqsimlanadi?
6. Elementlarning xossalari bilan tashqi qobiqdagi elektronlar soni orasida qanday bog'liqlik bor?
7. Rentgen nurlanishi spektridan Plank doimiysi qanday aniqlanadi?

Ilova 1.3

Aqliy hujum qoidasi:

Hech qanday birga baholash va tanqidga yo'l qo'yilmaydi!

Taklif etilayotgan g'oyani baholashga shoshma, agarda u hattoki ajoyib va g'aroyib bo'lsa ham hamma narsa mumkin.

Tanqid qilma, hamma aytilgan g'oyalar qimmatli teng kuchlidir.

O'rta chiquvchini bo'lma!

Turtki berishdan o'zingni ushla!

Maqsad miqdor hisoblanadi!

Qancha ko'p g'oyalar aytilsa, undan ham yaxshi: yangi va qimmatli g'oyalarni paydo bo'lishi uchun ko'p imkoniyatdir.

Agarda g'oyalar qaytarilsa, xafa bo'lma va hijolat chekma.

Tasavvuringni “jo'sh urishiga” ruxsat ber!

Agarda g'oyalar qaytarilsa, xafa bo'lma va hijolat chekma.

Tasavvuringni “jo'sh urishiga” ruxsat ber!

Pinbord (inglizchadan: *pin*- mahkamlash, *board* – yozuv taxtasi) munozara usullari yoki o'quv suhbatini amaliy usul bilan moslashdan iborat.

Ta'lim beruvchi:

→ Taklif etilgan muammoni yechishga o'z nuqtai nazarini bayon qiladi.

→ Ommaviy to'g'ri aqliy hujumni tashkillashtiradi.

Ta'lim oluvchilar quyidagi g'oyalarni:

→ Taklif etadilar, muhokama qiladilar, baholaydilar eng ko'p maqbul (samarali va boshqa g'oyalarni tanlaydilar va ularni qog'oz varag'iga asosiy so'zlar ko'rinishida (2 so'zdan ko'p bo'lmagan) yozadilar va yozuv taxtasiga biriktiradilar.

→ Guruh a'zolari (ta'lim beruvchi tomonidan belgilangan 2-3 talaba yozuv taxtasiga chiqadilar va boshqalar bilan maslahatlashib:

- aniq xato yoki qaytariluvchi g'oyalarni saralaydilar;
- tortishuvlarni aniqlaydilar;
- g'oyalarni tizimlashtirish mumkin bo'lgan belgilar bo'yicha aniqlaydilar;
- shu belgilar bo'yicha hamma g'oyalarni yozuv taxtasida guruhlaydilar (kartochka/ varaqlar).

Ta'lim beruvchi:

→Umumlashtiradi va ish natijalarini baholaydi.

Monitoring va baholash

O'tilgan mavzu bo'yicha og'zaki so'rov, tezkor savol-javob qarab 1-2 ballgacha baholanadi.

Ilova 1.5

Mustaqil ish topshiriqlari.

1. Shtern va Gerlax tajribasi. Elektronning spini. Larmor teoremasi.
2. Taqdimot slaydlari.

Bir elektronli atomlar. Vodorod atomi. Elektronning orbital mexanik va magnit momentlari.

Bor magnetoni. Shtern va Gerlax tajribasi. Ulenbek va Gaudsmit gipotezasi. Elektron spini.

**12- Ma'ruza
(2-soat)**

Reja:

1. Vodorod atomi.
2. Elektronning orbital mexanik va magnit momentlari.
3. Bor magnetoni.
4. Shtern va Gerlax tajribasi.
5. Eynshteyn va de Gaaz tajribasi.
5. Ulenbek va Gaudsmit gipotezasi.
6. Elektron spini.

Tayanch so'zlar va iboralar: Vodorod atomi, Shtern va Gerlax, Eynshteyn va de-Gaaz, Ioffe va Kapisa tajribalari, elektronning spini, spin momenti va uning kvantlanishi, spin magnit momenti, fermion va bozonlar, o'xshash zarachalarning farqlanmaslik prinsipi, Pauli prinsipi, elektronlarni atomda holatlar

bo'yicha taqsimlanishi, elektron qobiqlar va qobiqchalar, elementlar davriy sistemasi va Pauli prinsipi, elementlarning xossalari tashqi qobiqdagi elektronlar soni bilan tushuntirish, ishqoriy metallar va inert gazlar, rentgen nurlari spektri va ularning hosil bo'lishi, tutash rentgen nuri spektrini anod kuchlanishiga bog'liqligi, Plank doimiysini aniqlash, xarakteristik rentgen nuri, spektral seriyalari,

Kvant mexanikasi nuqtai nazaridan vodorod atomini qarab chiqamiz. Bitta proton va elektrondan iborat sistemadagi elektronning potensial energiyasi $U = -\frac{Ze^2}{r}$ ga teng. U holda Shredinger tenglasi

$$\Delta\psi + \frac{8\pi^2m}{h^2}(E + \frac{Ze^2}{r})\psi = 0 \quad (1).$$

Elektron harakatlanayotgan maydon markaziy simmetrik bo'lgani uchun sferik koordinatalar sistemasida (1) quyidagi ko'rinishini oladi.

$$\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} (r^2 \frac{\partial \psi}{\partial r}) + \frac{1}{r^2 \sin Q} \frac{\partial}{\partial Q} (\sin Q \frac{\partial \psi}{\partial Q}) + \frac{1}{r^2 \sin^2 Q} \frac{\partial^2 \psi}{\partial \varphi^2} + \frac{8\pi^2m}{h^2} (E + \frac{Ze^2}{r}) \psi = 0 \quad (2).$$

Bu tenglama quyidagi ikki holda bir qiymatli, chekli va uzluksiz qiymatlarga ega bo'ladi.

a) $E > 0$ bu holda elektron cheksizlikdan yadroga yaqinlashib kelib, yadro yaqinidan o'tadi va yana cheksizlikka ketadi.

b) $E < 0$ bu energiya yadro bilan bog'langan elektronga mos keladi. Ya'ni

$$E_n = -\frac{2\pi^2m_e e^4 Z^2}{n^2 h^2} \quad (3) \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

va demak kvant mexanikasi Bor nazariyasi bergan natijani beradi. Lekin Bor nazariyasida bunday holatlar postulatlar yordamida olinadi. (1) tenglamaning xususiy funksiyalari uchta n, l va m parametrlarga ega. Ya'ni $\psi = \psi_{\min}(r, Q, \varphi)$ n — bosh kvant soni deyiladi va atom energiya sathi nomeri bilan mos tushadi. l — azimutal, m — magnit kvant sonlari deyiladi. Ularning quyidagi qiymatlarida (1) tenglama ma'noga ega bo'ladi. $l = 0, 1, 2, \dots, n-1$

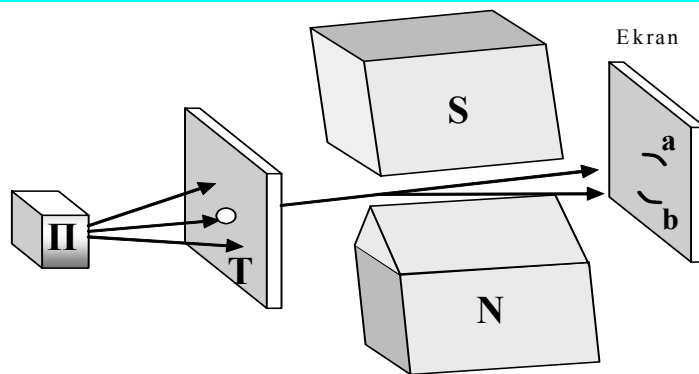
$$m = -l, -l+1, \dots, -1, 0, +1, \dots, l-1, l$$

Azimutal kvant sonining turli qiymatlariga mos keluvchi holatlarga impuls momentining turli qiymatlari mos keladi. Spektroskopiyada qo'llaniladigan belgilar azimutal kvant sonlarini belgilashda ham ishlatiladi.

s, p, d, f, g, h ; $l = 0, 1, 2, 3, 4, 5$. Masalan, $n = 3, l = 1$ holatdagi elektron $3p$ deb belgilanadi va hokazo. (2) ga ko'ra elektron energiyasi faqat bosh kvant son n ga bog'liq. Har bir E_n energiyaning xususiy qiymatiga ψ_{***} xususiy funksiyaning turli l va m sonli bir necha qiymati mos keladi. Bunday bir xil energiyali holatlarga aynish deyiladi. Holatlar soniga esa aynish darajasi deyiladi. Vodorod atomi uchun aynish darajasi n^2 ga teng, ya'ni

$$\sum_{l=0}^{n-1} (2l+1) = n^2.$$

O.Shtern va V.Gerlaxlar tajribada tashqi magnit maydoni ta'sirida atom magnit momentlari fazoda ixtiyoriy yo'nalishlarda emas, balki ruxsat etilgan, tayinli yo'nalishlardagina joylashishini isbotladilar. Ular atomlar dastasi nihoyat darajada bir jinsli bo'lmagan magnit maydonidan o'tganda magnit momentining fazodagi yo'nalishiga qarab ekranning turli joylariga tushishlarini kuzatdilar. Ularning tajriba sxemasi 1-rasmda ko'rsatilgan. Kuchli bir jinsli bo'lmagan magnit maydoni elektromagnit o'zagining qutblariga maxsus shakl berish bilan hosil qilinadi.



1-rasm.

Qizdirilgan kameradan bug'lanib chiqqan atomlar T to'siqdagi tirqishdan chiqqach, ingichka dasta shakliga keladi. So'ngra bu atomlar dastasi elektromagnit o'zagi qutblari orasidagi bir jinsli bo'lmagan magnit maydonidan o'tib, E ekranga boradi. Qurilma havosi so'rib olingan maxsus kameraga joylashtirilgan bo'ladi.

Klassik fizika nuqtai nazaridan qaraganda atomlar dastasi ekranni bir joyiga tushishi kerak, chunki atomlarning magnit momentlari har qanday qiymatni olishi mumkin. Kvant nazariyasiga ko'ra atomlar dastasi umuman bo'laklarga ajramasligi yoki kamida uchta bo'lakka ajralishi kerak. Vodorod atomi dastasi esa magnit momenti nol bo'lgani uchun umuman bo'laklarga ajramasligi kerak edi. Lekin vodorod atomlari dastasi bir jinsli bo'lmagan magnit maydonidan o'tishda ikkiga ajralib, ekranning a va b nuqtalarida qayd qilindi. Bir valentli Na, K, Ag va boshqa atomlar dastasini ham vodorodga o'xshab ikki bo'lakka ajralishi kuzatildi. Umuman Shtern va Gerlax tajribasi atom magnit momentlarini fazoviy kvantlanishini isbotladi. Agar bir jinsli bo'lmagan magnit maydondan P - holatdagi ($\ell = 1$) atomlar dastasi o'tkazilsa, ular uch bo'lakka ($2\ell + 1 = 3$) bo'linishi qayd qilindi. Buni sababi keyinchalik ma'lum bo'ldi.

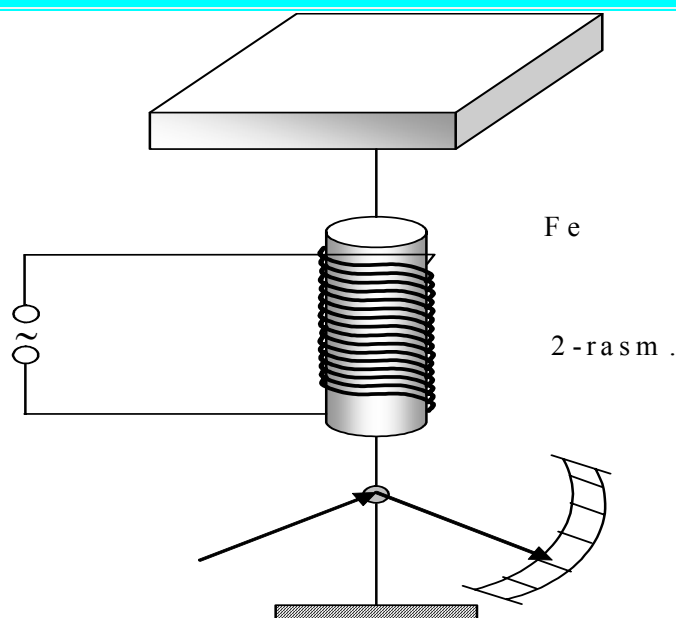
Shtern va Gerlax atomlar aylanma impulsi energiya kabi faqat diskret qiymatlarni olishi mumkin ekanligini tajriba yordamida ko'rsatib berdilar. Ular atomning magnit momentini o'lchadilar. Bu moment atomdagi ichki toklar, ya'ni elektronlar harakati tufayli sodir bo'ladi. Shunday ekan, atom magnit momenti va aylanma impulsi orasida o'zaro bog'lanish mavjud. Tajriba mohiyati shundaki, ingichka atom dastasi bir jinsli bo'lmagan magnit maydonidan o'tkaziladi. Agar atom magnit momentga ega bo'lsa, kuchlanganligi H - bo'lgan magnit maydonida u potensial energiya oladi,

$$U = -(\vec{\mu} \cdot \vec{H}) = -\mu H \cos \alpha, \quad (4)$$

\vec{H} - magnit maydon kuchlanganligi, α - magnit maydoni kuchlanganligi bilan atomning magnit momenti orasidagi burchak. Klassik mexanika qonunlaridan ma'lumki, $\vec{F} = -\vec{\nabla}U$ - bir jinsli bo'lmagan magnit maydonda ta'sir etuvchi kuch. Kuchning koordinata o'qlaridagi proyeksiyasi, mos tarzda:

$$F_x = -\frac{\partial U}{\partial x}; \quad F_y = -\frac{\partial U}{\partial y}; \quad F_z = -\frac{\partial U}{\partial z} \quad (5)$$

Magnit maydoni atomga Lorens kuchi bilan ta'sir etadi: $F = -\frac{\partial U}{\partial z}$. Agar atomning magnit momenti diskret qiymatni olmasa, unga ta'sir etuvchi kuch $0 \div F_{\max}$ oraliqdagi qiymatlarni qabul qilishi mumkin va natijada atom magnit maydondan o'tgach, dastlabki yo'nalishdan turli burchakka og'ishi lozim bo'lib, nurlanish to'lqin uzunligi - λ turli qiymatlarga ega bo'lar va ekranda tirqish tasviri chaplashib ketgan dog'dan iborat bo'lishi kerak edi, tajribada esa: $H = 0$ da spektr chizig'i - bitta, $H \neq 0$ da esa - ikkita o'zaro parallel chiziq hosil bo'ladi. Bundan $\cos \lambda = \pm 1$ gina qiymatni olishi, ya'ni atomning magnit momenti uning energiyasi kabi diskret qiymatlar oladi, atom magnit maydonida diskret oriyentatsiyalanadi degan xulosa kelib chiqadi.

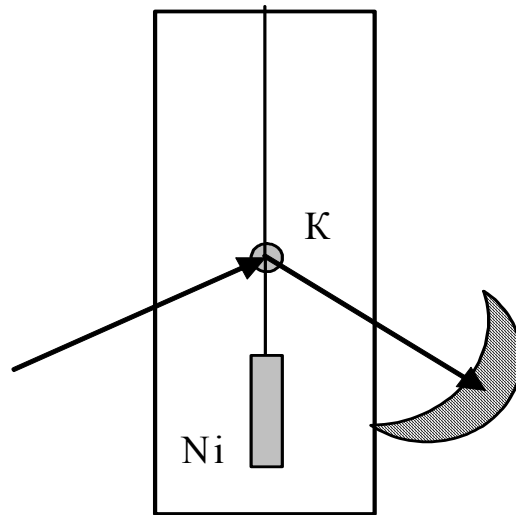


Bu vaqtda giromagnit nisbatni aniqlash bo'yicha A.Eynshteyn va de Gaazlar o'tkazgan tajriba natijasini tushuntirish ham muammo bo'lib turgan edi, chunki tajribadan giromagnit nisbat uchun nazariya ko'rsatganidan ikki marta katta qiymat olingan edi. Bu nisbatni tajribada aniqlash uchun A.Eynshteyn va de Gaazlar po'lat sterjenni o'ramli g'altak ichiga kiritib, ikki uchini ip bilan mahkamlangan (2-rasm). G'altakdan tok o'tkazilganda sterjen magnitlanishi natijasida elektronlarning orbital magnit momentlari tashqi magnit maydoni yo'nalishida tartibli joylashadi. Natijali mexanik moment noldan farqli bo'lib qoladi. Ma'lumki, sistemaning natijali mexanik momenti nol bo'lishi kerak. Shuning uchun sterjen magnitlanish vaqtida teskari yo'nalishda moment olib buriladi. Magnit maydoni yo'nalishi o'zgarsa, sterjen ham teskari tomonga buriladi. Sterjen osilgan ipni burilishi juda kichik bo'lgani uchun unga mahkamlangan kichkina ko'zgudan qaytgan yorug'lik nurini burilishiga qarab, sterjen burilganini sezish mumkin.

A.Eynshteyn va de Gaaz tajribalarini 1920 yilda rus fiziklari A.F.Ioffe va P.L.Kapisa boshqacha ko'rinishda takrorladilar. Ular ipga osilgan nikel sterjenni Kyuri nuqtasidan (3600 C) katta temperaturagacha isitilganda magnitsizlanish vaqtida uning burilishini aniqladilar. A.Eynshteyn va de Gaaz tajribasida po'lat sterjen magnitlanish natijasida burilsa, A.F.Ioffe va P.L. Kapisa tajribasida nikel sterjen magnitsizlanishi vaqtida elektronlarning impuls momentlarining vaziyati o'zgarishi tufayli buriladi. Impuls momentining saqlanish qonuniga ko'ra sistema impuls momenti o'zgarmasdan qolishi kerak. Shuning uchun elektronlarning impuls momentining o'zgarishini to'ldirish uchun sistema, ya'ni nikel sterjen vertikal o'q atrofida buriladi. (3-rasm). Nikel sterjen osilgan ipga mahkamlangan ko'zgudan qaytgan nurning burilish burchagini o'lchab va ipning elastiklik koeffitsientini aniqlab, sterjen olgan mexanik momentni va sterjenni tashkil qilgan atomlarining yig'indi magnit momentlarini ham o'lchash mumkin. Lekin giromagnit nisbat bitta elektron uchun hisoblanadi.

A.F.Ioffe va P.L.Kapisa tajribasida ham A.Eynshteyn va de -Gaaz tajribasidek natija olindi, ya'ni giromagnetik nisbat nazariy natijadan ikki marta katta bo'lib chiqdi. Bulardan tashqari ko'plab murakkab atomlarning spektrini tushuntirishda ham qiyinchilikka duch kelindi.

Atomlarning spektral chiziqlarini sinchiklab tekshirish natijasida ayrim chiziqlar yonma-yon joylashgan ikkita chiziqdan iborat ekanligi ayon bo'ldi. Bunga misol kilib natriyning sariq chizig'ini olish mumkin. Oddiy spektral asboda ham bu sariq chiziq bir-biriga yaqin joylashgan, to'lqin uzunliklari $\lambda_1=5896 \text{ \AA}$ va $\lambda_2=5890 \text{ \AA}$ bo'lgan ikkita chiziqdan iborat ekanini ko'rish mumkin. Lekin, nima sababdan spektral chiziqni ikkiga ajralganini Bor atom nazariyasi ham, o'sha vaqtdagi kvant mexanikasi ham tushuntirib berolmadi.



3-rasm.

1925 yili amerikalik fiziklar Jorj Ulenbek (1900) va Semyuel Gaudsmit (1902-1979) agar elektron xususiy mexanik va magnit momentlarga ega deb faraz qilinsa, Shtern va Gerlax, A.Eynshtey va de Gaaz tajribalarini ham, atomlarining spektral chiziqlarini bo'linishini ham tushuntirish mumkinligini isbotladilar. Klassik fizika nuqtai nazaridan qaraganda elektron o'z o'qi atrofida aylangandagina xususiy impuls va magnit momentiga ega bo'ladi. Elektron zaryadga ega bo'lishi natijasida magnit momenti vujudga keladi. Elektronning xususiy impuls momentini spin, xususiy magnit momentini spin magnit momenti deb ataladi.

«Spin» inglizcha so'z bo'lib «aylanmoq» degan maononi anglatadi. Bu terminni ishlatilishiga sabab o'sha vaqtda elektronni o'z o'qi atrofida aylanuvchi zaryadli sharcha sifatida tasavvur qilingan. Lekin bunday tasavvur noto'g'ri ekanligi keyinchalik ma'lum bo'ldi. Chunki, elektron uchun odatdagi impuls va magnit moment qiymatini olish uchun u yorug'lik tezligidan yuz martadan ham katta chiziqli tezlikda aylanishi kerak ekan. Bu esa Eynshteyn nisbiylik nazariyasiga zid keladi. Bunday bo'lishini hisoblab ko'rganda elektronning tezligi yorug'lik tezligidan 200 marta katta

$$V_0 = \frac{5}{2} \frac{\hbar}{mr} = \frac{5}{2} \frac{1,05 \cdot 10^{-34}}{9,1 \cdot 10^{-34} \cdot 2 \cdot 10^{-15}} = 600 \cdot 10^8 \frac{m}{c} = 200 \cdot c$$

qiymat kelib chiqadi.

Elektron spinni uning aylanishi bilan bog'lash noto'g'ri ekanini zaryadsiz zarracha-neytron ham mexanik momentdan tashqari spin magnit momentiga ega bo'lishida ko'rishimiz mumkin. Hozirgi vaqtda elektron spin, uning aylanishini bildirmaydi, spin xuddi zaryad va massa kabi elektronning impuls momentini bildiruvchi kattalik hisoblanadi. Elektronning spin mexanik momenti ham orbital mexanik momentga o'xshab kvantlanadi, ya'ni

$$L_s = \hbar \sqrt{S(S+1)} = \sqrt{3} \frac{\hbar}{2}$$

Bu formulada $S = 1/2$ ga teng bo'lib, spin kvant soni deb ataladi. Spin magnit momentining qiymati

$$P_{ms} = \frac{e}{m} L_s = \frac{e}{m} \frac{\hbar}{2} \sqrt{3} = \mu_B \sqrt{3}$$

ifoda bilan aniqlanadi. Elektronning spin mexanik momentida ham fazoviy kvantlanish mavjud, ya'ni u fazodagi ixtiyoriy Z yo'nalishda ikkita proyeksiyaga ega,

$$L_{sz} = m_s \hbar = \pm \frac{1}{2} \hbar$$

Bu ifodada $m_s = \pm \frac{1}{2}$ ga teng bo'lib, magnit spin kvant soni deb ataladi. Bundan ko'rinadiki, elektron

Plank doimiysi birligida yarimta spinga ega ekan. Odatda $m_s = +\frac{1}{2}$ ni «spin-tepaga (\uparrow)»; $m_s = -\frac{1}{2}$ ni

«spin-pastga (\downarrow)» ko'rinishida belgilanadi. Spin magnit momentining ham tashqi magnit maydon yo'nalishidagi proyeksiyasi faqat ikkita qiymatga ega bo'la oladi.

$$P_{msZ} = \frac{e}{m} L_{sZ} = \frac{e}{m} m_s h = \pm \frac{eh}{2m} = \mu_B$$

Ko'rinib turibdiki, spin magnit momentining fazodagi tashkil etuvchisining qiymati Bor magnetoni μ_B ga teng ekan.

Elektronning spin kvant sonini hisobga olsak, uning atomdagi holati, to'rtta kvant soni orqali aniqlanadi (1-jadval).

1-jadval

Kvant sonlari	Olishi mumkin bo'lgan qiymati	Umumiy qiymati
Bosh kvant soni, n	1, 2, 3, ...	har qanday sonni
Orbital kvant soni, ℓ	0, 1, 2, ..., (n-1)	n
Magnit kvant soni, m_ℓ	0, $\pm 1, \pm 2, \dots \pm \ell$	$2\ell + 1$
Spin magnit kvant soni, m_s	-1/2, +1/2	$2S + 1$

Elektronlar atom yadrosi atrofidagi elektron qobiqlarda Pauli takidlash prinsipi bo'yicha taqsimlanadi. Bu haqida keyinroq to'liq ma'lumot beramiz. Elektron qobiqlarda elektronlar doimo qarama-qarshi spin bilan juft-juft bo'lib joylashadi. Shuning uchun to'lgan qobiqning natijali spin momenti nolga teng bo'ladi. Bir valentli kimyoviy elementlarda tashqi qobiqida S holatda faqat bittadan elektron bo'lgani uchun yuqorida aytganimizdek, bu elektronning orbital magnit momenti nolga teng, lekin spin magnit momenti nolga teng bo'lmasdan u atomning magnit momentini belgilaydi. Bunday atomlar magnit maydonidan o'tishda spinlari $m_s = +\frac{1}{2}$ ga teng bo'lganlari bir

tomonga, $m_s = -\frac{1}{2}$ ga teng bo'lganlari esa boshqa tomonga og'adilar. Natijada tashqi qobiqda S-holatda bittadan elektroni bo'lgan barcha atomlar Shtern-Gerlax tajribasida ekranda bir-biridan aniq ajralgan chiziq hosil qiladi. (1-rasm.).

Spektral chiziqlarning ayrimlari nima sababdan bir-biriga juda yaqin joylashgan ikkita chiziqdan iborat ekanini ham spin orqali, xususan spin-orbital o'zaro ta'sir orqali tushuntirish mumkin. Elektronning spin magnit momenti orbital magnit momentiga parallel yoki antiparallel bo'lishi mumkin. Elektron spinini elektron orbitasiga nisbatan bunday ikki xil vaziyati energetik sathni bo'linishiga, ya'ni yonma-yon qo'sh chiziq hosil bo'lishiga olib keladi. Natriy spektridagi qo'sh sariq chiziq ham spin-orbital o'zaro ta'sir tufayli hosil bo'ladi.

Elektron spinini haqidagi faraz Eynshteyn va de-Gaaz tajribasi natijasiga ham oydinlik kiritdi. Ya'ni ferromagnetiklarning magnit xossalari elektronlarning orbital magnit momentlari orqali emas, spin magnit momentlar orqali belgilanishi aniqlandi. Natijada giromagnit nisbatni tajribada nima sababdan ikki marta katta chiqqani aniq bo'ldi.

Shunday qilib, ko'rib o'tilgan tajriba natijalari spin haqidagi tushuncha kiritilishi bilan tushuntirildi. Lekin bu tushuncha o'sha vaqtdagi kvant nazariyasidan kelib chiqmagan edi.

Shuning uchun olimlar elektron spinini ham o'z ichiga olgan nazariya yaratishga harakat qildilar. Bunday nazriyani 1928 yilda ingliz fizik-nazariyotchisi Pol Dirak yaratdi. U yaratgan tenglama elektronning nafaqat to'liq xossasini, balki Eynshteyn nisbiylik nazariyasi talablarini ham xisobga oldi. Nisbiylik nazariyasiga mos keladigan kvant mexanikasini, relyativistik kvant mexanikasi deb ataladi.

Relyativistik kvant mexanikasi asoschisi P.Dirak yaratgan to'liq tenglama, yorug'lik tezligiga yaqin tezlikda harakatlanayotgan zarrachalarning to'liq xossalari hisobga olgan tenglamadir. Biz relyativistik kvant mexanikasiga, xususan Dirak tenglamasiga to'xtalmaymiz, u maxsus kurslarda ko'rib o'tiladi. P.Dirak tenglamasidan elektroni xususiy magnit momentga, ya'ni spin magnit momentga ega bo'lishligi va elektron massasiga, zaryadi elektron zaryadiga teng, lekin ishorasi musbat bo'lgan zarracha - antielektroni mavjud bo'lishligi nazariy kelib chiqdi.

1932 yilda bunday antizarracha amerikalik fizik K.Anderson tomonidan Vilson kamerasida kosmik nurlar tarkibida qayd qilindi va unga pozitron deb nom berildi. Pozitron topilgandan keyin boshqa elementar zarrachalarning ham antizarrachalari kashf qilina boshladi.

Agar bitta zarrachaning harakatini tekshirishdan (masalan bir elektronni) ko'p elektronli sistemaga o'tganda ularni klassik fizikada o'xshashi yo'q xususiyati namoyon bo'ladi. Aytaylik kvant mexanikasida tekshirilayotgan sistema bir xil zarrachalardan, masalan elektronlardan iborat bo'lsin. Hamma elektronlar bir xil massa, zaryad, spin va kvant soniga ega bo'lgani uchun ularni aynan o'xshash zarrachalar deyiladi. Bir xil o'xshash zarrachalardan tashkil topgan sistemani o'ziga xos xususiyati shundaki, tajriba yordamida ham ularni bir-biridan farqlab bo'lmaydi. Buni kvant mexanikasida o'xshash zarrachalarning farqlanmaslik prinsipi deb ataladi.

Klassik fizikada esa o'xshash zarrachalarni fazodagi o'rni va impulsiga qarab farqlash mumkin. Masalan, biror sistema tarkibiga kirgan zarrachalarni boshlang'ich momentda «xuddi nomerlagandek» belgilab olaylik. U holda zarrachalarni trayektoriya bo'yicha harakatini kuzatish natijasida vaqtning turli onlarida u yoki bu zarrachaning vaziyati to'g'risida ma'lumotga ega bo'lamiz.

Kvant mexanikasida zarrachani fazoning u yoki bu sohasida qayd qilish ehtimolligi aniqlanadi. Bunday holda bir xil zarrachalarni «nomeri bo'yicha» ajratish imkoniyati bo'lmaydi. Zarrachalarni bir-biridan farq qilib bo'lmagani uchun ham ularni o'rni almashib qolgani bilan ehtimollik o'zgarmaydi. Shunday qilib, kvant mexanikasida o'xshash zarrachalar o'zining individualligini (ya'ni alo'idaligini) yo'qotib, bir-biridan farqlanmasdan qoladi.

Kvant mexanikasida zarrachalarning farqlanmaslik prinsipi ularning to'liq funksiyalari simmetriyasining alohida bir xususiyatga ega bo'lishiga olib keladi. Agar zarrachalarning o'rni almasha to'liq funktsiya ishorasini o'zgartirmasa, u simmetrik, ishorasini o'zgartirsa, antisimmetrik to'liq funktsiya deb ataladi. To'liq funktsiyani simmetriyasi vaqt o'tishi bilan o'zgarmaydi.

Shveysariyalik nazariyotchi fizik Volfrang Pauli (1900-1958) 1940 yilda spini nol yoki butun songa ega bo'lgan barcha zarrachalar Boze-Eynshteyn statistikasiga, yarimta spinga ega bo'lgan zarrachalar esa Fermi-Dirak statistikasiga bo'yin so'nishini ko'rsatib berdi. Butun sonli spinga ega bo'lgan zarrachalarga π -mezonlar va fotonlar kiradi, ular bozonlar deb ataladi va simmetrik to'liq funktsiya bilan ifodalanadi. Yarimta spinli zarrachalarga elektron, proton va neytron kiradi va ularga fermionlar deb nom berilgan. Fermionlarning to'liq funktsiyasi antisimmetrik hisoblanadi.

Mustahkamlash uchun savollar:

1. Shtern va Gerlax, Eynshteyn va de-Gaaz, Ioffe va Kapitsa tajribalari nima maqsadda o'tkazilgan va ularning tajribalari elektron spini orqali qanday tushuntiriladi?
2. Elektronning spin mexanik va spin magnit momentlari orasida qanday bog'lanish bor?
3. Fazoviy kvantlanish deganda nimani tushinasiz?
4. Kvant mexanikasidagi farqlanmaslik prinsipi nimadan iborat?
5. Atomdagi elektronlar Pauli prinsipi bo'yicha qobiqlarda qanday taqsimlanadi?
6. Eleymentlarning xossalari bilan tashqi qobiqdagi eleyktronlar soni orasida qanday bog'liqlik bor?
7. Rentgen nurlanishi spektridan Plank doimiysi qanday aniqlanadi?

Adabiyotlar

1. Axmadjonov O.I. «Fizika kursi, optika, atom va yadro fizikasi». Toshkent -«O'qituvchi», 1989.
2. Детлаф А.А., Яворский Б.М., « Курс физики » М.: «Высшая школа », 2000.
3. Трофимова Т.И. «Курс физики». М.: «Высшая школа», 2000.
4. Савельев И.В. «Курс общей физики, книга 5.», М.: Наука. 1998.
5. Кристи Р., Питти А. Строение вещества: Введение в современную физику. М.: Наука. 1969.
6. Стручков В.В., Яворский Б.М. «Вопрос современной физика» М.: « Просвещение », 1973.
7. Кондаков В.А. «Строение и свойства вещества» М.«Просвещение», 1970.
8. Буравихин В.А., Егоров В.А. Биография электрона. М.:»Знание», 1985.

Darsning xronologik xaritasi: 80 minut

1. Darsni tashkil qilish. 2 minut
2. Davomatni tekshirish. 2 minut
3. Atom fizikasi fanidan o'tiladigan mavzular ishchi dasturi bilan qisqacha tanishtirish. 4 minut.
4. Atom fizikasi fanining oldingi o'rganilgan umumiy fizika kurslaridan farqi va umumiylik tomonlarini bayon qilish. 5 minut
5. Atom fizikasi kursini o'rganishda foydalaniladigan adabiyotlar, ma'ruza matnlari bulardan foydalanish usullari. (Ma'ruza matnda har bir mavzular uchun reja, tayanch so'zlar, adabiyotlarga ko'rgazmalar, nazorat savollar keltirilganligini alohida ta'kidlash). 5 minut.
6. Yangi mavzuni bayon qilish. Atom fizikasining yaratilishi va rivojlanish bosqichlari. Atomning tarkibi, atomning asosiy xususiyatlarini bayon etish, atom fizikasi fani yutuqlarining qo'llanishi va yechimi muhim bo'lgan muammolarini bayon qilish. 55 minut.
7. O'tilgan mavzu bo'yicha savol-javoblar. 7 minut.

O'quv mashg'ulotida ta'lim texnologiyasi modeli

13- Mavzu: Bir elektronli atomlar. Elektronning xususiy magnit momenti. Spin giromagnit qo'shish qoidasi haqida tushuncha. Spin-orbital o'zaro ta'sir. Vodord atomi spektrining nozik strukturasi. Nozik struktura (Dirak) formulasi. Klassik fizika va optikaga chegaraviy o'tish. G'alayonlarni kvantmexanik nazariya asoslari.

<i>Vaqt: 80 min.</i>	<i>Talabalar soni: 52 ta</i>
<i>O'quv mashg'ulotining shakli</i>	Ma'lumotli kirish - ma'ruza
<i>O'quv mashg'ulotining tuzilishi</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. O'quv kursi va mashg'ulot mavzusiga kirish 2. Bilimlarni faollashtirish - aqliy hujum 3. Ma'ruza matnini tarqatish 4. Asosiy atamalarni aniqlash-pinbord
<i>O'quv mashg'ulot maqsadi: O'quv fani to'g'risida umumiy tasavvurlarni berish</i>	
<i>Pedagogik vazifalar:</i> <ul style="list-style-type: none"> - Elektronning xususiy magnit momenti. - Spin giromagnit qo'shish qoidasi haqida tushuncha. - Spin-orbital o'zaro ta'sir. - Vodord atomi spektrining nozik strukturasi. - Nozik struktura (Dirak) formulasi. - Magnitomexanik effektlar. - Klassik fizika va optikaga chegaraviy o'tish. - G'alayonlarni kvantmexanik nazariya asoslari. 	<i>O'quv faoliyat natijalari:</i> <ol style="list-style-type: none"> 1. Elektronning xususiy magnit momenti. 2. Spin giromagnit qo'shish qoidasi haqida tushuncha. 3. Spin-orbital o'zaro ta'sir. 4. Vodord atomi spektrining nozik strukturasi. 5. Nozik struktura (Dirak) formulasi. 6. Magnitomexanik effektlar. 7. Klassik fizika va optikaga chegaraviy o'tish. 8. G'alayonlarni kvantmexanik nazariya asoslari.
<i>Ta'lim usullari</i>	Ma'ruza minbari
<i>Ta'limni tashkillashtirish shakli</i>	Jamoaviy
<i>Ta'lim vositalari</i>	Ma'ruza matni, kompyuter

<i>Ta'lim berish sharoiti</i>	Texnik vositalar bilan jihozlangan xona
<i>Monitoring va baholash</i>	Tezkor - so'rov.

Ma'lumotli kirish - ma'ruzasining texnologik xaritasi

Ish bosqich-lari va vaqti	Faoliyat mazmuni	
	ta'lim beruvchi	ta'lim oluvchilar
1-bosqich. O'quv mashg'ulotiga kirish (20 daq.)	<p>1.1 Mavzuning nomi, maqsad va kutilayotgan natijalarni yetkazadi. Taqdimot bo'yicha ekranga fanning tuzilmaviy-mantiqiy chizmasini chiqaradi, mavzularning o'zaro aloqasini yoritadi, ularga qisqa tavsif beradi, fan miqyosida bajariladigan uslubiy va tashkiliy ishlar xususiyatlarini tushuntiradi.</p> <p>Reyting-nazorat tizimi, joriy, oraliq, va yakuniy nazoratni baholash mezonlari</p> <p>(№ 1.1 ilova) bilan tanishtiradi.</p> <p>Mavzu bo'yicha asosiy tushunchalarni; mustaqil ishlash uchun adabiyotlar ro'yxatini aytadi.</p> <p>1.2. Birinchi o'quv mashg'ulot mavzusi, maqsad va o'quv faoliyat natijalarini aytadi.</p> <p>1.3. Mavzuni mustahkamlash uchun savollarni beradi (3-ilova)</p>	<p>Tinglaydilar</p> <p>Tinglaydilar</p> <p>Yozib oladilar.</p>
2-bosqich. Asosiy (50 daq.)	<p>2.1. Mavzu bo'yicha ma'ruza matnini tarqatadi va uning rejasi, asosiy tushunchalar bilan tanishishni taklif qiladi.</p> <p>2.3. Berilgan savollar asosida javoblar berilib umumiy xulosalar chiqariladi.</p> <p>2.4 Talabalar bilan birga fanga taaluqli bo'lmagan va qaytariluvchi ma'lumotlarni ochib tashlaydi, muhim asosiy tushunchalarni (Pinbord) kiritadi.</p>	<p>Tinglaydilar.</p> <p>Tinglaydilar, yozib oladilar.</p>
3-bosqich. Yakuniy (10 daq.)	<p>3.1. Mavzu bo'yicha yakun yasaydi, qilingan ishlarning kelgusida kasbiy faoliyatidagi ahamiyatiga talabalar e'tiborini qaratadi.</p> <p>3.2 O'tilgan darsni mustahkamlash uchun foydanilgan adabiyotlar ro'yxati keltiriladi.</p> <p>3.3. Mustaqil ish uchun topshiriq beradi va uning baholash mezonlari bilan tanishtiradi.</p>	<p>O'z-o'zini, o'zaro baho-lashni o'tkazadilar.</p> <p>Topshiriqni yozadilar</p>

BAHOLASH MEZONLARI

№	Nazorat turi	Ball	Nazorat ishi	Uy ishi	Mustaqil ish	Darsda faolligi	Amaliy ish	Laboratoriya
1	JN-1	11	2	2	2	1	2	2
2	JN-2	12	3	2	2	1	2	2
3	JN-3	12	3	2	2	2	2	2
3	ON-1	17	13	2	1	1	-	-
4	ON-2	18	14	2	1	1	-	-
5	YN	30	30					

86-100% “a’lo”
 71-85% “yaxshi”
 55-70% “qoniqarli”
 0-54% “qoniqarsiz”

Ilova 1.2

Talabalar bilimini faollashtirish uchun tezkor savollar

1. To’la harakat miqdori momenti haqida tushuncha bering.
2. Orbital va spin momentlari o’rtasidagi burchak qanday hisoblanadi?
3. To’la magnit momenti haqida

Ilova 1.3

Aqliy hujum qoidasi:

Hech qanday birga baholash va tanqidga yo’l qo’yilmaydi!
 Taklif etilayotgan g’oyani baholashga shoshma, agarda u hattoki ajoyib va g’aroyib bo’lsa ham hamma narsa mumkin.
 Tanqid qilma, hamma aytilgan g’oyalar qimmatli teng kuchlidir.
 O’rtaga chiquvchini bo’lma!
 Turtki berishdan o’zingni ushla!
 Maqsad miqdor hisoblanadi!
 Qancha ko’p g’oyalar aytilsa, undan ham yaxshi: yangi va qimmatli g’oyalarni paydo bo’lishi uchun ko’p imkoniyatdir.
 Agarda g’oyalar qaytarilsa, xafa bo’lma va hijolat chekma.
 Tasavvuringni “jo’sh urishiga” ruxsat ber!
 Agarda g’oyalar qaytarilsa, xafa bo’lma va hijolat chekma.
 Tasavvuringni “jo’sh urishiga” ruxsat ber!

Ilova 1.4

Pinbord (inglizchadan: *pin*- mahkamlash, *board* – yozuv taxtasi) munozara usullari yoki o’quv suhbatini amaliy usul bilan moslashdan iborat.

Ta'lim beruvchi:

→ Taklif etilgan muammoni yechishga o'z nuqtai nazarini bayon qiladi.

→ Ommaviy to'g'ri aqliy hujumni tashkillashtiradi.

Ta'lim oluvchilar quyidagi g'oyalarni:

→ Taklif etadilar, muhokama qiladilar, baholaydilar eng ko'p maqbul (samarali va boshqa g'oyalarni tanlaydilar va ularni qog'oz varag'iga asosiy so'zlar ko'rinishida (2 so'zdan ko'p bo'lmagan) yozadilar va yozuv taxtasiga biriktiradilar.

→ Guruh a'zolari (ta'lim beruvchi tomonidan belgilangan 2-3 talaba yozuv taxtasiga chiqadilar va boshqalar bilan maslahatlashib:

- aniq xato yoki qaytariluvchi g'oyalarni saralaydilar;
- tortishuvlarni aniqlaydilar;
- g'oyalarni tizimlashtirish mumkin bo'lgan belgilar bo'yicha aniqlaydilar;
- shu belgilar bo'yicha hamma g'oyalarni yozuv taxtasida guruhlaydilar (kartochka/ varaqlar).

Ta'lim beruvchi:

→Umumlashtiradi va ish natijalarini baholaydi.

Monitoring va baholash

O'tilgan mavzu bo'yicha og'zaki so'rov, tezkor savol-javob qarab 1-2 ballgacha baholanadi.

Ilova 1.5

Mustaqil ish topshiriqlari.

1. Elektronning xususiy magnit momenti va spin-orbital o'zaro ta'sir.
2. Taqdimot slaydlari.

**13- Ma'ruza
(2-soat)**

Bir elektronli atomlar. Elektronning xususiy magnit momenti. Spin giromagnit qo'shish qoidasi haqida tushuncha. Spin-orbital o'zaro ta'sir. Vodord atomi spektrining nozik strukturasi. Nozik struktura (Dirak) formulasi. Klassik fizika va optikaga chegaraviy o'tish. G'alayonlarni kvantmexanik nazariya asoslari.

Reja:

1. Elektronning xususiy magnit momenti.
2. Spin giromagnit qo'shish qoidasi haqida tushuncha.
3. Spin-orbital o'zaro ta'sir.
4. Vodord atomi spektrining nozik strukturasi.
5. Nozik struktura (Dirak) formulasi.
6. Magnitomexanik effektlar.
7. Klassik fizika va optikaga chegaraviy o'tish.
8. G'alayonlarni kvantmexanik nazariya asoslari.

Tayanch so'zlar va iboralar: Moment, xususiy magnit moment, harakat miqdori momenti, momentlarni qo'shish qoidasi, kvant sonlar, spin-orbital o'zaro ta'sir, LS-bog'lanish, jj-bog'lanish. Nozik struktura, Dirak formulasi, spin-orbital o'zaro ta'sir, aynish, sath, tuzatma, magnitomexanik effektlar, g'alayon, o'tish

Atomda har bir elektron aniq orbital harakat miqdori momenti \vec{l} ga va aniq spin harakat miqdori momenti \vec{s} ga ega. Bundan buyon elektronning spinini kichik \vec{s} harfi bilan belgilaymiz. Atom magnetizmi esa elektronlarning orbital va spin momentlariga proporsional bo'lgan orbital va spin magnit momentlari $\vec{\mu}_l, \vec{\mu}_s$ bilan xarakterlanadi (yadro magnit momenti nisbatan juda kichikdir). Har bir elektronning to'la harakat miqdori momentini \vec{j} orqali belgilasak, u holda \vec{j} orbital \vec{l} va spin \vec{s} momentining yig'indisiga teng bo'ladi:

$$\vec{j} = \vec{l} + \vec{s} \quad (1)$$

Har qanday harakat miqdori momenti singari elektronning to'la mexanik momenti \vec{j} ham

$$M^2 = \hbar^2 l(l+1) \quad (2)$$

va

$$M_z = \hbar m_l, \quad m_l = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm l, \quad (3)$$

kabi kvantlangan va quyidagi ifodalar orqali aniqlangan bo'ladi:

$$|\vec{j}| = \hbar \sqrt{j(j+1)}, \quad \vec{j}_z = \hbar m_j \quad (4)$$

Bu yerda j – to'la moment kvant soni, Zommerfeldning belgilashicha, ichki kvant soni deb ataladi. m_j – to'la momentning magnit kvant soni.

Momentlarning qo'shish qoidasi har qanday momentlarni qo'shish uchun jumladan, orbital va spin momentlarini qo'shish uchun ham o'rinalidir. Shuning uchun elektronning to'la harakat miqdori momentini xarakterlovchi ichki kvant soni

$$j = |l \pm s| = \left| l \pm \frac{1}{2} \right|, \quad j_1 = l + \frac{1}{2}, \quad j_2 = l - \frac{1}{2} \quad (5)$$

electro. Orbital va spin kvant sonlari mos ravishda (2) va

$$S^2 = \hbar^2 S(S+1) \quad (6)$$

orqali aniqlanadi. Shunday qilib, $l \neq 0$ da j ikkitagina qiymat; $l = 0$ da esa bittagina qiymat $j = \frac{1}{2}$ qabul qiladi. To'la momentning magnit kvant sonini aniqlash uchun (1) ni z o'qiga proyeksiyalaymiz, ya'ni $j_z = l_z + s_z$. U holda bu ifodaga har bir proyeksiya uchun, mos ravishda, (3) tenglikni tatbiq qilsak,

$$m_j \hbar = m_l \hbar + m_s \hbar$$

hosil bo'ladi yoki

$$m_j = m_l + m_s \quad (7)$$

ga kelimiz. Ma'lumki, m_l ning mumkin bo'lgan qiymatlari $+l$ dan $-l$ gacha nol ham kirgan intervalda yotadi. m_s ning mumkin bo'lgan qiymatlari esa $\pm s$ gat eng. l kvant soni har doim butun sonidir, spin kvant soni s esa yarimga teng, ya'ni $s = \frac{1}{2}$. Demak, m_j har doim yarim butun son qiymatlar qabul qiladi. m_j ning mumkin bo'lgan qiymatlari

$$m_j = -j, -j+1, \dots, j-1, j$$

bo'ladi. Bu yerda j soni orbital sonining berilgan l qiymatida (5) da ifodalangan ikkita qiymatni qabul qiladi.

To'la, orbital va spin momentlari $\vec{j}, \vec{l}, \vec{s}$ bir vaqtda kvantlanganligi sababli ular o'zaro faqat biror aniq yo'nalishga ega bo'ladi. Biz ko'rayotgan bir elektronli atom electro momentlarning faqat

ikkita nisbiy joylashishlari o'rinli bo'ladi. Ulardan biri $j = l + s(|\vec{j}\rangle|\vec{l}|)$ ga, ikkinchisi $j = l - s(|\vec{j}\rangle|\vec{l}|)$ ga to'g'ri keladi. $l = 1$ va $s = \frac{1}{2}$ uchun bu ikki hol tasvirlangan.

Orbital va spin momentlari o'rtasidagi burchakni ko'raylik. Orbital va spin momentlari o'rtasidagi burchakni aniqlash uchun (1) ni kvadratga ko'taramiz:

$$\vec{j}^2 = \vec{l}^2 + \vec{s}^2 + 2|\vec{l}||\vec{s}|\cos(\vec{l} \wedge \vec{s}). \quad (8)$$

U holda

$$\cos(\vec{l} \wedge \vec{s}) = \frac{\vec{j}^2 - \vec{l}^2 - \vec{s}^2}{2|\vec{l}||\vec{s}|}$$

bo'ladi. Bu ifodaga $\vec{j}, \vec{l}, \vec{s}$ larning (4), (2), (6) ifodalarini qo'yib,

$$\cos(\vec{l} \wedge \vec{s}) = \frac{j(j+1) - l(l+1) - s(s+1)}{2\sqrt{l(l+1)} \cdot \sqrt{s(s+1)}}$$

ga kelimiz. Ichki kvant soni j ning (5) dagi ikkita mumkin qiymatlarini esga olsak, orbital va spin momenti o'rtasidagi burchakning ikkita mumkin bo'lgan qiymatini hosil qilamiz. Agar biz fazoda \vec{l} va \vec{s} vektorlarning aniq yo'nalishi haqida hech narsa ayta olmasak, u holda ular o'rtasidagi burchakni qanday tushunish kerak, degan savol tug'ilishi mumkin, albatta. Bu burchak quyidagi ma'noga ega. Tashqi ta'sir bo'lmaganda (ya'ni sistema yopiq) to'la harakat miqdori momentining yo'nalishi va miqdori saqlanadi. Xususiyl aylantiruvchi momentlar esa \vec{l} va \vec{s} vektorlarni ularning teng ta'sir etuvchisi \vec{j} atrofida pretsessiya kabi harakat qilishga olib keladi. \vec{l} va \vec{s} larning \vec{j} yo'nalishiga proyeksiyasi aniq qiymatga ega bo'ladi, ya'ni \vec{l} va \vec{s} vektorlarning har birini \vec{j} bilan hosil qilgan burchagini aniqlash mumkin. U holda, albatta, orbital va spin momentlari o'rtasidagi burchak ham haqiqiy ma'noga ega bo'ladi va son qiymatini aniqlash mumkin.

Elektronning orbital va spin momentlarining qo'shilishi tegishli magnit momentlarining ham qo'shilishiga olib keladi. Biz bu masalani vector modelida ko'ramiz. 56-rasmda orbital va spin harakat miqdori momentlari \vec{l} va \vec{s} hamda ularning teng ta'sir etuvchisi \vec{j} Plank doimiysi \hbar birligida tasvirlangan. Tegishli magnit momentlari esa qarama-qarshi yo'nalishda bo'ladi. Orbital va spin magnit momentlari $\vec{\mu}_l, \vec{\mu}_s$ esa rasmda Bor magnetoni birligida tasvirlangan. Birliklarning bu xil sistemasida

$$\vec{\mu}_l = -\frac{e}{2m_e c} \vec{M}_l. \quad (9)$$

ga ko'ra \vec{s} dan ikki marta uzun bo'ladi. Shuning uchun, μ_l va μ_s larning teng ta'sir etuvchisi \vec{j} ga antiparallel emas. Tashqi maydon bo'lmagan yoki markaziy kuch maydoni holi uchun \vec{j} ning saqlanishi yuqorida aytilgan edi. \vec{l} va \vec{s} vektorlar esa \vec{j} atrofida pretsession harakat qiladi. Demak, $\vec{\mu}_l, \vec{\mu}_s$ va ularning yig'indisi $\vec{\mu}_{yig'}$ ham \vec{j} atrofida pretsession harakat qiladi. $\vec{\mu}_l, \vec{\mu}_s, \vec{\mu}_{yig'}$ vektorlarning \vec{j} yo'nalishidagi proyeksiyasi saqlanadi, albatta. $\mu_{yig'}$ ning \vec{j} yo'nalishga proyeksiyasini $\vec{\mu}_j$ orqali belgilaymiz. $\mu_{yig'}$ ning \vec{j} ga perpendikulyar tashkil etuvchisining tashqi magnit maydoni bilan o'rtacha o'zaro ta'siri nolga teng. Shuning uchun tashqi maydonda elektron o'zining «effektiv» magnit momenti $\vec{\mu}_j$ bilan xarakterlanadi. To'la moment \vec{j} bilan $\vec{\mu}_j$ o'zaro antiparalleldir, ya'ni

$$\vec{\mu}_j = -g\mu_B \vec{j}, \quad (10)$$

bu yerda g – pproporsionallik koeffitsiyenti bo'lib, Lande faktori deb ataladi.

To'la moment (1) ga mos qo'yiluvchi yig'indi magnit momenti

$$\vec{\mu}_{yig'} = -\mu_B \vec{l} - 2\mu_B \vec{s} \quad (11)$$

_lectro. Bu _lectr munosabatni \vec{j} yo'nalishga proyeksiyalaymiz. Buning uchun avval (11) ning ikki tomonini \vec{j} ga skalyar ko'paytirib, \vec{j} ning uzunligiga bo'lamiz. U holda $\vec{\mu}_j$ ning

$$\mu_j = \frac{\vec{\mu}_{yig'} \cdot \vec{j}}{j} = -\mu_B \frac{\vec{l} \cdot \vec{j} + 2\vec{s} \cdot \vec{j}}{j}$$

_lectro qiymatini aniqlaymiz. $\vec{\mu}_j$ vektorining o'zi esa

$$\vec{\mu} = -\mu_j \frac{\vec{j}}{j} = -\mu_B \frac{\vec{l} \cdot \vec{j} + 2\vec{s} \cdot \vec{j}}{j^2} \cdot \vec{j} = -2g\mu_B j$$

ga teng. Oxirgi tenglikdan Lande faktorining quyidagi ifodasi

$$g = \frac{1}{j^2} (\vec{l} \cdot \vec{j} + 2\vec{s} \cdot \vec{j}) = \frac{1}{j^2} [\vec{l}(\vec{l} + \vec{s}) + 2\vec{s}(\vec{l} + \vec{s})] = \frac{l^2 + 2s^2 + 3\vec{l} \cdot \vec{s}}{j^2}$$

ni hosil qilamiz. $(\vec{l} \cdot \vec{s})$ ni (8) dan aniqlab, $\vec{l}^2, \vec{s}^2, \vec{j}^2$ lar uchun kvantlash shartlaridan foydalanamiz. U holda

$$2\vec{l} \cdot \vec{s} = \vec{j}^2 - \vec{l}^2 - \vec{s}^2 = \hbar^2 [j(j+1) - l(l+1) - s(s+1)].$$

$(\vec{l} \cdot \vec{s})$ ning bu ifodasini g uchun yozilgan formulaga qo'yib $\vec{l}^2, \vec{s}^2, \vec{j}^2$ larning kvantlash shartlariga ko'ra

$$g = 1 + \frac{j(j+1) + s(s+1) - l(l+1)}{2j(j+1)} \quad (12)$$

ga kelamiz. (10) ga ko'ra Lande faktori Bor magnetoni birligida to'la magnit va mexanik moment uchun giromagnit nisbat vazifasini bajaradi. Agar biror atom uchun $S = 0$ bo'lsa, $J = L$ va (12) dan $g = 1$ kelib chiqadi. To'la orbital harakat miqdori momenti nolga teng atom uchun esa, ya'ni $L = 0$ va $J = S$ ga $g = 2$ ga, bo'ladi. Haqiqatan ham

$$\vec{\mu}_s = \frac{e}{m_e c} \vec{S} = 2\gamma \vec{S} = \gamma_s \vec{S} \quad (13)$$

ga mos spin uchun giromagnit nisbat orbital moment uchun giromagnit nisbatga qaraganda ikki marta kattadir.

Spin-orbital o'zaro ta'sir. Atom spektrini eksperimental o'rganish natijasida spektr chiziqlarining dublet xarakterga ega ekanligi aniqlandi. Ayni vaqtda bu hodisa atom elektronining spin va orbital harakat miqdori momentlari o'rtasidagi magnit o'zaro ta'sir asosida tushuntiriladi. Misol tariqasida, vodorod atomini ko'ramiz, ya'ni atomdagi bittagina _lectron protondan iborat yadro Kulon maydonida harakatlanayotgan bo'lsin. Spin-orbital o'zaro ta'sirning mavjudligini ikki xil yo'l bilan ko'rsatish mumkin. Birinchidan, harakatlanayotgan elektronning orbital magnit momenti $\vec{\mu}_l$ har qanday magnit momenti singari quyidagi elektr _lectr momentiga ega

$$\vec{d} = \frac{1}{c^2} [\vec{v}, \vec{\mu}_l]$$

Bu _lectr momentini yadroning kuchlanganligi $\vec{\varepsilon}$ _lectro Kulon maydoni bilan o'zaro ta'sir energiyasi

$$E_{ls} = -(\vec{d} \cdot \vec{\varepsilon}) = -\frac{1}{c^2} ([\vec{v}, \vec{\mu}_l] \cdot \vec{\varepsilon}) \quad (14)$$

_lectro. Bu yerda $\vec{\varepsilon}$ electron joylashgan nuqtada yadro Kulon maydoni kuchlanganligi. Demak, yadroning Kulon maydoni bilan electron orbital magnit momenti $\vec{\mu}_l$ ning o'zaro ta'sir energiyasi $l \neq 0$ hollarda noldan farqli bo'lishi mumkin.

Spin-orbital o'zaro ta'sirning mavjudligini quyidagi _lec klassik modeli yordamida ham tushuntirish mumkin. Yadro atrofida harakatlanayotgan _lectron bilan bog'liq sanoq sistemasiga o'taylik. U holda electron bilan bog'liq sistemada yadro _lectron atrofida harakatlanadi. U o'z harakati natijasida _lectron joylashgan nuqtada effektiv magnit maydon hosil qiladi. Elektronning spin

magnit momenti $\vec{\mu}_s$ har qanday magnit moment singari bu «tashqi» effektiv magnit maydon bilan o'zaro ta'sirlashadi. Ushbu o'zaro ta'sir energiyasi

$$E_{IS} = -(\vec{\mu}_s \cdot \vec{B}_{eff.})$$

bo'ladi. Tashqi effektiv magnit maydonga nisbatan elektronning spin magnit momenti, ma'lumki, faqat ikki xil yo'nalishga ega bo'ladi. Shuning uchun o'zaro ta'sir energiyasi

$$E_{IS} = \pm \frac{e\hbar}{2m_e c} B_{eff.} = \pm \mu_B B_{eff.} \quad (15)$$

ikki xil qiymat qabul qiladi. Shunday qilib, atomda muayyan kvant holatda joylashgan elektron energiyasi spin-orbital o'zaro ta'sir yo'q holidagi energiyasidan spinning yo'nalishiga qarab $\mu_B B_{eff.}$ ga ortiq yoki kam bo'ladi. Buning natijasida har bir kvant ($l=0, S$ – holatdan tashqari) holatni ikkita alohida holatga, ya'ni spektr chizig'ini ikkitaga ajralish hodisasi yuz beradi. S-holat ajralmaydi, faqat siljiydi xolos.

LS – bog'lanish. Atomning to'la harakat miqdori momenti \vec{J} ga bir necha elektronning orbital va spin harakat miqdori momentlari hissa qo'shsa, \vec{J} shu momentlarning yig'indisi bo'lib qolaveradi. Elektronlarning o'zaro ta'sirda bo'lishligi sababli, ularning orbital va spin momentlarini qo'shish atom sistemasidagi mavjud o'zaro ta'sirlar xarakteri bilan aniqlanuvchi qoidalarga bo'ysunadi. Agar elektronlar sistemasining orbital va spin momentlari o'zaro ta'siri har bir elektronning orbital va spin momentlari o'zaro ta'siridan kuchli bo'lsa, elektronlar sistemasida LS – bog'lanish oshadi.

LS – bog'lanish ko'pincha Russel-Saunders yoki normal bog'lanish deb ham ataladi. Eksperiment natijalaridan tabiatda ko'pchilik hollarda LS – bog'lanish amalgam oshirilishi aniqlangan. Shuning uchun ham atom tuzilishi nazariyasida LS – bog'lanish muhim rol o'ynaydi.

Eng og'ir atomlardan tashqari hamma hollarda o'rinli bo'lgan LS – bog'lanish atomning o'zaro ta'sirlashuvdagi har xil elektronlar orbital harakat miqdori momentlarini bir-birlari bilan qo'shilib atomning to'la orbital harakat miqdori momenti \vec{L} ga, har bir elektronning spinlari esa atomning to'la spin momenti \vec{S} ga birlashishi yo'li bilan oshiriladi. \vec{L} va \vec{S} momentlar esa nisbatan kuchsizroq spin-orbital o'zaro ta'sir natijasida atomning to'la harakat miqdori \vec{J} ga birlashadi. LS – bog'lanishning sxemasini quyidagicha tasvirlash mumkin:

$$\left. \begin{aligned} \vec{L} &= \sum \vec{L}_i, \\ \vec{S} &= \sum \vec{S}_i, \\ \vec{J} &= \vec{L} + \vec{S}. \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

$|\vec{L}|, |\vec{S}|, |\vec{J}|, L_z, S_z, J_z$ lar odatdagidek kvantlanadi va ularga L, S, J, M_L, M_S, M_J kvant sonlari mos keladi, ya'ni

$$|\vec{L}| = \hbar\sqrt{L(L+1)}, L_z = \hbar M_L, \quad (17a)$$

$$M_L = -L, -L+1, \dots, L,$$

$$|\vec{S}| = \hbar\sqrt{S(S+1)}, S_z = \hbar M_S, \quad (17b)$$

$$M_S = -S, -S+1, \dots, S,$$

$$|\vec{J}| = \hbar\sqrt{J(J+1)}, J_z = \hbar M_J, \quad (17d)$$

$$M_J = -J, -J+1, \dots, J.$$

Bu yerda L va M_L – har doim butun yoki nolga teng, qolgan kvant sonlari esa har doim yarim butun (agar elektronlar soni toq bo'lsa) yoki har doim butun yoki nolga teng (agar elektronlar soni juft bo'lsa). LS – bog'lanishning vujudga kelishi ayrim orbital harakat miqdori momentlarini bitta umumiy \vec{L} momentga va shuning singari ayrim spin harakat miqdori momentlarini bitta umumiy spin \vec{S}

momentga birlashishga olib keluvchi elektrostatik kuchlarning nisbatan kuchli ta'siri ostida yuz beradi. orbital harakat miqdori momentlari o'rtasidagi o'zaro ta'sirni quyidagicha tasavvur qilish mumkin. Biz yuqorida vodorod atomi misolida yadro atrofida elektron zichligi ehtimolligi $|\Psi|^2$ ning vodorod atomining har xil holatlarida qanday o'zgarishini ko'rgan edik. Albatta, elektron zichligining mazkur taqsimoti boshqa atomlarda yanada murakkab bo'ladi. Umuman, $|\Psi|^2$ taqsimot, $l = 0$

S – holatdan tashqari hollarda sferik-simmetriyaga ega bo'lmaydi.

Zaryadlar (elektronlar) zichligining assimmetrik taqsimlanishi sababli atom elektronlari orasidagi o'zaro elektrostatik ta'sir elektronlar harakat miqdori momenti vektorlarining nisbiy yo'nalishiga bog'liq. Sistemaning turg'un holatlari faqat ba'zi qat'iy nisbiy yo'nalishlardagina mumkin bo'ladi. Elektronlarning bu turg'un konfiguratsiyalari (17a) ga muvofiq kvantlanuvchi to'la orbital harakat miqdori momenti bilan xarakterlanadi. Eng kichik energiyali konfiguratsiya uchun L ning qiymati eng katta bo'ladi. Masalan, yadro atrofida bitta Bor orbitasida ikkita elektron harakatlanayotgan bo'lsin. O'zaro elektrostatik itarilish sababli elektronlar yadro atrofida bir yo'nalish bo'yicha harakatlanishga intiladi. U holda elektronlarning to'la orbital harakat miqdori momenti $|\vec{L}|$ ortadi.

Aksincha, agar elektronlar qarama-qarshi yo'nalishda harakatlanganida, $|\vec{L}|$ kamaygan va o'z harakatida ularning tez-tez bir-biriga yaqinlashishidan sistemaning energiyasi ortgan bo'lar edi.

Elektron spin momentlarining o'zaro ta'sirini tasavvur qilish murakkabroq.

jj – bog'lanish. Og'ir atomlarda yadro zaryadi shunchalik kattaki, \vec{l}_i va \vec{s}_i lar o'rtasida u vujudga keliradigan spin-orbital o'zaro ta'sir elektronlar o'rtasidagi elektrostatik o'zaro ta'sir bilan tenglashadi. Natijada LS – bog'lanish buziladi (bu xil buzilish kuchli tashqi magnit maydonida ham yuz beradi). LS – bog'lanishning to'la buzilishida ayrim elektronlarning to'la harakat miqdori momentlari \vec{j}_i to'g'ridan-to'g'ri qo'shiladi. Shu yo'l bilan atomning harakat miqdori momenti hosil bo'ladi. Elektron harakat miqdori momentlarining bu xil qo'shilishiga, ya'ni elektronlarning atomdagi ushbu bog'lanishiga (jj) – bog'lanish deb ataladi. (jj) – bog'lanishni quyidagi sxema orqali tasvirlash mumkin:

$$\vec{j}_i = \vec{l}_i + \vec{s}_i, \quad i = 1, \dots, N, \quad (18a)$$

$$\vec{J} = \sum_{i=1}^N \vec{j}_i. \quad (18b)$$

Bog'lanishlarga misol tariqasida $l = 0, 1$ holatdagi ikkita elektronning hosil qilgan konfiguratsiyasini ko'ramiz $l_1 = 0, l_2 = 1, s_1 = s_2 = \frac{1}{2}$ bo'lsin. Rassel-Saunders bog'lanishiga ko'ra

$$\begin{aligned} |\vec{L}| &= \hbar \sqrt{L(L+1)}, \quad L = l_1 + l_2, \dots, |l_1 - l_2|; \quad L = 1 \\ |\vec{S}| &= \hbar \sqrt{S(S+1)}, \quad S = s_1 + s_2, \dots, |s_1 - s_2|; \quad S = 1, 0 \\ |\vec{J}| &= \hbar \sqrt{J(J+1)}, \quad J = L + S, \dots, |L - S|; \\ &J = 1 \quad \text{va} \quad J = 2, 1, 0, \end{aligned}$$

ya'ni to'rtta sathga ega bo'lamiz. Bu to'rtta sath $J_1 = 1$ va $J_2 = 2, 1, 0$, sathlardan iborat ikkita bosh termni tashkil etadi. Ikkinchi J_2 term uchta bir-biriga juda yaqin sathlardan iborat. (jj) – bog'lanishga ko'ra esa, avval $\vec{j}_i = \vec{l}_i + \vec{s}_i$

$$\begin{aligned} |\vec{J}_1| &= \hbar \sqrt{j_1(j_1+1)}; \quad j_1 = l_1 + s_1, \dots, |l_1 - s_1|; \quad j_1 = \frac{1}{2}, \\ |\vec{J}_2| &= \hbar \sqrt{j_2(j_2+1)}; \quad j_2 = l_2 + s_2, \dots, |l_2 - s_2|; \\ &j_2 = 3/2 \quad \text{va} \quad 1/2 \end{aligned}$$

\vec{l} va \vec{s} o'rtasidagi kuchli o'zaro ta'sir natijasida $j = \frac{3}{2}, \frac{1}{2}$ holatlar bir-biridan katta farq qiladigan energiyaga ega bo'ladi. \vec{j}_1 va \vec{j}_2 o'rtasidagi kuchsiz bog'lanish natijasida $\vec{J} = \sum \vec{j}_i$, ya'ni

$$|\vec{J}| = \hbar \sqrt{J(J+1)}; \quad J = j_1 + j_2, \dots, |j_1 - j_2|;$$

$$J = 2, 1 \quad \text{va} \quad 1, 0$$

demak, yana to'rttagina sath hosil bo'ladi. ushbu ikki tip bog'lanishlar beradigan energiya sathlari tasvirlangan. Shunday qilib, bu ikki tip bog'lanishda sathlar soni teng ekan. Undan tashqari, sistemaning to'la harakat miqdori momenti \vec{J} ning qiymatlari ham bir xil. Ikki tip bog'lanishda hosil bo'lgan \vec{J} ning qiymatlari o'rtasidagi moslik punktir chiziq bilan tasvirlangan.

Atomlarda odatda Rassel-Saunders bog'lanish tez-tez uchraydi. (jj) – bog'lanish esa juda kam uchraydi. Ko'pincha ikki holdan iborat oraliq bog'lanish uchraydi. Rassel-Saunders bog'lanishdan (jj) – bog'lanishga o'tish atom nomeri ortishi bilan yuz beradi.

Atom spektr chiziqlarining nozik strukturasi spin-orbital o'zaro ta'sir natijasida vujudga keladi. Nozik strukturani o'rganish uchun spin-orbital o'zaro ta'sirni hisobga olgan holda energetik sathlar xarakterini aniqlaymiz. Bu masalani, osonlik uchun, vodorod atomi misolida qarab chiqamiz. Sifat jihatdan, olib boriladigan, fikr-mulohazalar vodoroddan boshqa har qanday atomlar uchun ham o'rinli bo'ladi.

Vodorod va vodorodsimon atomlar energetik sathlarining yoki termlarining

$$E_n = -\frac{\mu \cdot Z^2 \cdot e^4}{32\pi^2 \epsilon_0^2 \hbar^2} \cdot \frac{1}{n^2} = -RZ^2 \frac{h}{n^2} \quad (19)$$

formulasi elektron spinini hisobga olmaydigan norelyativistik, ya'ni Shredinger tenglamasini yechishda keltirib chiqarilgan edi. Term qiymatlari asosan bosh kvant soni n ga bog'liq.

Agar atom to'lqin tenglamasida elektronning relyativistik massasini va spinini hisobga olsak, atomning oldingi termlariga tuzatma ΔE_{nj} kiritish kerak bo'ladi, chunki elektron spini tufayli

qo'shimcha kvant soni vujudga keldi; $j = l \pm \frac{1}{2}$. Relyativistik va spin effektlarini hisobga oladigan

to'lqin tenglama 1928-yilda Dirak tomonidan taklif qilingan. Vodorod va vodorodsimon atomlar uchun bu tenglamaning yechimi termlarning quyidagi formulasiga olib keladi:

$$E_{nj} = E_n - \frac{Rh\alpha^2 Z^4}{n^3} \left(\frac{1}{j + \frac{1}{2}} - \frac{3}{4n} \right) = E + \Delta E_{nj}, \quad (20)$$

bu yerda α – nozik struktura doimiysi bo'lib,

$$\alpha = \frac{e^2}{\hbar c} \approx \frac{1}{137}; \quad (21)$$

Z – atom yadrosining zaryad soni; E_n – atomning (1) orqali aniqlanuvchi energetik sathi; ΔE_{nj} – sathlarning nozik ajralishiga sababchi bo'lgan tuzatma. (20) ning ikkinchi (tuzatma) hadiga nozik struktura doimiysining kvadrati kiradi va u sathlarning spin-orbital o'zaro ta'sir sababidan vujudga keladigan ajralishining nozikligini ifodalaydi.

Biz yuqorida ko'rdikki, $l \neq 0$ da elektron ma'lum magnit momentga ega va shuning uchun ma'lum magnit maydon \vec{B}_{eff} vujudga keltiradi. Bu maydon yo'nalishida elektronning spini ikkita

qiymat qabul qilishi mumkin, chunki $m_s = \pm \frac{1}{2}$. Shunday qilib, $l \neq 0$ elektron uchun

$j_1 = l + \frac{1}{2}; j_2 = l - \frac{1}{2}$ xarakterlovchi ikkita holat mumkin. j ning berilgan qiymatida to'la m_j magnit kvant soni j dan $-j$ gacha o'zgarib $(2j+1)$ ta qiymat qabul qiladi. Demak, berilgan n, l, j uchun aynish darajasi

$$g_j = 2j + 1 \quad (22)$$

ga teng. yoki j ni l bilan bog'lanishini hisobga olsak, berilgan n va l uchun mumkin bo'lgan holatlar soni, ya'ni aynish darajasi

$$g_l = \sum_{j=l-\frac{1}{2}}^{l+\frac{1}{2}} (2j+1) = \frac{\left[2\left(l-\frac{1}{2}\right)+1\right] + \left[2\left(l+\frac{1}{2}\right)+1\right]}{2} (2s+1) = 2(2l+1) \quad (23)$$

bo'ladi.

Agar

$$\sum_{l=0}^{n-1} \sum_{m_l=-l}^{+l} m = \sum_{l=0}^{n-1} (2l+1) = n^2 \quad (24)$$

da har bir m_l uchun ikkita $m_s = \pm \frac{1}{2}$ ni hissasini hisobga olsak,

$$g_n = \sum_{l=0}^{n-1} 2(2l+1) = 2n^2$$

Aynish darajasiga ega bo'lamiz.

Spin-orbital o'zaro ta'sirda ilgari mumkin bo'lgan $2n^2$ aynish qisman yo'qoladi. Chunki endi tashqi maydon bo'lmaganda ham spin-orbital o'zaro ta'sir sababli to'la harakat miqdori momenti j ning saqlanishi o'rinli bo'ladi. bunda sathlarning faqat to'la harakat miqdori momenti proyeksiyasi bo'yicha aynishigina saqlanadi.

Misol tariqasida vodorod atomining muayyan n bilan xarakterlanuvchi sathlarini ko'raylik.

Agar $l=0$ bo'lsa, $j = \frac{1}{2}$, ya'ni birgina qiymat qabul qiladi. $l \geq 1$ da esa $j = l \pm \frac{1}{2}$, ya'ni berilgan n

va l uchun (20) ga binoan energiyasi har xil ikkita holat mumkin. Har bir $l \neq 0$ uchun energetik sathlarni dublet ajralishiga sabab spin-orbital o'zaro ta'sirdir. vodorod atomi $n=2$ sathining spin-orbital ajralishi tasvirlangan. Berilgan n uchun $l=0, \dots, n-1=0,1$ ga teng. $l=0$ sath ajralmaydi.

$m_s = \pm \frac{1}{2}$ bilan xarakterlanuvchi ikkita S – holatlar bir xil energiyaga ega, chunki $l=0$ uchun spin-orbital o'zaro ta'sir nolga teng. Demak, bu sath uchun aynish saqlanadi. $l=1$ bo'lgan sath $j=1+\frac{1}{2}=\frac{3}{2}$ va $j=1-\frac{1}{2}=\frac{1}{2}$ bilan farqlanuvchi ikki sathga ajraladi. Bu holatlar rasmda quyidagicha tasvirlangan (orbital harakat miqdori momenti l bir xil, lekin energiyasi har xil sathlarni j kvant sonining qiymatini hisobga olish bilan bir-biridan farq qilish mumkin). Rasmda l sonining 0,1,2,3,... qiymatlari, mos ravishda, kichik lotin harflari s, p, d, f orqali belgilangan. n sonining qiymati esa ushbu harflar oldiga yozilgan. j ning qiymati shu harflarning o'ng tomonida indeksga yozilgan. Ko'ramizki, har qanday berilgan n uchun dastlab bitta bo'lgan sathning l bo'yicha aynishi yo'qolar va har bir $l \neq 0$ sath yana ikkiga ajralar ekan. Berilgan n uchun l kvant soni 0 dan $n-1$ gacha o'zgarishi, ya'ni n ta qiymat qabul qilishi bizga ma'lum. l ning n ta qiymatlaridan $n-1$ tasi yana ikkitadan sath hosil qiladi. u holda, berilgan n da bitta sathdan ajralgan sathlarning umumiy soni $1+2(n-1)=2n-1$ ga teng bo'ladi. Boshqacha aytganda, dastlab mavjud $2n^2$ aynishdan spin-orbital o'zaro ta'sir sababli $2n-1$ tasi yo'qoladi.

Ammo relyativistik va spin-orbital effektlarni hisobga oluvchi (20) dagi qo'shimcha tuzatma energiya l dan faqat j orqali bog'langan, ya'ni j kvant soni bir xil, lekin l kvant soni har xil sathlar ustma-ust tushadi, masalan, rasmdagi $2s_{1/2}$ va $2p_{1/2}$. Bu shuni bildiradiki, vodorodsimon atom uchun

energiyasi berilgan n da (20) ga teng har bir sath $j=l+s$ ning $l=0$ dagi $\frac{1}{2}$ dan $l=n-1$ dagi $n-\frac{1}{2}$ gacha o'zgaruvchi qiymatlari soniga teng n ta sathga ajraladi. Rasmda sathlar umum qabul qilingan

belgilashlarda berilgan. Lotin harflarining chap tomonida yuqoriga $2s + 1$ qiymat yozilgan. Bizning holda $2s + 1 = 2$.

Energetik sathlar ajralishining kutilmagan bu holi faqat vodorod va vodorodsimon atomlarda mavjud. To'la harakat miqdori momenti j ning va bosh kvant soni n ning bir xil, orbital harakat miqdori l ning esa har xil qiymatlari bilan xarakterlanuvchi energetik sathlarning ustma-ust tushishi energiya qiymatiga spin-orbital o'zaro ta'sir tuzatmasi bilan elektron massasi tezlikka relyativistik bog'liqligining tuzatmasi o'zaro qisqarishi sababli yuz beradi. Bu ikki effektning energiya qiymati E_n ga kiritgan

$$\Delta E_{nj} = -\frac{RhZ^4\alpha^2}{n^3} \left(\frac{1}{j + \frac{1}{2}} - \frac{3}{4n} \right) \quad (25)$$

ga teng tuzatmasi ajralishning absolyut qiymatini xarakterlaydi. Nisbiy ajralish esa

$$\frac{|\Delta E_{nj}|}{|E_{nj}|} = \frac{\alpha^2 Z^2}{n} \quad (26)$$

ga teng.

Vodorod va vodorodsimon atom spektrlarini eksperimentda kuzatish bu munosabatlarning to'g'riligini ko'rsatdi, ya'ni n kvant sonining ortishida ajralishning absolyut qiymati $\frac{1}{n^3}$ ga proporsional ravishda kamayadi, atom yadrosi zaryad soni Z ning ortishi bilan esa Z^4 ga proporsional ortadi. Nisbiy ajralish n ning ortishi bilan $1/n$ ga proporsional kamayadi, Z ning ortishi bilan esa Z^2 ga proporsional ortadi.

Agar atom magnit momentining fazodagi yo'nalishi o'zgarsa, uning mexanik momentining ham o'zgarishi yuz beradi. Agar atom magnit momentining qiymati, biror sababga ko'ra o'zgarsa, bu hol, mos ravishda, mexanik momenti qiymatining ham o'zgarishiga olib keladi. Shuningdek, mexanik momentning o'zgarishi bilan magnit momentning o'zgarishi yuz beradi. Atom magnit va mexanik momentlarining bu xil bog'liqligi asosida yuz beradigan hodisalar magnitomexanik effektlar deb nom olgan.

Magnitlanuvchi qattiq jism berilgan bo'lsin. Agar biz jismni magnitlasak, u holda jism atomlarining magnit momentlari asosan magnitlantirish yo'nalishi bo'yicha joylashadi. Shu sababli jism atomlari o'z mexanik momenti yo'nalishini magnitlantirish yo'nalishi bo'yicha o'zgartiradi. (10) munosabatni ikkala tomonini jismning hamma atomlari bo'yicha yig'sak, jism magnit momenti

$$\vec{p} = \sum_k \vec{\mu}_{jk} \quad (27)$$

va atomlarning natijaviy mexanik momenti

$$\vec{Q} = \sum_k \vec{J}_k \quad (28)$$

dan iborat makroskopik kattaliklar o'rtasidagi munosabat

$$\vec{p} = -q\vec{Q} \quad (29)$$

ga kelimiz. Jismning magnitlanishi o'zgartirilsa, atomlarning natijaviy mexanik momenti o'zgaradi. Agar jismni yaxlit holda yopiq sistema deb qarasak, uning mexanik momenti atomlar natijaviy mexanik momenti bilan jismning yaxlit tarzdagi mexanik momentining yig'indisidan iborat bo'ladi. Yopiq sistemaning to'la mexanik momentining saqlanish qonuniga asosan atomlar natijaviy mexanik momenti o'zgarishi jismning yaxlit tarzdagi mexanik momentining ham teskari qiymatga o'zgarishini vujudga keltiradi. Demak, jismning magnitlanishi o'zgarsa, jism yaxlit holda ma'lum harakat miqdori momenti Q_j ga ega bo'ladi.

Mustahkamlash uchun savollar:

1. To'la harakat miqdori momenti haqida tushuncha bering.
2. Orbital va spin momentlari o'rtasidagi burchak qanday hisoblanadi?

3. To'la magnit momenti haqida
4. LS- va jj- bog'lanishning mohiyati nimadan iborat?
5. Relyativistik va spin effektlarini hisobga oladigan to'lqin tenglama kim tomonidan taklif qilingan?
6. Magnitomexanik effektlar deb nimaga aytiladi?
7. Nozik struktura doimiysini hisoblovchi formula qanday ifodalanadi?
8. Aynish darajasi nima?

Adabiyotlar:

1. Axmadjonov O.I. "Fizika kursi, optika, atom va yadro fizikasi". Toshkent."O'qituvchi", 1989.
2. Qoshimov Q.Q., Rasulov R.Ya., Yuldashev N.X. "Kvant mexanikasi asoslari". Toshkent - "O'qituvchi", 1995.
3. Detlaf A.A., Yavorskiy B.M., " Kurs fiziki " M.: "Visshaya shkola ", 2000.
4. Trofimova T.I. "Kurs fiziki". M.: "Visshaya shkola", 2000.
5. Savelev I.V. "Kurs obshey fiziki, kniga 5.", M.: Nauka. 1998.
6. Kristi R., Pitti A. Stroyeniye veshstva: Vvedeniye v sovremennuyu fiziku. M.: Nauka. 1969.
7. Struchkov V.V., Yavorskiy B.M. "Voprosi sovremennoy fiziki" M.: "Prosvesheniye ", 1973.
8. Kondakov V.A. "Stroenie i svoystva veuestva" M.: "Prosvesheniye", 1970.
9. Buravixin V.A., Yegorov V.A. Biografiya elektrona. M.: "Znaniye", 1985.

Darsning xronologik xaritasi: 80 minut

1. Darsni tashkil qilish. 2 minut.
2. Davomatni tekshirish. 2 minut.
3. Atom fizikasi fanidan o'tiladigan mavzular ishchi dasturi bilan qisqacha tanishtirish. 4 minut.
4. Atom fizikasi fanining oldingi o'rganilgan umumiy fizika kurslaridan farqi va umumiylik tomonlarini bayon qilish. 5 minut.
5. Atom fizikasi kursini o'rganishda foydalaniladigan adabiyotlar, ma'ruza matnlari bulardan foydalanish usullari. (Ma'ruza matnda har bir mavzular uchun reja, tayanch so'zlar, adabiyotlarga ko'rgazmalar, nazorat savollar keltirilganligini alohida ta'kidlash). 5 minut.
6. Yangi mavzuni bayon qilish. Atom fizikasining yaratilishi va rivojlanish bosqichlari. Atomning tarkibi, atomning asosiy xususiyatlarini bayon etish, atom fizikasi fani yutuqlarining qo'llanishi va yechimi muhim bo'lgan muammolarini bayon qilish. 55 minut.
7. O'tilgan mavzu bo'yicha savol-javoblar. 7 minut.

O'quv mashg'ulotida ta'lim texnologiyasi modeli

14-Mavzu: Bir elektronli atomlar. Aynan o'xshash zarralar. Bozonlar va fermionlar. Pauli prinsipi. Fermi va boze zarralar sistemalari.

<i>Vaqt: 80 min.</i>	<i>Talabalar soni: 52 ta</i>
<i>O'quv mashg'ulotining shakli</i>	Ma'lumotli kirish - ma'ruza
<i>O'quv mashg'ulotining tuzilishi</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. O'quv kursi va mashg'ulot mavzusiga kirish 2. Bilimlarni faollashtirish - aqliy hujum 3. Ma'ruza matnini tarqatish 4. Asosiy atamalarni aniqlash-pinbord
<i>O'quv mashg'ulot maqsadi: O'quv fani to'g'risida umumiy tasavvurlarni berish</i>	
<i>Pedagogik vazifalar:</i> - Aynan o'xshash zarralar. - Bozonlar va fermionlar. - Pauli prinsipi. - Fermi va boze zarralar sistemalari.	<i>O'quv faoliyat natijalari:</i> <ol style="list-style-type: none"> 7. Aynan o'xshash zarralar haqida tushuncha berish 8. Bozonlar va fermionlar haqida 9. Pauli prinsipi haqida ma'lumot berish 10. Fermi va boze zarralar sistemalari.
<i>Ta'lim usullari</i>	Ma'ruza minbari
<i>Ta'limni tashkillashtirish shakli</i>	Jamoaviy
<i>Ta'lim vositalari</i>	Ma'ruza matni, kompyuter
<i>Ta'lim berish sharoiti</i>	Texnik vositalar bilan jihozlangan xona
<i>Monitoring va baholash</i>	Tezkor - so'rov.

Ma'lumotli kirish - ma'ruzasining texnologik xaritasi

Ish bosqich-lari va vaqti	Faoliyat mazmuni	
	ta'lim beruvchi	ta'lim oluvchilar
1-bosqich. O'quv mashg'ulotiga kirish (20 daq.)	<p>1.1 Mavzuning nomi, maqsad va kutilayotgan natijalarni yetkazadi. Taqdimot bo'yicha ekranga fanning tuzilmaviy-mantiqiy chizmasini chiqaradi, mavzularning o'zaro aloqasini yoritadi, ularga qisqa tavsif beradi, fan miqyosida bajariladigan uslubiy va tashkiliy ishlar xususiyatlarini tushuntiradi.</p> <p>Reyting-nazorat tizimi, joriy, oraliq, va yakuniy nazoratni baholash mezonlari</p> <p>(№ 1.1 ilova) bilan tanishtiradi.</p> <p>Mavzu bo'yicha asosiy tushunchalarni; mustaqil ishlash uchun adabiyotlar ro'yxatini aytadi.</p> <p>1.2. Birinchi o'quv mashg'ulot mavzusi, maqsad va o'quv faoliyat natijalarini aytadi.</p> <p>1.3. Mavzuni mustahkamlash uchun savollarni beradi (3-ilova)</p>	<p>Tinglaydilar</p> <p>Tinglaydilar</p> <p>Yozib oladilar.</p>
2-bosqich. Asosiy (50 daq.)	<p>2.1. Mavzu bo'yicha ma'ruza matnini tarqatadi va uning rejasi, asosiy tushunchalar bilan tanishishni taklif qiladi.</p> <p>2.3. Berilgan savollar asosida javoblar berilib umumiy xulosalar chiqariladi.</p> <p>2.4 Talabalar bilan birga fanga taaluqli bo'lmagan va qaytariluvchi ma'lumotlarni ochib tashlaydi, muhim asosiy tushunchalarni (Pinbord) kiritadi.</p>	<p>Tinglaydilar.</p> <p>Tinglaydilar, yozib oladilar.</p>
3-bosqich. Yakuniy (10 daq.)	<p>3.1. Mavzu bo'yicha yakun yasaydi, qilingan ishlarning kelgusida kasbiy faoliyatidagi ahamiyatiga talabalar e'tiborini qaratadi.</p> <p>3.2 O'tilgan darsni mustahkamlash uchun foydanilgan adabiyotlar ro'yxati keltiriladi.</p> <p>3.3. Mustaqil ish uchun topshiriq beradi va uning baholash mezonlari bilan tanishtiradi.</p>	<p>O'z-o'zini, o'zaro baho-lashni o'tkazadilar.</p> <p>Topshiriqni yozadilar</p>

BAHOLASH MEZONLARI

№	Nazorat turi	Ball	Nazorat ishi	Uy ishi	Mustaqil ish	Darsda faolligi	Amaliy ish	Laboratoriy a
1	JN-1	11	2	2	2	1	2	2
2	JN-2	12	3	2	2	1	2	2
3	JN-3	12	3	2	2	2	2	2
3	ON-1	17	13	2	1	1	-	-
4	ON-2	18	14	2	1	1	-	-
5	YN	30	30					

86-100% “a’lo”
 71-85% “yaxshi”
 55-70% “qoniqarli”
 0-54% “qoniqarsiz”

Ilova 1.2

Talabalar bilimini faollashtirish uchun tezkor savollar

1. Aynan o'xshash zarralar deb nimaga aytiladi?
2. Pauli prinsipini tushuntiring.
3. Kvant sonlari haqida ma'lumot bering.
4. D.I. Mendeleyev elementlar davriy sistemasida elementlar qanday tartibda joylashgan?

Ilova 1.3

Aqliy hujum qoidasi:

Hech qanday birga baholash va tanqidga yo'l qo'yilmaydi!

Taklif etilayotgan g'oyani baholashga shoshma, agarda u hattoki ajoyib va g'aroyib bo'lsa ham hamma narsa mumkin.

Tanqid qilma, hamma aytilgan g'oyalar qimmatli teng kuchlidir.

O'rta chiquvchini bo'lma!

Turtki berishdan o'zingni ushla!

Maqsad miqdor hisoblanadi!

Qancha ko'p g'oyalar aytilsa, undan ham yaxshi: yangi va qimmatli g'oyalarni paydo bo'lishi uchun ko'p imkoniyatdir.

Agarda g'oyalar qaytarilsa, xafa bo'lma va hijolat chekma.

Tasavvuringni “jo'sh urishiga” ruxsat ber!

Agarda g'oyalar qaytarilsa, xafa bo'lma va hijolat chekma.

Tasavvuringni “jo'sh urishiga” ruxsat ber!

Ilova 1.4

Pinbord (inglizchadan: *pin*- mahkamlash, *board* – yozuv taxtasi) munozara usullari yoki o'quv suhbatini amaliy usul bilan moslashdan iborat.

Ta'lim beruvchi:

→ Taklif etilgan muammoni yechishga o'z nuqtai nazarini bayon qiladi.

→ Ommaviy to'g'ri aqliy hujumni tashkillashtiradi.

Ta'lim oluvchilar quyidagi g'oyalarni:

→ Taklif etadilar, muhokama qiladilar, baholaydilar eng ko'p maqbul (samarali va boshqa g'oyalarni tanlaydilar va ularni qog'oz varag'iga asosiy so'zlar ko'rinishida (2 so'zdan ko'p bo'lmagan) yozadilar va yozuv taxtasiga biriktiradilar.

→ Guruh a'zolari (ta'lim beruvchi tomonidan belgilangan 2-3 talaba yozuv taxtasiga chiqadilar va boshqalar bilan maslahatlashib:

9. aniq xato yoki qaytariluvchi g'oyalarni saralaydilar;

10. tortishuvlarni aniqlaydilar;

11. g'oyalarni tizimlashtirish mumkin bo'lgan belgilar bo'yicha aniqlaydilar;

12. shu belgilar bo'yicha hamma g'oyalarni yozuv taxtasida guruhlaydilar (kartochka/ varaqlar).

Ta'lim beruvchi:

→Umumlashtiradi va ish natijalarini baholaydi.

Monitoring va baholash

O'tilgan mavzu bo'yicha og'zaki so'rov, tezkor savol-javob qarab 1-2 ballgacha baholanadi.

Ilova 1.5

Mustaqil ish topshiriqlari.

1. Bozonlar va fermionlar hamda ularning sistemalarini o'rganish.

2. Pauli prinsipiga doir masalalar yechish.

3. Taqdimot slaydlari.

**14- Ma'ruza
(2-soat)**

Bir elektronli atomlar. Aynan o'xshash zarralar. Bozonlar va fermionlar. Pauli prinsipi. Fermi va boze zarralar sistemalari.

Reja:

1. Aynan o'xshash zarralar.

2. Bozonlar va fermionlar.

3. Pauli prinsipi.

4. Fermi va boze zarralar sistemalari.

Tayanch so'zlar va iboralar: zarra, „mutlaqo aynan“, simmetrik, antisimmetrik, bozonlar, fermionlar, spin, Shredinger tenglamasi, davriy sistema, elektron konfiguratsiya, qobiq.

Kvant mexanikasida bir xil xossalarga ega bo'lgan zarralar, ya'ni zaryad, massa (μ) va spini (s) bir xil bo'lsa, “zarralar mutlaqo aynan” deyiladi. Kvant mexanikasidagi aynanlik prinsipi Geyzenberg noaniqlik prinsipining natijasidir.

Klassik mexanikada har bir zarrani nomerlab chiqish mumkin. Kvant mexanikasida bunday qilish mumkin emas. Idish o'rtasiga to'siq qo'yib klassik zarralarni o'rganish mumkin, kvant mexanikasida esa tunnel hodisasi mavjudligi tufayli zarralarni bir-biridan to'siq bilan ajratish mumkin emas.

Koordinatalari $q_1, q_2, \dots, q_k, \dots, q_n$ bo'lgan zarralar sistemasi uchun:

$$\hat{H}(q_1, q_2, \dots, q_i, \dots, q_k, \dots, q_n) = \hat{H}(q_1, q_2, \dots, q_k, \dots, q_i, \dots, q_n)$$

\hat{P}_{ki} - k va i zarralar uchun o'rin almashtirish operatori.

$$\hat{P}_{ki} \Psi(q_1, \dots, q_i, \dots, q_k) = \Psi'(q_1, \dots, q_k, \dots, q_i)$$

Gamilton funksiyasi zarralar o'rnini almashtirilishi tufayli o'zgarmaganligi sababli Ψ' masalaning Ψ yechimi bo'ladi, ya'ni Ψ' va Ψ juda kichik miqdorga farq qilishi mumkin.

Zarrachalar o'zni almashganda yangi holat vujudga kelmaydi. Aynanlik prinsipi: bir xil zarralar to'plamida zarralar o'zni almashishi tufayli o'zgarmaydigan sistema holatigina qayd etiladi.

$$\hat{P}_{ki} \Psi(q_1, \dots, q_i, \dots, q_k) = \lambda \Psi(q_1, \dots, q_k, \dots, q_i)$$

agar $\hat{P}_{ki} \Psi'(q_1, \dots, q_k, \dots, q_i) = \Psi(q_1, \dots, q_i, \dots, q_k)$ bo'lsa

$$\hat{P}_{ki} \hat{P}_{ki} \Psi = \Psi = \lambda^2 \Psi,$$

u holda $\lambda = \pm 1$.

Zarralar o'rnini almashtirish hech qanday o'zgarish bermaydi, yoki faqatgina funksiyaning ishorasi o'zgaradi. Agar o'rin almashtirish tufayli zarra funksiyasi o'zgarmasa bunday funksiya "simmetrik" deyiladi, agar ishora o'zgarsa funksiya "antisimmetrik" deyiladi.

Shredingerning vaqtiy tenglamasini yechish bilan simmetrik va antisimmetriklik holati o'zgarmasligini isbotlash mumkin. Agar qandaydir zarralar sistemasi antisimmetrik to'lqin funksiya bilan ifodalansa, bunday zarralar doimo antisimmetrik funksiyalar bilan ifodalanishi isbot qilingan.

Tekshirishlar ko'rsatadiki, antisimmetrik funksiyalar bilan yarim butun spinli zarralar ifodalanadi.

$$S_z = \frac{\hbar}{2}(2n+1), \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

Bunday zarralar Fermi zarralar deyiladi (e, n, p, μ). Fermi zarralar uchun Fermi-Dirak taqsimoti o'rinli:

$$n_{F.D.} = \frac{n_0}{\exp\left(\frac{\hbar\omega}{kT} + 1\right)}$$

Ko'pchilik elementar va murakkab zarralar toq sonli Fermi zarralardan tashkil topgan bo'lsalar, Fermi zarralari (fermionlar) hisoblanadi, ular uchun Pauli prinsipi o'rinli bo'lib, ya'ni bitta kvant holatda faqat bitta zarra bo'lishi mumkin yoki zarra mutlaqo bo'lmasligi mumkin.

Spini butun son qadar bo'lgan zarralar, $S_z = n\hbar$, Boze-zarralar (bozonlar) deyiladi. Ular simmetrik to'lqin funksiyalar bilan ifodalanadi: fotonlar, π - mezonlar, k - mezonlar. Bozonlar Boze-Eynshteyn taqsimotiga bo'ysunadi:

$$n_{B.E.} = \frac{n_0}{\exp\left(\frac{\hbar\omega}{kT} - 1\right)}$$

Soddalik uchun 2^{sur}-aynan zarralardan tashkil topgan sistemani ko'ramiz. Bunday sistemaning to'lqin funksiyasi bir zarralik to'lqin funksiyalarda tashkil topgan bo'lib, ularning kombinatsiyalari ko'paytmadan iboratdir.

$$\Psi_{p_1}(\xi_1) \quad p_i : n, l, m, m_s$$

$$\Psi_a(\xi_1, \xi_2) = \frac{1}{\sqrt{2}} (\Psi_{p_1}(\xi_1) \Psi_{p_2}(\xi_2) - \Psi_{p_1}(\xi_2) \Psi_{p_2}(\xi_1))$$

Ikkala zarra bir xil ehtimollikka ega :

$$\Psi_a(\xi_2, \xi_1) = -\Psi_a(\xi_1, \xi_2)$$

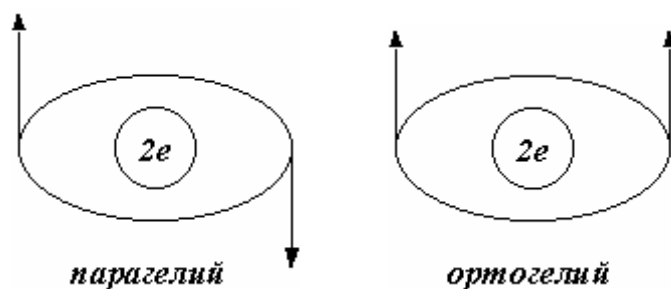
Ya'ni ikkita bir xil ehtimollikka ega bo'lgan Fermi zarra (p), bitta sathda tura olmaydi.

$$\Psi_s(\xi_1, \xi_2) = \frac{1}{\sqrt{2}} (\Psi_{p_1}(\xi_1) \Psi_{p_2}(\xi_2) + \Psi_{p_1}(\xi_2) \Psi_{p_2}(\xi_1))$$

$$\Psi_s(\xi_1, \xi_2) = \Psi_s(\xi_2, \xi_1)$$

$$\Psi_s(\xi_1, \xi_2) = \frac{1}{2} (\Psi_{p_1}(\xi_1) \Psi_{p_2}(\xi_2) - \Psi_{p_2}(\xi_1) \Psi_{p_1}(\xi_2))$$

Yuqorida aytilganlardan ko`rinadiki, agar $p_1 = p_2$, Ψ_s bo`lsa, nol bo`la olmaydi, ya`ni Boze-zarra bitta sathda xohlagan miqdorda bo`lishi mumkin. Bunday zarralar Pauli prinsipiga bo`ysunmaydi. Aynan kvant zarralarning simmetrik xossalari o`zaro almashish munosabatiga olib keladi. *He* atomidagi sistemani ko`ramiz.



1-rasm. *He* atomida elektron spinining holatlari

Elektronlar Fermi zarralardir va ularni antisimmetrik funksiyalar yordamida ifodalash mumkin.

$$\Psi(r_1, r_2, S_{z_1}, S_{z_2}) = \varphi(r_1, r_2) \chi(S_{z_1}, S_{z_2})$$

$$\Psi_a = \begin{cases} \varphi_a \chi_s \\ \varphi_s \chi_a \end{cases}$$

Shredinger tenglamasini yechib: $\hat{H} \varphi = E \varphi$ turli sathlar sistemasini hosil qilamiz, turli sathlar funksiyasi (φ) simmetrik bo`lishi ham mumkin, antisimmetrik ham bo`lishi mumkin (l -ga bog`liq ravishda).

Tajribalar ko`rsatishicha para- va ortogeliy holatlar o`z-o`zicha bir-biriga o`tmaydi, spinlar o`z holicha aylana olmaydi, albatta biror tashqi ta`sir bo`lishi lozim. Energetik spektrning spinga bog`liqligi o`zaro ta`sir almashuvi deyiladi.

Pauli prinsipi va elektronlarni murakkab atomlarda holatlar bo`yicha taqsimlanishi. Kvant sonlari. Atomlarning chiziqli spektrini o`rganish, atom ichiga «nazar solishga» imkon beradi deyish mumkin. Pauli ham atom spektrlarini o`rganib atomda ma`lum bir holatda n , ℓ , m_ℓ , m_s to`rtala kvant sonlari bir xil bo`lgan bittadan ortiq elektronni bo`lishi mumkin emas degan xulosaga keldi. Bu fizikada Paulining taqiqlash prinsipi deb yuritiladi. Pauli prinsipiga yana boshqacha ta`rif berish mumkin: bir xil fermionlardan ikkitasi bir vaqtning o`zida ayni bir holatda bo`lishi mumkin emas.

Tabiatda holati faqat antisimmetrik to`lqin funksiya bilan ifodalanuvchi fermionlar juftini uchratish mumkin. Bundan, agar to`rtala kvant sonlaridan hech bo`lmaganda bittasi bilan, masalan, spin kvant sonlari bilan farq qilsa, bir holatda ikkita elektron bo`lishi mumkin degan xulosa kelib chiqadi. Paulining taqiqlash prinsipi shunday kuchli prinsipki, u hatto fizik sistemani o`z-o`zidan eng kichik energiyali holatni olishga intilishidan ham ustun keladi.

Lekin bozonlar uchun Pauli prinsipi bajarilmaydi. Ayni bir holatda bir xil bozonlardan istagancha sondagisi bo`lishi mumkin. Atomdagi elektronlarning energetik sathlar (holatlar) bo`yicha taqsimlanishi ham Pauli prinsipiga amal qiladi.

Pauli prinsipini atomdagi elektronlarga tadbiq qilib, quyidagicha ta`riflash mumkin. Atomda n , ℓ , m , s kvant sonlar to`plami bilan ifodalanuvchi ixtiyoriy energetik sathda bittadan ortiq elektronning

bo'lishi mumkin emas. Atomda bir energetik sathda ikkita elektron bo'lsa, ular qarama-qarshi spinga ega bo'lishi kerak.

Atomda ayni bir n bosh kvant soni uchun bo'lishi mumkin bo'lgan energetik sathlarining umumiy sonini hisoblaylik. Agar n va ℓ larning qiymatlari o'zgarmasdan m va s lari bilan farqlanuvchi sathlar sonini topish kerak bo'lsa, har bir n va m ning $2\ell + 1$ ruxsat etilgan qiymati bor. Demak, n va s larning aynan to'plami $(2\ell + 1)$ sathdan iborat. Ayni n uchun ℓ ning qiymatlari 0 dan $n - 1$ gacha bo'lgan butun sonlarni olishi mumkin. Shuning uchun asosiy kvant soni n ning ayni bir qiymati bilan ifodalanuvchi sathlar soni (arifmetik progressiya hadlarining yig'indisi formulasiga asosan)

$$\sum_{\ell=0}^{n-1} 2(2\ell + 1) = 2 \frac{1 + [2(n-1) + 1]n}{2} = 2n^2$$

bo'ladi.

Mustahkamalash uchun savollar:

1. Aynan o'xshash zarralar deb nimaga aytiladi?
2. Pauli prinsipini tushuntiring.
3. Kvant sonlari haqida ma'lumot bering.
4. Fermi va boze zarralar sistemalari.

Adabiyotlar

1. Axmadjonov O.I. "Fizika kursi, optika, atom va yadro fizikasi". Toshkent."O'qituvchi", 1989.
2. Qoshimov Q.Q., Rasulov R.Ya., Yuldashev N.X. "Kvant mexanikasi asoslari". Toshkent - "O'qituvchi", 1995.
3. Detlaf A.A., Yavorskiy B.M., " Kurs fiziki " M.: "Visshaya shkola ", 2000.
4. Trofimova T.I. "Kurs fiziki". M.: "Visshaya shkola", 2000.
5. Savelev I.V. "Kurs obshey fiziki, kniga 5.", M.: Nauka. 1998.
6. Kristi R., Pitti A. Stroyeniye veshestva: Vvedeniye v sovremennuyu fiziku. M.: Nauka. 1969.
7. Struchkov V.V., Yavorskiy B.M. "Voprosi sovremennoy fiziki" M.: "Prosvesheniye ", 1973.
8. Kondakov V.A. "Stroenie i svoystva veuestva" M.: "Prosvesheniye", 1970.
9. Buravixin V.A., Yegorov V.A. Biografiya elektrona. M.: "Znaniye", 1985.

Darsning xronologik xaritasi: 80 minut

1. Darsni tashkil qilish. 2 minut.
2. Davomatni tekshirish. 2 minut.
3. Atom fizikasi fanidan o'tiladigan mavzular ishchi dasturi bilan qisqacha tanishtirish. 4 minut.
4. Atom fizikasi fanining oldingi o'rganilgan umumiy fizika kurslaridan farqi va umumiylik tomonlarini bayon qilish. 5 minut.
5. Atom fizikasi kursini o'rganishda foydalaniladigan adabiyotlar, ma'ruza matnlari bulardan foydalanish usullari. (Ma'ruza matnda har bir mavzular uchun reja, tayanch so'zlar, adabiyotlarga ko'rgazmalar, nazorat savollar keltirilganligini alohida ta'kidlash). 5 minut.
6. Yangi mavzuni bayon qilish. Atom fizikasining yaratilishi va rivojlanish bosqichlari. Atomning tarkibi, atomning asosiy xususiyatlarini bayon etish, atom fizikasi fani yutuqlarining qo'llanishi va yechimi muhim bo'lgan muammolarini bayon qilish. 55 minut.
7. O'tilgan mavzu bo'yicha savol-javoblar. 7 minut.

O'quv mashg'ulotida ta'lim texnologiyasi modeli

15-Mavzu: Ko'p elektronli atomlar. Ko'p elektronli atomlarni tavsiflash umumiy prinsipi. Atomda hajmiy zaryadning va elektrostatik potensialining taqsimoti haqida tasavvur.

<i>Vaqt: 80 min.</i>	<i>Talabalar soni: 52 ta</i>
<i>O'quv mashg'ulotining shakli</i>	Ma'lumotli kirish - ma'ruza
<i>O'quv mashg'ulotining tuzilishi</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. O'quv kursi va mashg'ulot mavzusiga kirish 2. Bilimlarni faollashtirish - aqliy hujum 3. Ma'ruza matnini tarqatish 4. Asosiy atamalarni aniqlash-pinbord
<i>O'quv mashg'ulot maqsadi: O'quv fani to'g'risida umumiy tasavvurlarni berish</i>	
<i>Pedagogik vazifalar:</i> - Ko'p elektronli atomlarni tavsiflash umumiy prinsipi. - Atomda hajmiy zaryadning va elektrostatik potensialining taqsimoti haqida tasavvur.	<i>O'quv faoliyat natijalari:</i> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ko'p elektronli atomlarni tavsiflashning umumiy prinsipi. 2. Atomda hajmiy zaryadning va elektrostatik potensialining taqsimoti haqida tasavvur.
<i>Ta'lim usullari</i>	Ma'ruza minbari
<i>Ta'limni tashkillashtirish shakli</i>	Jamoaviy
<i>Ta'lim vositalari</i>	Ma'ruza matni, kompyuter
<i>Ta'lim berish sharoiti</i>	Texnik vositalar bilan jihozlangan xona
<i>Monitoring va baholash</i>	Tezkor - so'rov.

Ma'lumotli kirish - ma'ruzasining texnologik xaritasi

Ish bosqich-lari va vaqti	Faoliyat mazmuni	
	ta'lim beruvchi	ta'lim oluvchilar
1-bosqich. O'quv mashg'ulotiga kirish (20 daq.)	<p>1.1 Mavzuning nomi, maqsad va kutilayotgan natijalarni yetkazadi. Taqdimot bo'yicha ekranga fanning tuzilmaviy-mantiqiy chizmasini chiqaradi, mavzularning o'zaro aloqasini yoritadi, ularga qisqa tavsif beradi, fan miqyosida bajariladigan uslubiy va tashkiliy ishlar xususiyatlarini tushuntiradi.</p> <p>Reyting-nazorat tizimi, joriy, oraliq, va yakuniy nazoratni baholash mezonlari</p> <p>(№ 1.1 ilova) bilan tanishtiradi.</p> <p>Mavzu bo'yicha asosiy tushunchalarni; mustaqil ishlash uchun adabiyotlar ro'yxatini aytadi.</p> <p>1.2. Birinchi o'quv mashg'ulot mavzusi, maqsad va o'quv faoliyat natijalarini aytadi.</p> <p>1.3. Mavzuni mustahkamlash uchun savollarni beradi (3-ilova)</p>	<p>Tinglaydilar</p> <p>Tinglaydilar</p> <p>Yozib oladilar.</p>
2-bosqich. Asosiy (50 daq.)	<p>2.1. Mavzu bo'yicha ma'ruza matnini tarqatadi va uning rejasi, asosiy tushunchalar bilan tanishishni taklif qiladi.</p> <p>2.3. Berilgan savollar asosida javoblar berilib umumiy xulosalar chiqariladi.</p> <p>2.4 Talabalar bilan birga fanga taaluqli bo'lmagan va qaytariluvchi ma'lumotlarni ochib tashlaydi, muhim asosiy tushunchalarni (Pinbord) kiritadi.</p>	<p>Tinglaydilar.</p> <p>Tinglaydilar, yozib oladilar.</p>
3-bosqich. Yakuniy (10 daq.)	<p>3.1. Mavzu bo'yicha yakun yasaydi, qilingan ishlarning kelgusida kasbiy faoliyatidagi ahamiyatiga talabalar e'tiborini qaratadi.</p> <p>3.2 O'tilgan darsni mustahkamlash uchun foydanilgan adabiyotlar ro'yxati keltiriladi.</p> <p>3.3. Mustaqil ish uchun topshiriq beradi va uning baholash mezonlari bilan tanishtiradi.</p>	<p>O'z-o'zini, o'zaro baho-lashni o'tkazadilar.</p> <p>Topshiriqni yozadilar</p>

BAHOLASH MEZONLARI

№	Nazorat turi	Ball	Nazorat ishi	Uy ishi	Mustaqil ish	Darsda faolligi	Amaliy ish	Laboratoriy a
1	JN-1	11	2	2	2	1	2	2
2	JN-2	12	3	2	2	1	2	2
3	JN-3	12	3	2	2	2	2	2
3	ON-1	17	13	2	1	1	-	-
4	ON-2	18	14	2	1	1	-	-
5	YN	30	30					

86-100% “a’lo”
 71-85% “yaxshi”
 55-70% “qoniqarli”
 0-54% “qoniqarsiz”

Ilova 1.2

Talabalar bilimini faollashtirish uchun tezkor savollar

- 1.Ko’p elektronli atomlarni tavsiflashning umumiy prinsipi haqida gapirib bering.
- 2.Pauli prinsipini tushuntirib bering.
- 3.Mendeleyev Davriy sistemasida elementlar qanday tartibda joylashgan?

Ilova 1.3

Aqliy hujum qoidasi:

Hech qanday birga baholash va tanqidga yo’l qo’yilmaydi!
 Taklif etilayotgan g’oyani baholashga shoshma, agarda u hattoki ajoyib va g’aroyib bo’lsa ham hamma narsa mumkin.
 Tanqid qilma, hamma aytilgan g’oyalar qimmatli teng kuchlidir.
 O’rtaga chiquvchini bo’lma!
 Turtki berishdan o’zingni ushla!
 Maqsad miqdor hisoblanadi!
 Qancha ko’p g’oyalar aytilsa, undan ham yaxshi: yangi va qimmatli g’oyalarni paydo bo’lishi uchun ko’p imkoniyatdir.
 Agarda g’oyalar qaytarilsa, xafa bo’lma va hijolat chekma.
 Tasavvuringni “jo’sh urishiga” ruxsat ber!
 Agarda g’oyalar qaytarilsa, xafa bo’lma va hijolat chekma.
 Tasavvuringni “jo’sh urishiga” ruxsat ber!

Ilova 1.4

Pinbord (inglizchadan: *pin*- mahkamlash, *board* – yozuv taxtasi) munozara usullari yoki o’quv suhbatini amaliy usul bilan moslashdan iborat.

Ta'lim beruvchi:

→ Taklif etilgan muammoni yechishga o'z nuqtai nazarini bayon qiladi.

→ Ommaviy to'g'ri aqliy hujumni tashkillashtiradi.

Ta'lim oluvchilar quyidagi g'oyalarni:

→ Taklif etadilar, muhokama qiladilar, baholaydilar eng ko'p maqbul (samarali va boshqa g'oyalarni tanlaydilar va ularni qog'oz varag'iga asosiy so'zlar ko'rinishida (2 so'zdan ko'p bo'lmagan) yozadilar va yozuv taxtasiga biriktiradilar.

→ Guruh a'zolari (ta'lim beruvchi tomonidan belgilangan 2-3 talaba yozuv taxtasiga chiqadilar va boshqalar bilan maslahatlashib:

13. aniq xato yoki qaytariluvchi g'oyalarni saralaydilar;

14. tortishuvlarni aniqlaydilar;

15. g'oyalarni tizimlashtirish mumkin bo'lgan belgilar bo'yicha aniqlaydilar;

16. shu belgilar bo'yicha hamma g'oyalarni yozuv taxtasida guruhlaydilar (kartochka/ varaqlar).

Ta'lim beruvchi:

→Umumlashtiradi va ish natijalarini baholaydi.

Monitoring va baholash

O'tilgan mavzu bo'yicha og'zaki so'rov, tezkor savol-javob qarab 1-2 ballgacha baholanadi.

Ilova 1.5

Mustaqil ish topshiriqlari.

1. Ko'p elektronli atomlar tizimi. Ko'p elektronli atomlarda elektron sathlar tuzilishi

2. Taqdimot slaydlari.

**15- Ma'ruza
(2-soat)**

Ko'p elektronli atomlar. Ko'p elektronli atomlarni tavsiflash umumiy prinsipi. Atomda hajmiy zaryadning va elektrostatik potensialining taqsimoti haqida tasavvur.

Reja:

1. Ko'p elektronli atomlarni tavsiflash umumiy prinsipi.
2. Atomda hajmiy zaryadning va elektrostatik potensialining taqsimoti haqida tasavvur.

Tayanch so'zlar va iboralar: Atom, to'lqin formulasi, simmetrik funksiya, spin, Pauli prinsipi, orbita, element, triplet, paramagnit, kvant sonlari, murakkab atomlar,

Elektronning spinga egaligini inobatga olgan holda 2 ta elektronli atomlarni qarab chiqamiz. Bunga geliy atomi va Li^+ ($Z = 3$), Be^{++} ($Z = 4$) kabi ionlar kiradi. Geliy atomi spektri ishqoriy metallar spektriga o'xshash bo'ladi, lekin har bir seriya ikkilangan bo'ladi. Birinchi spektrda chiziqlar singlet bo'lsa, ikkinchisida har bir chiziq Z ga ajralgan triplet bo'ladi. Geliy atomi spektrlardagi bunday o'ziga xoslik dastlab geliy 2 xil element aralashmasidan iborat bo'lsa kerak degan noto'g'ri fikrga olib keldi. Pauli prinsipiga ko'ra bir xil n, l, m_l, m_s kvant soni 2 ta elektron bo'lmashligidan shu holatni qarab chiqamiz. To'lqin formulasini faqat koordinatalardan va spindan bog'liq formulalar ko'paytmasi ko'rinishida yozishimiz mumkin.

$\psi(1,2,...,n, S_1, S_2, ..., S_n) = \psi(q_1, q_2, ..., q_n) \chi(S_1, S_2, ..., S_n)$. U holda 2 ta elektrondan iborat sistema spinlari quyidagicha bo'lishi mumkin $\uparrow\uparrow, \uparrow\downarrow, \downarrow\uparrow, \downarrow\downarrow$ yoki ularga mos funksiyalar mos ravishda $\chi^+(1)\chi^+(2), \chi^+(1)\chi^-(2), \chi^-(1)\chi^+(2), \chi^-(1)\chi^-(2)$ bo'ladi. Bu funksiyalardan 4 ta kombinatsiya tuzish mumkin (3 ta simmetrik S va 1 ta antisimmetrik A)

$$\chi_S^{(1)} = \chi^+(1)\chi^+(2)$$

$$\chi_S^{(2)} = \chi^+(1)\chi^-(2) + \chi^-(1)\chi^+(2)$$

$$\chi_S^{(3)} = \chi^-(1)\chi^-(2)$$

$$\chi_A = \chi^+(1)\chi^-(2) - \chi^-(1)\chi^+(2)$$

Koordinataga bog'liq funksiya esa $\psi = \psi_S + \psi_A$ ga ko'ra

$$\psi_S = \frac{1}{\sqrt{2}} \{ \psi_l(1)\psi_k(2) + \psi_l(2)\psi_k(1) \}$$

ko'rinishida yozilishi mumkin. Endi

$$\psi_A = \frac{1}{\sqrt{2}} \{ \psi_l(1)\psi_k(2) - \psi_l(2)\psi_k(1) \}$$

koordinata va spin funksiyalarining o'zaro kombinatsiyasini olsak 8 ta had paydo bo'ladi. Bulardan 4 tasi simmetrik to'lqin funksiyasini, 4 tasi esa antisimmetrik to'lqin funksiyasini beradi. Simmetrik funksiyalarga mos keluvchi holatlar Pauli prinsipiga asosan mavjud emas. Qolgan 4 ta antisimmetrik to'lqin funksiyalarga mos keluvchi holatlarni ko'rib chiqamiz.

$$1. \psi_S \chi_A = \frac{1}{\sqrt{2}} \{ \psi_l(1)\psi_k(2) + \psi_l(2)\psi_k(1) \} \{ \chi^+(1)\chi^-(2) - \chi^-(1)\chi^+(2) \}$$

$$2. \psi_A \chi_S^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{2}} \{ \psi_l(1)\psi_k(2) - \psi_l(2)\psi_k(1) \} \chi^+(1)\chi^+(2)$$

$$3. \psi_A \chi_S^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{2}} \{ \psi_k(1)\psi_k(2) + \psi_k(2)\psi_k(1) \} \{ \chi^+(1)\chi^-(2) + \chi^+(2)\chi^-(1) \}$$

$$4. \psi_A \chi_S^{(3)} = \frac{1}{\sqrt{2}} \{ \psi_k(1)\psi_k(2) + \psi_k(2)\psi_k(1) \} \{ \chi^-(1)\chi^-(2) \}$$

Agar 2 — 4 — holatlarga e'tibor bersak, ikkinchi — tenglama

$$m_{SZ}^{(1)} + m_{SZ}^{(2)} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} = 1$$

ya'ni spinlar $\uparrow\uparrow$ bir esa tomonga yo'nalgan holatga mos keladi, to'rtinchi tenglama $m_{SZ}^{(1)} + m_{SZ}^{(2)} = -1$ ga, 3 — tenglama esa spin proyeksiyasi 0 bo'lgan holga mos keladi. Demak 2, 3, 4 — tenglamalar to'la spin kvant soni $S=1$ holatga mos keladi va uning proyeksiyalari +1, 0, -1 bo'ladi va bu singlet holatdir, Endi bu holatlarni qarasak.. Ikkala elektron ham 1S holatda bo'lsin. $n=1, l=0$ va $m_l=0$ dan atom S — holatda, ya'ni singlet holatda bo'ladi. Bunda triplet holat mavjud bo'lmaydi, chunki $i=k$ da 2,3 va 4 — tenglamalar 0 bo'ladi. Bu singlet holat — 1S $1S^1S_\alpha$ deb belgilanadi.

Geliy atomi bunday normal holatda diomagnit bo'ladi, shu sababli Zeeman effekti kuzatilmaydi. Endi elektronlarning biri 1S holatda ikkinchisi 2S holatda bo'lsin. Bunda bosh kvant son n — turlicha, $l = m_l = 0$ $i \neq k$ dan 4-7 — tenglamalar 0 dan farqli va singlet ($1S 2S^1S_0$) hamda triplet ($1S 2S^3S_1$) holatlar mavjud bo'ladi. 3S_1 — triplet holatda atom paramagnetik va Zeeman parchalanishi sodir bo'ladi. Elektronlar 1S 2P holatlarda bo'lganda ham $i \neq k$ va 4-7 — tenglamalar 0 dan farqli. Bunda $\ell = 1$ va atom P — holatda bo'ladi. 4 — tenglama singlet (1P_0) 5 — 7 — tenglamalar esa triplet $^3P_0, ^3P_1, ^3P_2$ holatga mos keladi. Shu kabi elektronlarning 1S 3P, 1S 3d... kombinatsiyalariga ham singlet va triplet holatlar mos keladi. Spini parallel holatlarga o'rta holatlar, antiparallel holatlarga esa para holatlar deyiladi. Shunga mos geliy ortogeliy va parageliylarga ajraladi. Demak tabiatda geliyning elektronlar spini yo'nalishi bilan borliq 2 xil holati mavjud ekan.

Endi Mendeyelev davriy sistemasi to'ldirish nazariyasiga kelsak, bunda ayrim prinsiplarga qarab ish ko'riladi.

Birinchi prinsip: kvant sonlari. Tashqi maydon bo'lmaganda bir xil $n, -\ell, -j$ kvant sonli va turli m_j holatlar mos tushadi. Tashqi maydon bo'lganda j — kvant sonli holat $2j+1$ ta energiyali sathga ajraladi. Tashqi maydon kuchli bo'lganda \vec{l} va \vec{S} orasidagi bog'lanish uziladi va holat n, l, m va m_s kvant sonlari bilan xarakterlanadi.

Ikkinchi prinsip — Pauli prinsipi. Atomda bir xil kvant sonlariga ega bo'lgan 1 ta elektron mavjud bo'lishi mumkin. Bir xil n va l ga ega bo'lgan elektronlar soni $2(2\ell+1)$ ga teng. S — elektronlar 2 ta, P — elektronlar 6 ta, d — elektronlar 10 ta.

Bir xil n kvant songa ega bo'lgan elektronlar soni $2n^2$ teng bo'ladi.

N	L=	0	1	2	3	4
		S	P	d	f	D
1		2				
2		2	6			
3		2	6	10		
4		2	6	10	14	
5		2	6	10	14	18

Bir xil n —kvant sonli elektronlar qatlami hosil bo'ladi. Bir xil n va l kvant sonli elektronlar qobiqni hosil qiladi. Qatlamlar quyidagicha nomlanadi.

N	1	2	3	4	5
qatlamlar	K	L	M	N	O

Elektronlar soni $2n^2$ ga yetgach, ya'ni qatlam boshlanadi. Lekin 1 ta qatlamda 4 ta kvant soni bir xil elektron bo'lmaydi.

$$n(n = 1, 2, 3, \dots)$$

$$l(l = 0, 1, 2, \dots, n-1)$$

$$m_\ell(m_\ell = -\ell, -\ell+1, \dots, 0, \dots, \ell)$$

$$m_s(m_s = +1/2, -1/2)$$

Pauli prinsipi va elektronlarni murakkab atomlarda holatlar bo'yicha taqsimlanishi. Kvant sonlari.

Atomlarning chiziqli spektrini o'rganish, atom ichiga “nazar solishga” imkon beradi deyish mumkin. Pauli ham atom spektrlarini o'rganib atomda ma'lum bir holatda n, ℓ, m_ℓ, m_s to'rtala kvant sonlari bir xil bo'lgan bittadan ortiq elektronni bo'lishi mumkin emas degan xulosaga keldi. Bu fizikada Paulining ta'kidlash prinsipi deb yuritiladi. Pauli prinsipiga yana boshqacha ta'rif berish mumkin: bir xil fermionlardan ikkitasi bir vaqtning o'zida ayni bir holatda bo'lishi mumkin emas. Tabiatda holati faqat antisimmetrik to'lqin funktsiya bilan ifodalanuvchi fermionlar juftini uchratish mumkin. Bundan, agar to'rtala kvant sonlaridan hech bo'lmaganda bittasi bilan, masalan, spin kvant sonlari bilan farq qilsa, bir holatda ikkita elektron bo'lishi mumkin degan xulosa kelib chiqadi. Paulining ta'qiqlash prinsipi shunday kuchli prinsipki, u xatto fizik sistemani o'z-o'zidan eng kichik energiyali xolatni olishga intilishidan ham ustun keladi.

Lekin bozonlar uchun Pauli prinsipi bajarilmaydi. Ayni bir holatda bir xil bozonlardan istagancha sonidagisi bo'lishi mumkin. Atomdagi elektronlarning energetik sathlar (holatlar) bo'yicha taqsimlanishi ham Pauli prinsipiga amal qiladi. Pauli prinsipini atomdagi elektronlarga tadbiiq qilib, quyidagicha ta'riflash mumkin. Atomda n, l, m, s kvant sonlar to'plami bilan ifodalanuvchi ixtiyoriy energetik sathda bittadan ortiq elektronni bo'lishi mumkin emas. Atomda bir energetik sathda ikkita elektron bo'lsa, ular qarama-qarshi spinga ega bo'lishi kerak. Atomda ayni bir n bosh kvant soni uchun bo'lishi mumkin bo'lgan energetik sathlarining umumiy sonini hisoblaylik. Agar n va l larning qiymatlari o'zgarmasdan m va s lari bilan farqlanuvchi sathlar sonini topish kerak bo'lsa, har bir n va

m ning $2l + 1$ ruxsat etilgan qiymati bor. Demak, n va s larning aynan to'plami $(2l + 1)$ sathdan iborat. Nihoyat, ayni n uchun l , m va s lari bilan farqlanuvchi sathlar sonini topaylik. Ayni n uchun l ning qiymatlari 0 dan $n - 1$ gacha bo'lgan butun sonlarni olishi mumkin. Shuning uchun asosiy kvant soni n ning ayni bir qiymati bilan ifodalanuvchi sathlar soni (arifmetik progressiya hadlarining yig'indisi formulasiga asosan)

$$\sum_{\ell=0}^{n-1} 2(2\ell + 1) = 2 \frac{1 + [2(n-1) + 1]n}{2} = 2n^2$$

bo'ladi.

Sathlar soni ham elektronlar soniga teng bo'ladi. 1-jadvalda $n=1$; $n=2$ va $n=3$ bo'lgan energetik sathlar tasvirlangan. $N=1$ bo'lgan sathlar soni 2 ta, $n=2$ bo'lgandagi sathlar soni 8 ta, $n=3$ bo'lsa, sathlar soni 18 ga teng. Masalan; vodorod atomida $n=1$ bo'lgan ikkala sath bir xil energiyaga ega yoki $n=2$ bo'lgan sakkizta sathning hammasi aynan bir xil energiyaga ega bo'ladi. Lekin ko'p elektronli atomlarda o'zaro ta'sir tufayli atomdagi energetik sathlarning energiyalari boshqa kvant sonlariga ham bog'liq bo'lib qoladi.

1-jadval.

n	ℓ	m	S
1	0(1S)	0	$\pm 1/2$
2	1(2p)	+1	$\pm 1/2$
		0	$\pm 1/2$
		-1	$\pm 1/2$
	0(2S)	0	$\pm 1/2$
3	2(3d)	+2	$\pm 1/2$
		+1	$\pm 1/2$
		0	$\pm 1/2$
		-1	$\pm 1/2$
		-2	$\pm 1/2$
	1(3p)	+1	$\pm 1/2$
		0	$\pm 1/2$
		-1	$\pm 1/2$
	0(3S)	0	$\pm 1/2$
		0	$\pm 1/2$

2-jadval.

Bosh vant soni , n	1	2	3			4				5					
Qobiq belgisi	K	L	M			N				O					
Qobiqdagi elektronlarning maksimal soni	2	8	18			32				50					
Orbital kvant soni , ℓ	0	0	1	0	1	2	0	1	2	3	0	1	2	3	4
Qobiqchani belgisi	1S	2S	2P	3S	3P	3d	4S	4P	4d	4f	5S	5P	5d	5f	5g
Qobiqchadagi elektronlarning maksimal soni	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	14	18

Ko'p elektronli atomlarda ayni bir bosh kvant soni n ga to'g'ri kelgan elektronlar to'plami elektron qobiqni hosil qiladi. Har bir qobiq ℓ kant soniga mos holda qobiqchalarga bo'linadi. Ma'lumki, orbital kvant soni ℓ , 0 dan $n - 1$ gacha bo'lgan qiymatni qabul qilgani uchun qobiqdagi qobiqchalarni soni n tartibida bo'ladi. qobiqlarni belgilanishi va elektronlarni qobiq va qobiqchalarda taqsimlanishi 8.3-jadvalda ko'rsatilgan.

Mustahkamlash uchun savollar:

1. Ko'p elektronli atomlarni tavsiflashning umumiy prinsipi haqida gapirib bering.
2. Pauli prinsipini tushuntirib bering.
3. Elektronlarni murakkab atomlarda holatlar bo'yicha taqsimlanishi haqida ma'lumot bering.
4. D.I.Mendeleyev elementlar davriy sistemasida elementlar qanday tartibda joylashgan?

Adabiyotlar

1. Axmadjonov O.I. "Fizika kursi, optika, atom va yadro fizikasi". Toshkent."O'qituvchi", 1989.
2. Qoshimov Q.Q., Rasulov R.Ya., Yuldashev N.X. "Kvant mexanikasi asoslari". Toshkent - "O'qituvchi", 1995.
3. Detlaf A.A., Yavorskiy B.M., " Kurs fiziki " M.: "Visshaya shkola ", 2000.
4. Trofimova T.I. "Kurs fiziki". M.: "Visshaya shkola", 2000.
5. Savelev I.V. "Kurs obshey fiziki, kniga 5.", M.: Nauka. 1998.
6. Kristi R., Pitti A. Stroyeniye veshstva: Vvedeniye v sovremennuyu fiziku. M.: Nauka. 1969.
7. Struchkov V.V., Yavorskiy B.M. "Voprosi sovremennoy fiziki" M.: "Prosvesheniye ", 1973.
8. Kondakov V.A. "Stroenie i svoystva veshstva" M.: "Prosvesheniye", 1970.
9. Buravixin V.A., Yegorov V.A. Biografiya elektrona. M.: "Znaniye", 1985.

Darsning xronologik xaritasi: 80 minut

1. Darsni tashkil qilish. 2 minut.
2. Davomatni tekshirish. 2 minut.
3. Atom fizikasi fanidan o'tiladigan mavzular ishchi dasturi bilan qisqacha tanishtirish. 4 minut.
4. Atom fizikasi fanining oldingi o'rganilgan umumiy fizika kurslaridan farqi va umumiylik tomonlarini bayon qilish. 5 minut.
5. Atom fizikasi kursini o'rganishda foydalaniladigan adabiyotlar, ma'ruza matnlari bulardan foydalanish usullari. (Ma'ruza matnda har bir mavzular uchun reja, tayanch so'zlar, adabiyotlarga ko'rgazmalar, nazorat savollar keltirilganligini alohida ta'kidlash). 5 minut.
6. Yangi mavzuni bayon qilish. Atom fizikasining yaratilishi va rivojlanish bosqichlari. Atomning tarkibi, atomning asosiy xususiyatlarini bayon etish, atom fizikasi fani yutuqlarining qo'llanishi va yechimi muhim bo'lgan muammolarini bayon qilish. 55 minut.
7. O'tilgan mavzu bo'yicha savol-javoblar. 7 minut.

O'quv mashg'ulotida ta'lim texnologiyasi modeli

16- Mavzu: Ko'p elektronli atomlar Bir elektronli holat. Atom holatlarini elektronlar bilan to'ldirilish.

<i>Vaqt: 80 min.</i>	<i>Talabalar soni: 52 ta</i>
<i>O'quv mashg'ulotining shakli</i>	Ma'lumotli kirish - ma'ruza
<i>O'quv mashg'ulotining tuzilishi</i>	1. O'quv kursi va mashg'ulot mavzusiga kirish 2. Bilimlarni faollashtirish - aqliy hujum 3. Ma'ruza matnini tarqatish 4. Asosiy atamalarni aniqlash-pinbord
<i>O'quv mashg'ulot maqsadi: O'quv fani to'g'risida umumiy tasavvurlarni berish</i>	
<i>Pedagogik vazifalar:</i> - Bir elektronli holat. - Atom holatlarini elektronlar bilan to'ldirilish. - Elektronning spin mexanik va spin magnit momentlari	<i>O'quv faoliyat natijalari:</i> Bir elektronli holat haqida ma'lumot berish. Atom holatlarini elektronlar bilan to'ldirilish. 3. Elektronning spin mexanik va spin magnit momentlari orasida qanday bog'lanish bor.
<i>Ta'lim usullari</i>	Ma'ruza minbari
<i>Ta'limni tashkillashtirish shakli</i>	Jamoaviy
<i>Ta'lim vositalari</i>	Ma'ruza matni, kompyuter
<i>Ta'lim berish sharoiti</i>	Texnik vositalar bilan jihozlangan xona
<i>Monitoring va baholash</i>	Tezkor - so'rov.

Ma'lumotli kirish - ma'ruzasining texnologik xaritasi

Ish bosqich-lari va vaqti	Faoliyat mazmuni	
	ta'lim beruvchi	ta'lim oluvchilar
1-bosqich. O'quv mashg'ulotiga kirish (20 daq.)	<p>1.1 Mavzuning nomi, maqsad va kutilayotgan natijalarni yetkazadi. Taqdimot bo'yicha ekranga fanning tuzilmaviy-mantiqiy chizmasini chiqaradi, mavzularning o'zaro aloqasini yoritadi, ularga qisqa tavsif beradi, fan miqyosida bajariladigan uslubiy va tashkiliy ishlar xususiyatlarini tushuntiradi.</p> <p>Reyting-nazorat tizimi, joriy, oraliq, va yakuniy nazoratni baholash mezonlari</p> <p>(№ 1.1 ilova) bilan tanishtiradi.</p> <p>Mavzu bo'yicha asosiy tushunchalarni; mustaqil ishlash uchun adabiyotlar ro'yxatini aytadi.</p> <p>1.2. Birinchi o'quv mashg'ulot mavzusi, maqsad va o'quv faoliyat natijalarini aytadi.</p> <p>1.3. Mavzuni mustahkamlash uchun savollarni beradi (3-ilova)</p>	<p>Tinglaydilar</p> <p>Tinglaydilar</p> <p>Yozib oladilar.</p>
2-bosqich. Asosiy (50 daq.)	<p>2.1. Mavzu bo'yicha ma'ruza matnini tarqatadi va uning rejasi, asosiy tushunchalar bilan tanishishni taklif qiladi.</p> <p>2.3. Berilgan savollar asosida javoblar berilib umumiy xulosalar chiqariladi.</p> <p>2.4 Talabalar bilan birga fanga taaluqli bo'lmagan va qaytariluvchi ma'lumotlarni ochib tashlaydi, muhim asosiy tushunchalarni (Pinbord) kiritadi.</p>	<p>Tinglaydilar.</p> <p>Tinglaydilar, yozib oladilar.</p>
3-bosqich. Yakuniy (10 daq.)	<p>3.1. Mavzu bo'yicha yakun yasaydi, qilingan ishlarning kelgusida kasbiy faoliyatidagi ahamiyatiga talabalar e'tiborini qaratadi.</p> <p>3.2 O'tilgan darsni mustahkamlash uchun foydaniilgan adabiyotlar ro'yxati keltiriladi.</p> <p>3.3. Mustaqil ish uchun topshiriq beradi va uning baholash mezonlari bilan tanishtiradi.</p>	<p>O'z-o'zini, o'zaro baho-lashni o'tkazadilar.</p> <p>Topshiriqni yozadilar</p>

BAHOLASH MEZONLARI

No	Nazorat turi	Ball	Nazorat ishi	Uy ishi	Mustaqil ish	Darsda faolligi	Amaliy ish	Laboratoriya
1	JN-1	11	2	2	2	1	2	2
2	JN-2	12	3	2	2	1	2	2
3	JN-3	12	3	2	2	2	2	2
3	ON-1	17	13	2	1	1	-	-
4	ON-2	18	14	2	1	1	-	-
5	YN	30	30					

86-100% “a’lo”
 71-85% “yaxshi”
 55-70% “qoniqarli”
 0-54% “qoniqarsiz”

Ilova 1.2

Talabalar bilimini faollashtirish uchun tezkor savollar

1. Elektronning spin mexanik va spin magnit momentlari orasida qanday bog’lanish bor?
2. Atomdagi elektronlar Pauli prinsipi bo’yicha qobiqlarda qanday taqsimlanadi?
3. Elementlarning xossalari bilan tashqi qobiqdagi elektronlar soni orasida qanday bog’liqlik bor?
4. Elektronning atomdagi holati qanday kvant sonlari bilan aniqlanadi?

Ilova 1.3

Aqliy hujum qoidasi:

Hech qanday birga baholash va tanqidga yo’l qo’yilmaydi!
 Taklif etilayotgan g’oyani baholashga shoshma, agarda u hattoki ajoyib va g’aroyib bo’lsa ham hamma narsa mumkin.
 Tanqid qilma, hamma aytilgan g’oyalar qimmatli teng kuchlidir.
 O’rtaga chiquvchini bo’lma!
 Turtki berishdan o’zingni ushla!
 Maqsad miqdor hisoblanadi!
 Qancha ko’p g’oyalar aytilsa, undan ham yaxshi: yangi va qimmatli g’oyalarni paydo bo’lishi uchun ko’p imkoniyatdir.
 Agarda g’oyalar qaytarilsa, xafa bo’lma va hijolat chekma.
 Tasavvuringni “jo’sh urishiga” ruxsat ber!
 Agarda g’oyalar qaytarilsa, xafa bo’lma va hijolat chekma.
 Tasavvuringni “jo’sh urishiga” ruxsat ber!

Ilova 1.4

Pinbord (inglizchadan: *pin*- mahkamlash, *board* – yozuv taxtasi) munozara usullari yoki o’quv suhbatini amaliy usul bilan moslashdan iborat.

Ta'lim beruvchi:

→ Taklif etilgan muammoni yechishga o'z nuqtai nazarini bayon qiladi.

→ Ommaviy to'g'ri aqliy hujumni tashkillashtiradi.

Ta'lim oluvchilar quyidagi g'oyalarni:

→ Taklif etadilar, muhokama qiladilar, baholaydilar eng ko'p maqbul (samarali va boshqa g'oyalarni tanlaydilar va ularni qog'oz varag'iga asosiy so'zlar ko'rinishida (2 so'zdan ko'p bo'lmagan) yozadilar va yozuv taxtasiga biriktiradilar.

→ Guruh a'zolari (ta'lim beruvchi tomonidan belgilangan 2-3 talaba yozuv taxtasiga chiqadilar va boshqalar bilan maslahatlashib:

17. aniq xato yoki qaytariluvchi g'oyalarni saralaydilar;

18. tortishuvlarni aniqlaydilar;

19. g'oyalarni tizimlashtirish mumkin bo'lgan belgilar bo'yicha aniqlaydilar;

20. shu belgilar bo'yicha hamma g'oyalarni yozuv taxtasida guruhlaydilar (kartochka/ varaqlar).

Ta'lim beruvchi:

→Umumlashtiradi va ish natijalarini baholaydi.

Monitoring va baholash

O'tilgan mavzu bo'yicha og'zaki so'rov, tezkor savol-javob qarab 1-2 ballgacha baholanadi.

Ilova 1.5

Mustaqil ish topshiriqlari.

1. Ko'p elektronli va bir elektronli holatga doir qo'shimcha adabiyotlarni o'qish.

2. Taqdimot slaydlari.

**16- Ma'ruza
(2-soat)**

**Ko'p elektronli atomlar Bir elektronli holat. Atom
holatlarini elektronlar bilan to'ldirilish.**

Reja:

1. Bir elektronli holat.

2. Atom holatlarini elektronlar bilan to'ldirilish.

Tayanch so'zlar va iboralar: Bir elektronli holat, ko'p elektronli holat, kvant sonlari, vodorod, vodorodsimon atomlar, giromagnit nisbat, kvant o'tishlar, tanlash qoidasi, energetik sath.

Kvant mexanikasida vodorod atomidagi elektronning holati uchta kvant soni bilan aniqlanadi: n-bosh kvant soni, ℓ -orbital kvant soni, m- magnit kvant soni. Bosh kvant soni n-elektron ega bo'ladigan energiya qiymatlarini ifodalash bilan birga elektron orbitasi diametrini ham belgilaydi.

Orbital kvant soni orbita shaklini, ya'ni elliptiklik darajasini aniqlasa, magnit kvant soni elektron orbitasining fazodagi oriyentatsiyasini (vaziyatini) bildiradi.

Kvant mexanikasi atomning Bor nazariyasidagi elektronning impuls momentini kvantlanishiga aniqlik kiritdi. Bor nazariyasida energiyaning kvantlanishi elektronning impuls momentini kvantlanish shartidan kelib chiqqan bo'lsa, kvant mexanikasida u impuls momentining kvantlanishiga bog'liq bo'lmagan holda Shredinger tenglamasining yechimidan kelib chiqadi. Qandaydir E_n energetik sathdagi elektronning energiyasiga impuls momentining n ta qiymati mos keladi. Impuls momenti ixtiyoriy qiymatlarini qabul qilmasdan, quyidagi

$$L = h \sqrt{\ell(\ell + 1)} \quad (1)$$

formula bilan aniqlanuvchi diskret (tayinli) qiymatlarini qabul qiladi. Bu formuladagi ℓ -orbital kvant soni bo'lib, ya'ni $n-1$ gacha bo'lgan n ta qiymatlarni qabul qiladi:

$$\ell = 0, 1, 2, \dots, n-1 \quad (2)$$

Elektronning impuls momenti ellips shaklidagi orbitaning eksentrisitetiga, ya'ni orbitaning shakliga ta'sir qiladi. Bir xil energiyali, impuls momentlari har xil bo'lgan elektron katta o'qini uzunligi bir xil bo'lgan, lekin eksentrisitetlari bilan farqlanuvchi turli elliptik orbitalar bo'ylab aylanadi. Demak, ℓ ning har bir qiymatiga mos orbitalar mavjud.

Kvant mexanikasida orbital kvant sonini $\ell = 0$ qiymatiga mos keluvchi atom holatiga s-holat, $n=1$ bo'lgandagi holatiga p-holat, $\ell = 2$ bo'lgandagi holatiga d-holat mos keladi deb belgilanadi. Keyingi holatlar f, g, h harflar bilan ifodalanadi. Ya'ni, atom holatlari lotin alifbosidagi harflar bilan belgilanadi.

Magnit kvant soni m_ℓ elektronning impuls momenti vektori L ni tashqi magnit maydoni ta'sirida h ga karrali bo'lgan ma'lum vaziyatlarni olib joylashish tartibini ko'rsatadi. Ya'ni Z yo'nalish bo'yicha impuls momentining proyeksiyasi

$$L_{\ell z} = \hbar m_\ell \quad (3)$$

ifoda bilan aniqlanadi. Bu erda m_ℓ - magnit kvant soni bo'lib, $u - \ell$ dan 0 orqali $+1$ gacha bo'lgan butun sonli qiymatlarni oladi, ya'ni

$$m_\ell = -\ell, -(\ell - 1), \dots, -1, 0, +1, \dots, (\ell - 1), +\ell$$

bo'lib, hammasi bo'lib $2\ell + 1$ qiymatni qabul qiladi. Demak, elektronning impuls momenti vektori fazoda $2\ell + 1$ vaziyatlarni olib joylashishi mumkin.

Vodorod atomidagi elektron energiyasining (3) formula bilan aniqlanuvchi har bir qiymatiga bir necha to'liq funktsiya mos keladi, ular bir-biridan l va m kvant sonlari bilan farqlanadi. Misol tariqasida $n=2$ ga teng bo'lgan holni muhokama qilaylik. Orbital kvant soni l , (2) shartga asosan, 0 yoki 1 qiymatga ega bo'la oladi. $\ell=0$ (S-holat) bo'lganda magnit kvant soni m_ℓ , (3) shartga asosan faqat 0 qiymatini oladi. Bunda elektronning mexanik impuls momenti ham nolga teng bo'ladi. Bu holatda elektron mavjud bo'ladigan fazodagi soha sferik simmetriyaga ega bo'ladi. Ya'ni, yadro ma'lum qalinlikdagi dumaloq elektron buluti bilan o'ralgan deyish mumkin. Elektron bulutining zich joylari elektron orbitasining birinchi Bor radiusiga ($r_1=0,53 \cdot 10^{-10}m$) mos keladi 1(a)-rasm. Kvant mexanikasida elektronning "orbita" tushunchasi o'z ma'nosini yo'qotadi. Lekin kvant mexanikasi elektronning fazoning qaysi nuqtasida qayd qilinishi ehtimolligi haqida axborot bera oladi. 2(a,b,v)-rasmlarda $1s$, $2p$, $3d$ holatlardagi elektronlarni yadrodan r masofadagi nuqtalarda qayd qilish ehtimolligining zichligini tasvirlovchi grafiklar keltirilgan.

Rasmlardan ko'rinishicha, elektronni eng katta ehtimollik bilan qayd qilinishi mumkin bo'lgan nuqtalarning geometrik o'rinlari $1,2,3$ -Bor orbitalariga mos keladi. Orbital kvant soni $l=1$ (R-holat) bo'lganda magnit kvant sonini uchta $m=-1$; $m=0$; $m=1$ qiymatlariga impuls momentini uch yo'nalishi to'g'ri keladi

(3(a)-rasm). Bunda L vektorini qiymati

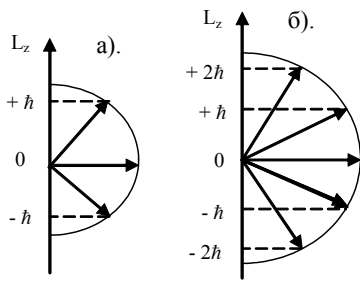
$$L = \hbar \sqrt{\ell(\ell+1)} = \hbar \sqrt{2}$$

bo'ladi.

Agar $\ell = 2$ (d-holat 3 b-rasm) bo'lsa, $m=-2$; $m=-1$; $m=0$; $m=1$; $m=2$ qiymatlariga mos holda L vektorining besh vaziyati kuzatilishi mumkin.

$l = 3$ (f-holat) bo'lganda L ning ettita vaziyati mavjud bo'ladi va vo hokazo.

Atomda bir energetik sathga bittadan ko'p holatlar to'g'ri kelishiga sathning turlanishi (aynishi) deyiladi.



1-rasm.

Bir xil energiyali holatlar soniga turlanish karraligi deyiladi. Vodorod va vodorodga o'xshagan atomlarda $n=1$ bo'lgan asosiy turg'un holati turlanmagan sath hisoblanadi. Lekin elektronning spinini hisobga olsak, vodorod atomidagi $n=1$ holat ham ikki karra turlangan bo'lishligi kelib chiqadi. Bunga keyin to'xtalamiz. Kvant soni $n=2$ bo'lgan sath to'rt karra turlangan bo'ladi, bunda orbital kvant soni $\ell = 0$ ($m_\ell = 0$) bo'lgan bir holat va $\ell = 1$ ($m_\ell = 0, \pm 1$) bo'lgan uch holat. Keyingi $n=3$ va $n=4$ bo'lgan sathlar mos holda 9 va 16 karra turlangan bo'ladi (1-jadval). Atomdagi umumiy

holatlar sonini aniqlash uchun elektronning spinini hisobga olib turlanish karraligini ikkiga ko'paytirish kerak. Bunday bo'lishi Paulining ta'qiqlash prinsipidan kelib chiqishini keyingi ma'ruzada ko'rib chiqamiz.

1-Jadval

Bosh kvant soni, n	Orbital kvant soni, ℓ	Magnit kvant soni, ℓ	holatning belgilanishi	Turlanish karraligi (orbital impuls momenti bo'yicha)
1	0	0	1S	1
2	0	0	2S	1 } 4 3 }
2	1	$0, \pm 1$	2P	
3	0	0	3S	1 } 9 3 } 5 }
3	1	$0, \pm 1$	3P	
3	2	$0, \pm 1, \pm 2$	3d	
4	0	0	4S	1 } 16 3 } 5 } 7 }
4	1	$0, \pm 1$	4P	
4	2	$0, \pm 1, \pm 2$	4d	
4	3	$0, \pm 1, \pm 2, \pm 3$	4f	

Elektronni orbital mexanik momenti bilan magnit momenti orasida quyidagicha bog'lanish bor:

$$P_m = \gamma L \quad (5)$$

Bu yerda γ - giromagnit nisbat deyilib, $\gamma = e/2m$ formula bilan aniqlanishi bizga elektromagnetizm kursidan ma'lum. γ ning yuqoridagi ifodasini va L ning (1) formulasini (5) ga qo'ysak.

$$p_m = \frac{e}{2m} \hbar \sqrt{\ell(\ell+1)} = \mu_B \sqrt{\ell(\ell+1)} \quad (6)$$

ifoda hosil bo'ladi. Bunda

$$\mu_B = \frac{e\hbar}{2m} = 0,927 \cdot 10^{-23} \frac{J}{Tl}$$

kattalik Bor magnetoni deb ataladi.

Yuqoridagi (6) ifoda mexanik momenti L ning kvantlanishidan magnit momenti P_m ni ham kvantlanishi kelib chiqishini ko'rsatadi.

Orbital magnit momentini tashqi magnit maydoni yo'nalishidagi tashkil etuvchisi

$$P_{mz} = \gamma L_z = \frac{e}{2m} \hbar m_\ell = \mu_B m_\ell$$

ko'rinishida aniqlanadi. Bu yerda m_ℓ - magnit kvant soni. Mexanik moment bilan magnit moment elektronni zaryadi manfiy bo'lgani uchun antiparalel, ya'ni qarama-qarshi yo'nalgan va ular fazodagi vaziyati kvantlanadi. Masalan S-holatda ($\ell = 0, m = 0$) har ikkala moment ham nolga teng. Elektronning mexanik va magnit momentlarini fazoda kvantlanishi tajribada tasdiqlanishi kerak edi. Bunday tajribani 1922 yilda nemis fiziklari Otto Shtern va Valter Gerlax o'tkazdilar.

Kvant sonlari n , ℓ va m_ℓ Bor nazariyasidan olingan vodorod atomining chiqarish (yutilish) spektrini hosil bo'lishini to'liq tasvirlashga imkon beradi.

3. Kvant o'tishlar uchun tanlash qoidasi. Vodorodsimon atomlar nurlanish spektri. Sathlar kengligi.

Kvant mexanikasida atomdagi elektronni bir sathdan boshqa sathga o'tishini chegaralovchi tanlash qoidasi bor. Bu qoidaga ko'ra yadroning markaziy-simmetrik maydonida elektronning ixtiyoriy o'tishlari amalga oshmaydi. Atomda orbital kvant sonlari faqatgina bir-birlikka o'zgaradigan, ya'ni $\ell = 1$ bo'ladigan o'tishlarga amalga oshadi. 4-rasmda vodorod atomi spektral seriyalarining kvant mexanikasi nuqtai nazaridan hosil bo'lishi tasvirlangan.

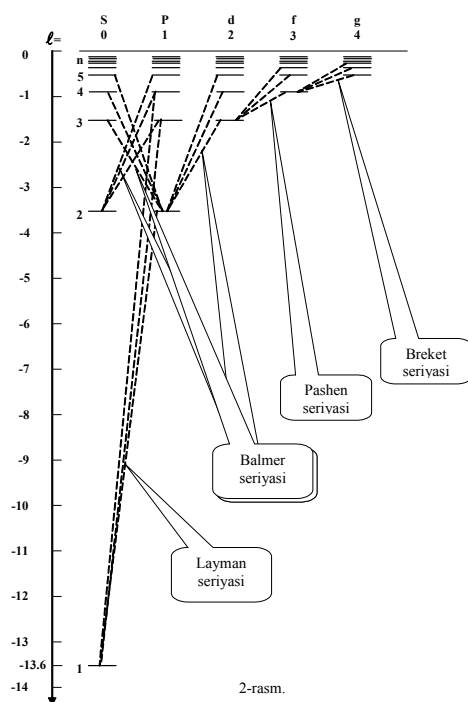
Vodorod nurlanish spektridagi Layman seriyasi $n_p \rightarrow 1S$ ($n=2,3,\dots$) o'tishlarga, Balmer seriyasi esa $n_p \rightarrow 2S$, $nS \rightarrow 2p$, $nd \rightarrow 2p$ ($n=3,4,\dots$) o'tishlarga mos keladi. Elektronni asosiy holatdan qo'zg'algan holatga o'tishi atomning energiyasini ortishi bilan, ya'ni uni foton yutishi bilan bog'liq. Vodorodning yutilish spektrida faqat Layman seriyasi kuzatiladi, u atomni asosiy holatdan turli energiyali qo'zg'algan holatlarga o'tishini ko'rsatuvchi kvant o'tishlarga mos keladi.

Vodorodsimon atomlarning energetik sathi vodorod energiya sathidan Z^2 marta farq qilib, ular uchun Balmer formulasi

$$\nu = Z^2 R \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$$

ko'rinishda ifodalanadi. Bunda Z Mendeleyev davriy sistemasidagi atomning tartib raqami. Yuqoridagi formuladan ko'rinadiki, vodorodsimon atomlarning spektri qisqa to'lqin uzunlik tomon siljigan bo'ladi. Masalan, $Z > 10$ bo'lganidayoq birinchi spektral seriyaning to'lqin uzunligi rentgen nurlanishi to'lqin uzunligi oralig'ida bo'ladi. Og'ir ionlarning nurlanish energiyasi esa 100 keV atrofidadir. Lekin n ning katta qiymatlarida og'ir ionlardan ham ko'zga ko'rinuvchi va IQ sohaga mos keluvchi spektral chiziqlar ham qayd qilinadi. Ishqoriy metallarning spektri vodorod spektriga o'xshash bo'ladi. Chunki, ularning ham tashqi elektron qobig'ida bittadan elektroni bor. Lekin bu tashqi elektronning energiya sathi vodorodnikiga qaraganda ancha yuqori joylashgan, u quyiroq energetik sathlarga o'taolmaydi. Chunki, bunga Paulining ta'qiqlash prinsipi yo'l qo'ymadi. Masalan, Na da ($Z=11$) $1S$, $2S$, $2P$ holatlar elektron bilan to'la bo'ladi, uning tashqi elektronining asosiy holati $3S$ energetik sathdir. Natriy atomi qo'zg'atilganda bu elektron $3P$, $3d$, $4S$, $4P$, $4d$ va boshqa holatlarga o'tishi mumkin. Natriyning nurlanish spektri quyidagi formulaga aniq mos tushadi.

$$\nu = R \left(\frac{1}{(n_1 - a_1)^2} - \frac{1}{(n_2 - a_1)^2} \right)$$



2-rasm.

bu yerda $n=3,4,\dots$, $n_2=n_1+1$, n_1+2, \dots qiymatlarni oladi. Formuladagi a_1 tuzatma S holat uchun 1,35 ga teng. Boshqa holatlarda u nolga yaqinlashadi.

Tashqi elektron qobig'ida bir nechta elektroni bo'lgan atomlarning spektri murakkab va turli xildir. Bunday atomlar valent elektronlarining energiyasi ham vodorod atomi elektron energiyasiga yaqin bo'lib, u elektronni yadrodan qanchalik masofada joylashishiga bog'liq. Turli elementlarning tashqi elektronlarining energiya sathlari bir necha eV atrofida. Shuning uchun, murakkab atomlarning nurlanish va nur yutish spektri ham IQ yoki ko'zga ko'rinuvchi sohasida joylashgan va elementning tartib raqami bilan bog'lanishi ancha murakkabdir.

Atomlar birikib moleklalar va kristallar hosil qilganda ularning tashqi elektron qobiqlarida murakkab o'zgarishlar yuz beradi. Shuning uchun molekulalar va kristallarning spektrlari atomlarnikidan farq qiladi, ularga keyingi

ma'ruzalarda to'xtalamiz.

Kvant mexanikasi atomdagi elektronni orbitasi haqidagi tassavurni inkor etgani bilan atomning energetik sathi haqidagi klassik tassavurni saqlab qoldi. Kvant mexanikasi ham vodorod va vodorodga o'xshagan ionlar uchun energetik sathlarning kvantlanishida Bor nazariyasidagidek bir xil natijaga keladi. Lekin kvant mexanikasi bu masalaga ma'lum aniqliklar kiritdi. Kvant mexanikasidagi noaniqliklar munosabatlari faqat zarrachani koordinatasi bilan impulsining koordinat o'qlaridagi proektsiyasini bog'lab qolmasdan, u zarrachaning energiyasi bilan uning shu energiyali holatda bo'lish vaqtini ham bir-biriga bog'laydi. Buni biz oldingi ma'ruzada ko'rib o'tgan edik. Zarrachaning ma'lum holatda bo'lish vaqtining noaniqligi Δt , uni energiyasining noaniqligi ΔE bilan quyidagicha bog'langan:

$$\Delta E \cdot \Delta t \geq \frac{h}{2}$$

Bu munosabatni atomdagi elektronga qo'llaylik. Bizga ma'lumki, atomning asosiy turg'un va qo'zg'algan holatlari mavjud. Tabiiyki, atom asosiy turg'un holatda istagancha uzoq vaqt bo'lishi mumkin. Lekin "qo'zg'algan holda atom qancha vaqt bo'lishi mumkin?" degan savol tuqiladi. Atomning qo'zg'algan holatda bo'lish vaqti juda qisqa ($10^{-8} \div 10^{-9}$ s). Atomning turli energetik sathlariga mos keluvchi xar xil qo'zg'algan holatlarda bo'lish vaqti ham bir-biridan farq qiladi.

Qo'zg'algan holatdagi atom o'z-o'zidan (spontan holda) quyiroq energetik holatga o'tishi mumkin. *Qo'zg'algan holatdagi atomlar sonini e marta kamayishi uchun ketgan vaqt, atomning qo'zg'algan holatda yashash vaqti deyiladi.* Lekin atomda, shunday metastabil holatlar bo'lishi mumkinki, bu holatda uning yashash vaqti ancha katta, sekundning o'ndan bir ulishlarida bo'lishi mumkin. Kvant mexanikasida atomning o'rtacha yashash vaqti haqida gapiriladi. Ma'lum bir atomning qo'zg'algan holatda qancha vaqt bo'lishini kvant mexanikasi aytib beraolmaydi. Atomning qo'zg'algan holatdan normal holatga o'tishi tasodifan sodir bo'ladi. Demak, atomni qo'zg'algan holatda bo'lish vaqtida Δt noaniqlik diomo bo'ladi. Shu vaqtning noaniqligi energiyaning noaniqligi bilan bog'langan, ya'ni

$$\Delta E \approx \frac{h}{\Delta t}$$

Agar atomning qo'zg'algan holatda o'rtacha yashash vaqti $\Delta t = 10^{-8}$ s ekanini hisobga olsak, energiyaning noaniqligi uchun quyidagi natijani olamiz:

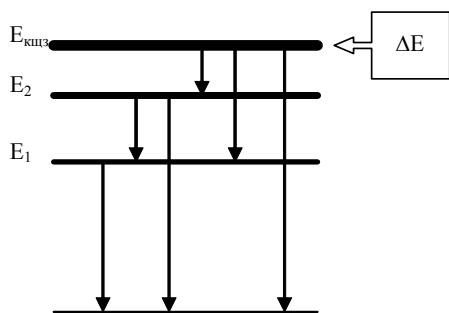
$$\Delta E \approx \frac{h}{10^{-8}} \approx 10^{-7} \text{ eV}$$

ΔE ning bu qiymati energetik sathlar farqiga nisbatan juda kichik.

Atomning har bir energetik sathni (chizig'i) o'rtacha $\Delta E \cdot 10^{-7}$ eV oraliqda tasodifiy o'zgarishi mumkin. Bu energetik sathi enliroq bo'lishga olib keladi. Atomning qo'zg'alish energiyasi ortishi bilan uni o'rtacha yashash vaqti qisqarib boradi. Natijada yuqori energetik sathlarning kengligi ΔE ortib boradi (7.5-rasm). $\Delta E \approx 10^{-7}$ eV qiymat energetik sathning tabiiy kengligi hisoblanadi.

Energetik sathni kengayib ketishi atom spektral chizig'ini ham ma'lum miqdorda yoyilishiga olib keladi. Ya'ni:

$$\Delta \nu = \frac{\Delta E}{h} = 10^8 \text{ Gs}$$



3-rasm.

Bundan atom sochayotgan nurlanishni Bor nazariyasi ko'rsatgandek qat'iy monoxromatik emasligi kelib chiqadi. Spektral chiziq ma'lum kenglikka ega bo'lib, spektrda ma'lum sohani egallaydi. Olingan $\Delta \nu$ qiymat spektral chiziqning tabiiy kengligi deb qabul qilingan. Spektroskopiyada $\Delta \nu = 10^8$ Gs qiymat juda kichik hisoblanadi.

Ko'zga ko'rinadigan yorug'lik chastotasi $\nu \approx 10^{14}$ Gs atrofida bo'lishini hisobga olsak, ekanligi kelib chiqadi. Spektral chiziqlarni kengayishini boshqa sabablari ham bor. Bunga misol qilib spektral

chiziqlarning doplercha kengayishini olish mumkin. Doplercha kengayish nurlanayotgan atomlarning issiqlik tezligi bilan bog'liqdir. Nurlanayotgan atom spektrometrga yaqinlashayotgan bo'lsa, uni chastotasi (Dopler effektiga ko'ra) ortadi, agar u, spektrometrdan uzoqlashayotgan bo'lsa, chastotasi kamayadi. Natijada spektrometr qayd qilayotgan spektral chiziq ikki tomonga kengayadi. Umuman olganda harakatlanayotgan atomning nurlanish chastotasi tinch turgan atomnikidan farq qiladi. Spektral chiziqlarning Dopler effekti tufayli kengayishi uni biz yuqorida aytib o'tgan tabiiy kengayishidan ancha katta. Shunday qilib, kvant mexanikasi atomlar monoxromatik bo'lmagan nurlanish spektri hosil qiladi degan xulosaga keladi.

MUSTAHKAMLASH UCHUN SAVOLLAR:

1. Vodorod atomi uchun Shreydinger tenglamasini yozing va uning yechimidan kelib chiqadigan natijalarni tushuntirib bering.
2. Vodorod atomida elektronning energiyasi qanday qonuniyat bilan o'zgarad.
3. Vodorod atomining ionlashish energiyasi deganda nimani tushunasiz?
4. Elektronning atomdagi holati qanday kvant sonlari bilan aniqlanadi.
5. Vodorod atomi spektri kvant mexanikasida qanday tushuntiriladi va tanlash qoidasi nima?

ADABIYOTLAR

1. Axmadjonov O.I. "Fizika kursi, optika, atom va yadro fizikasi". Toshkent - "O'qituvchi", 1989.
2. Qoshimov Q.Q., Rasulov R.Ya., Yuldashev N.X. "Kvant mexanikasi asoslari". Toshkent - "O'qituvchi", 1995.
3. Detlaf A.A., Yavorskiy B.M., " Kurs fiziki " M.: "Visshaya shkola ", 2000.
4. Trofimova T.I. "Kurs fiziki". M.: "Visshaya shkola", 2000.
5. Savelev I.V. "Kurs obshey fiziki, kniga 5.", M.: Nauka. 1998.
6. Kristi R., Pitti A. Stroenie veshestva: Vvedeniye v sovremennuyu fiziku. M.: Nauka. 1969.
7. Struchkov V.V., Yavorskiy B.M. "Voprosi sovremennoy fiziki" M.: "Prosvesheniye ", 1973.
8. Kondakov V.A. "Stroenie i svoystva veshestva" M.: "Prosvesheniye", 1970.
9. Buravixin V.A., Yegorov V.A. Biografiya elektrona. M.: "Znaniye", 1985.

Darsning xronologik xaritasi: 80 minut

1. Darsni tashkil qilish. 2 minut.
2. Davomatni tekshirish. 2 minut.
3. Atom fizikasi fanidan o'atiladigan mavzular ishchi dasturi bilan qisqacha tanishtirish. 4 minut.
4. Atom fizikasi fanining oldingi o'rganilgan umumiy fizika kurslaridan farqi va umumiylik tomonlarini bayon qilish. 5 minut.
5. Atom fizikasi kursini o'rganishda foydalaniladigan adabiyotlar, ma'ruza matnlari bulardan foydalanish usullari. (Ma'ruza matnda har bir mavzular uchun reja, tayanch so'zlar, adabiyotlarga ko'rgazmalar, nazorat savollar keltirilganligini alohida ta'kidlash). 5 minut.
6. Yangi mavzuni bayon qilish. Atom fizikasining yaratilishi va rivojlanish bosqichlari. Atomning tarkibi, atomning asosiy xususiyatlarini bayon etish, atom fizikasi fani yutuqlarining qo'llanishi va yechimi muhim bo'lgan muammolarini bayon qilish. 55 minut.
7. O'atilgan mavzu bo'yicha savol-javoblar. 7 minut.

O'quv mashg'ulotida ta'lim texnologiyasi modeli

17-Mavzu: Rentgen spektrlari. Atomdagi ichki elektronlar o'tishi. Xarakteristik rentgen nurlanish. Mozli qonuni. Oje effekti.

<i>Vaqt: 80 min.</i>	<i>Talabalar soni: 52 ta</i>
<i>O'quv mashg'ulotining shakli</i>	Ma'lumotli kirish - ma'ruza
<i>O'quv mashg'ulotining tuzilishi</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. O'quv kursi va mashg'ulot mavzusiga kirish 2. Bilimlarni faollashtirish - aqliy hujum 3. Ma'ruza matnini tarqatish 4. Asosiy atamalarni aniqlash-pinbord
<i>O'quv mashg'ulot maqsadi: O'quv fani to'g'risida umumiy tasavvurlarni berish</i>	
<i>Pedagogik vazifalar:</i> <ul style="list-style-type: none"> - Rentgen tajribalari - Rentgen trubkasi -Tormozlanuvchi rentgen nurlanishlari - Xarakteristik rentgen nurlanishlari - Oje elektronlari 	<i>O'quv faoliyat natijalari:</i> <ol style="list-style-type: none"> 1. Rentgen tajribalari 2. Rentgen trubkasi 3. Tormozlanuvchi rentgen nurlanishlari 4. Xarakteristik rentgen nurlanishlari 5. Oje elektronlari
<i>Ta'lim usullari</i>	Ma'ruza minbari
<i>Ta'limni tashkillashtirish shakli</i>	Jamoaviy
<i>Ta'lim vositalari</i>	Ma'ruza matni, kompyuter
<i>Ta'lim berish sharoiti</i>	Texnik vositalar bilan jihozlangan xona
<i>Monitoring va baholash</i>	Tezkor - so'rov.

Ma'lumotli kirish - ma'ruzasining texnologik xaritasi

Ish bosqich-lari va vaqti	Faoliyat mazmuni	
	ta'lim beruvchi	ta'lim oluvchilar
1-bosqich. O'quv mashg'ulotiga kirish (20 daq.)	<p>1.1 Mavzuning nomi, maqsad va kutilayotgan natijalarni yetkazadi. Taqdimot bo'yicha ekranga fanning tuzilmaviy-mantiqiy chizmasini chiqaradi, mavzularning o'zaro aloqasini yoritadi, ularga qisqa tavsif beradi, fan miqyosida bajariladigan uslubiy va tashkiliy ishlar xususiyatlarini tushuntiradi.</p> <p>Reyting-nazorat tizimi, joriy, oraliq, va yakuniy nazoratni baholash mezonlari</p> <p>(№ 1.1 ilova) bilan tanishtiradi.</p> <p>Mavzu bo'yicha asosiy tushunchalarni; mustaqil ishlash uchun adabiyotlar ro'yxatini aytadi.</p> <p>1.2. Birinchi o'quv mashg'ulot mavzusi, maqsad va o'quv faoliyat natijalarini aytadi.</p> <p>1.3. Mavzuni mustahkamlash uchun savollarni beradi (3-ilova)</p>	<p>Tinglaydilar</p> <p>Tinglaydilar</p> <p>Yozib oladilar.</p>
2-bosqich. Asosiy (50 daq.)	<p>2.1. Mavzu bo'yicha ma'ruza matnini tarqatadi va uning rejasi, asosiy tushunchalar bilan tanishishni taklif qiladi.</p> <p>2.3. Berilgan savollar asosida javoblar berilib umumiy xulosalar chiqariladi.</p> <p>2.4 Talabalar bilan birga fanga taaluqli bo'lmagan va qaytariluvchi ma'lumotlarni ochib tashlaydi, muhim asosiy tushunchalarni (Pinbord) kiritadi.</p>	<p>Tinglaydilar.</p> <p>Tinglaydilar, yozib oladilar.</p>
3-bosqich. Yakuniy (10 daq.)	<p>3.1. Mavzu bo'yicha yakun yasaydi, qilingan ishlarning kelgusida kasbiy faoliyatidagi ahamiyatiga talabalar e'tiborini qaratadi.</p> <p>3.2 O'tilgan darsni mustahkamlash uchun foydanilgan adabiyotlar ro'yxati keltiriladi.</p> <p>3.3. Mustaqil ish uchun topshiriq beradi va uning baholash mezonlari bilan tanishtiradi.</p>	<p>O'z-o'zini, o'zaro baho-lashni o'tkazadilar.</p> <p>Topshiriqni yozadilar</p>

BAHOLASH MEZONLARI

№	Nazorat turi	Ball	Nazorat ishi	Uy ishi	Mustaqil ish	Darsda faolligi	Amaliy ish	Laboratoriya
1	JN-1	11	2	2	2	1	2	2
2	JN-2	12	3	2	2	1	2	2
3	JN-3	12	3	2	2	2	2	2
3	ON-1	17	13	2	1	1	-	-
4	ON-2	18	14	2	1	1	-	-
5	YN	30	30					

86-100% “a’lo”
 71-85% “yaxshi”
 55-70% “qoniqarli”
 0-54% “qoniqarsiz”

Ilova 1.2

Talabalar bilimini faollashtirish uchun tezkor savollar

1. Rentgen nurlari spektri va ularning hosil bo‘lishini tushuntiring.
2. Elementlarning xossalari bilan tashqi qobiqdagi elektronlar soni orasida qanday bog‘liqlik bor?
3. Mozli qonuni nima haqida va u nimalarga aniqlik kiritdi?
4. Rentgen nurlanishi spektridan Plank doimiysi qanday aniqlanadi?

Ilova 1.3

Aqliy hujum qoidasi:

Hech qanday birga baholash va tanqidga yo‘l qo‘yilmaydi!

Taklif etilayotgan g‘oyani baholashga shoshma, agarda u hattoki ajoyib va g‘aroyib bo‘lsa ham hamma narsa mumkin.

Tanqid qilma, hamma aytilgan g‘oyalar qimmatli teng kuchlidir.

O‘rtaga chiquvchini bo‘lma!

Turtki berishdan o‘zingni ushla!

Maqsad miqdor hisoblanadi!

Qancha ko‘p g‘oyalar aytilsa, undan ham yaxshi: yangi va qimmatli g‘oyalarni paydo bo‘lishi uchun ko‘p imkoniyatdir.

Agarda g‘oyalar qaytarilsa, xafa bo‘lma va hijolat chekma.

Tasavvuringni “jo‘sh urishiga” ruxsat ber!

Agarda g‘oyalar qaytarilsa, xafa bo‘lma va hijolat chekma.

Tasavvuringni “jo‘sh urishiga” ruxsat ber!

Ilova 1.4

Pinbord (inglizchadan: *pin*- mahkamlash, *board* – yozuv taxtasi) munozara usullari yoki o‘quv suhbatini amaliy usul bilan moslashdan iborat.

Ta'lim beruvchi:

→ Taklif etilgan muammoni yechishga o'z nuqtai nazarini bayon qiladi.

→ Ommaviy to'g'ri aqliy hujumni tashkillashtiradi.

Ta'lim oluvchilar quyidagi g'oyalarni:

→ Taklif etadilar, muhokama qiladilar, baholaydilar eng ko'p maqbul (samarali va boshqa g'oyalarni tanlaydilar va ularni qog'oz varag'iga asosiy so'zlar ko'rinishida (2 so'zdan ko'p bo'lmagan) yozadilar va yozuv taxtasiga biriktiradilar.

→ Guruh a'zolari (ta'lim beruvchi tomonidan belgilangan 2-3 talaba yozuv taxtasiga chiqadilar va boshqalar bilan maslahatlashib:

21. aniq xato yoki qaytariluvchi g'oyalarni saralaydilar;
22. tortishuvlarni aniqlaydilar;
23. g'oyalarni tizimlashtirish mumkin bo'lgan belgilar bo'yicha aniqlaydilar;
24. shu belgilar bo'yicha hamma g'oyalarni yozuv taxtasida guruhlaydilar (kartochka/ varaqlar).

Ta'lim beruvchi:

→Umumlashtiradi va ish natijalarini baholaydi.

Monitoring va baholash

O'tilgan mavzu bo'yicha og'zaki so'rov, tezkor savol-javob qarab 1-2 ballgacha baholanadi.

Ilova 1.5

Mustaqil ish topshiriqlari.

1. Elektronning solishtirma zaryadini aniqlash. Rentgen nurlarining xossalari va ulardan foydalanish.
2. Rentgen nurlarining sochilishi va yutilishiga doir masalalar yechish.
3. Taqdimot slaydlari.

**17- Ma'ruza
(2-soat)**

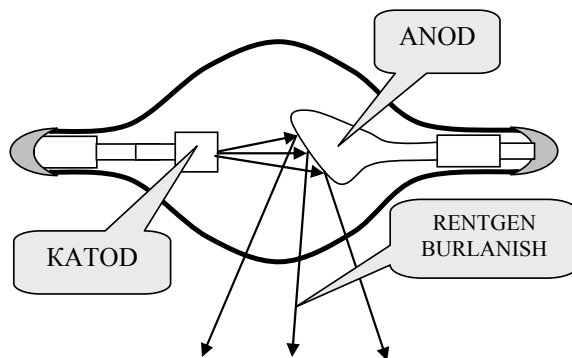
**Rentgen spektrlari. Atomdagi ichki elektronlar o'tishi.
Xarakteristik rentgen nurlanish. Mozli qonuni. Oje effekti.**

Reja

1. Rentgen tajribalari
2. Rentgen trubkasi.
3. Atomdagi ichki elektronlar o'tishi.
4. Tormozlanuvchi rentgen nurlanishlari
5. Xarakteristik rentgen nurlanishlari
6. Oje elektronlari
7. Mozle qonuni

Tayanch so'zlar va iboralar: G.Gers , atom, qonuniyatlar, spektr, X-nurlar, elektrod, elektron, trubka, xarakteristik, chegara, ishi, nazariya, impuls, burchak, sochilish, sanoat, meditsina, sog'lik, Oje.

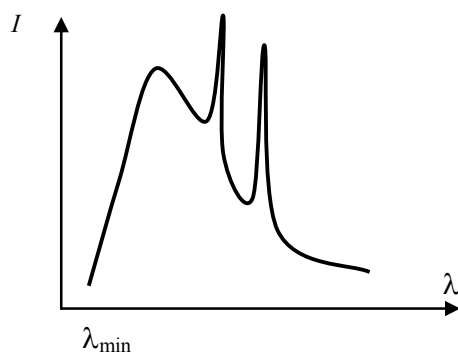
Yuqorida biz atomning elektron qobig'ining tuzilishini o'rganish ularning chiziqli spektrini tekshirishga asoslanganligini aytib o'tgan edik. Atomning ko'zga ko'rinadigan, ultrabinafsha va infraqizil sohalaridagi spektri uning tashqi elektron qobig'i haqida ma'lumot bersa, atomdan chiqadigan rentgen nurlari, uning ichki elektron qobig'i tuzilishi haqida ma'lumot beradi.



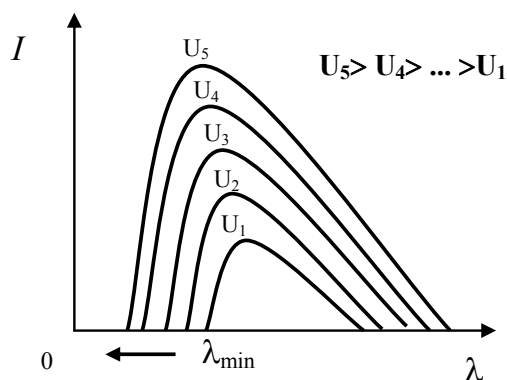
6.1-rasm.

Rentgen nurlarini 1895 yilda nemis fizigi Vilgelm Rentgen (1845-1923) kashf etgan. U bu kashfiyoti uchun 1901 yilda birinchi bo'lib Nobel mukofotini olishga sazovor bo'lgan. V. Rentgen o'zi kashf etgan nurlarni dastlab X-nurlar deb atagan, keyinchalik bu nurlar uning nomi bilan ataladigan bo'ldi. V. Rentgen bu kashfiyotini katod nurlarini o'rganish vaqtida tasodifan topdi. U tajribalaridan birida katod nayini qora kardon qog'oz bilan yaxshilab o'radi. Xonani qorong'i qilib, katod nayida razryad hosil qilganda xonani boshqa tomonida u qandaydir nurlanishni ko'rdi. Ma'lumki, katod nurlari (elektronlar oqimi) havoda bir necha santimetr masofagacha tarqalishi mumkin xolos. Tajribani takrorlaganda ham, yana bu hol takrorlandi. Xonani yoritib qarasa, nurlanayotgan narsa, qurilma yaqinidagi flyuoressensiyalanuvchi ekran ekan. Shunda Rentgen yangi nurlanish turiga duch kelganini tushundi.

Keyinchalik ma'lum bo'ldiki, rentgen nurlanishi katta tezlikdagi elektronlarni keskin tormozlanishi natijasida hosil bo'lar ekan.



2-rasm.



3-rasm.

Rentgen nurlari 1-rasmda sxemasi tasvirlangan rentgen trubkasida hosil qilinadi. Maxsus transformatorga ulanadigan volfram sim katod (K) vazifasini o'taydi. Katod va anod (A) orasida hosil qilinadigan elektr maydon katoddan uchib chiqayotgan termoelektronlarning tezligini orttiradi. Yetarlicha katta kinetik energiyaga erishgan elektronlar volfram yoki platinadan qilingan anod nishonning ichiga kirib borish vaqtida keskin tormozlanishi natijasida rentgen nurlari hosil bo'ladi. Bu nurlar to'lqin uzunligi $10^{-12} - 10^{-8}$ m oralig'ida bo'lgan elektromagnit to'lqinlardan iborat. Rentgen

nurlarining elektromagnit to'liq tabiati ularning kristallardan o'tishdagi difraksiyasi orqali isbotlangan. Buni biz optika bo'limida ko'rib o'tgan edik.

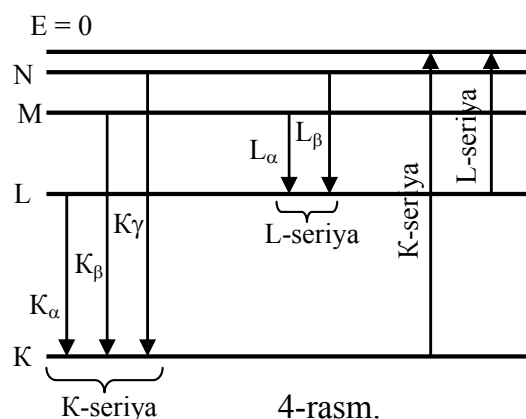
Rentgen nurlarining spektral tarkibi murakkab bo'lib, elektronlar energiyasiga va anod materiallarining turiga bog'liq. 2-rasmda rentgen nurlari spektrining tipik shakli tasvirlangan. Rentgen nuri spektri qisqa to'liq uzunlik tomondan chegaralangan λ_{\min} tutash va tutash spektr sohasida joylashgan katta intensivlikdagi bir necha chiziqli ($\lambda_1, \lambda_2, \dots$) spektrlar yig'indisidan iborat.

Tajribaning ko'rsatishicha, tutash spektr anod materialiga bog'liq bo'lmay, u faqat anodga urilayotgan elektronning energiyasiga bog'liq bo'lib, elektronlarning anodga urilishi natijasida tormozlanishi tufayli hosil bo'lar ekan. Shuning uchun ham rentgen nurining tutash spektri tormozlanish spektri deb ham ataladi. Bunday xulosa nurlanishning klassik nazariyasiga ham mos keladi, ya'ni bu nazariyaga ko'ra zaryadli zarrachalar tormozlanganda tutash spektrli nurlanish hosil bo'lishi kerak.

Agar anod va katod orasidagi kuchlanishni orttirib borsak, tutash rentgen nurini qisqa to'liq uzunlik tomondagi chegarasi ham qisqa to'liq uzunlik tomonga siljib boradi (3-rasm).

Rentgen nuri tutash spektrini qisqa to'liq uzunliklar sohasidagi keskin chegarasini faqat kvant nazariya asosida tushuntirish mumkin. Agar elektronning kinetik energiyasi to'lig'icha nurlanishga sarflansa, nurlanish chastotasi eng katta yoki nurlanish to'liq uzunligi eng kichik bo'ladi, ya'ni

$$eU = \frac{m\vartheta^2}{2} = h\nu_{\max} = \frac{hc}{\lambda_{\min}} \quad (1)$$



Bu ifoda tajriba natijasiga mos keladi. Katod va anod orasidagi potentsiallar farqi qancha katta bo'lsa, shuncha qisqa uzunlikdagi rentgen nuri hosil bo'ladi.

"Spektrning katta to'liq uzunliklar sohasi qanday tushuntiriladi?" degan savol tug'ilishi mumkin. Tormozlanish vaqtida hamma elektronlarning ham energiyasi to'lig'icha nurlanishga aylanmaydi, ularning energiyasining bir qismi issiqlikka aylanishi mumkin. Shuning uchun energiyaning issiqlikka aylanishi ortgan sari kvantlar soni kamayadi, to'liq uzunligi esa ortadi. Tutash rentgen spektrining qisqa to'liq uzunliklar sohasidagi chegaraviy to'liq uzunligini o'lchab (1) formula bilan Plank doimiysini katta aniqlikda hisoblash mumkin.

Rentgen qurilmasining anodiga kelayotgan elektronlarning energiyasi oshishi bilan tutash rentgen nuri spektri ichida anod materialiga bog'liq bo'lgan katta intensivlikdagi bir necha chiziqli spektrga ega bo'lgan xarakteristik rentgen nurlanishi paydo bo'ladi. Bu nurlanishning hosil bo'lish jarayoniga to'xtalaylik. Atomning tashqi elektron qobig'idagi elektronlarni qo'zg'algan holatga keltirish uchun 0,1-10 eV atrofida energiya kerak. Bunda atom turg'un holatga qaytayotganda IQ, UB yoki ko'zga ko'rinadigan sohadagi chiziqli spektrli nurlanish chiqaradi.

Atomning yadroga yaqin joylashgan elektron qobig'ini qo'zg'algan holatga keltirish uchun $10^3 - 10^5$ eV atrofida energiya kerak bo'ladi. Shuning uchun rentgen qurilmasi anodiga bir necha ming volt (40-80 kV) kuchlanish berilganda unda xarakteristik rentgen nurlanishi chiqishi kuzatiladi. Bunda anodda tormozlanayotgan elektronlarning bir qismi anod materiali atomlarining ichiga kirib, bu atomlarning K, M, ... qobiqlardagi biror elektronni urib chiqarishi mumkin. Masalan, K-qobiqdagi biror elektron atomni tashlab chiqib ketganligi tufayli, uning bo'sh o'rniga L yoki M qobiqdagi elektron kelishi mumkin. Natijada xarakteristik rentgen nurlanishning K- seriyalari hosil

bo'ladi. Ma'lumki K- qobiqdagi elektron atom bilan mustahkam bog'langan, L - qobiqdagi elektron esa zaifroq, M -qobiqdagisi undan ham zaifroq bog'langan. Shuning uchun $L \rightarrow K$ o'tishda vujudga keladigan xarakteristik rentgen nurlanishi kvantining energiyasi K va L qobiqlardagi elektronlarning bog'lanish energiyalari farqiga teng bo'ladi. Xarakteristik rentgen spektrining K, L, M va N seriyalarining vujudga kelish sxemasi 4- rasmda tasvirlangan.

Ma'lum bir seriyaga kirgan chiziqli spektrning tartibi ortgan sayin to'lqin uzunligi kamayib boradi. Agar anod materiali atom massasi og'irroq metall bilan almashtirilsa, xarakteristik rentgen nurlarining tarkibi o'zgarmaydi, ammo butun spektr qisqa to'lqin uzunlik tomonga siljiydi.

Ma'lum bir bosh kvant soniga mos kelgan xarakteristik rentgen nurlari ham orbital va magnit kvant sonlarini qiymatiga qarab bir necha spektral chiziqlarga bo'linib ketishi mumkin.

Ingliz fizigi G.Mozli (1887-1915) 1913 yilda turli elementlarning xarakteristik rentgen nurlari spektrini o'rganib, uning nomi bilan ataluvchi va quyidagi formula bilan ifodalanuvchi qonunni aniqladi:

$$\nu = R(z - \sigma)^2 \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (2)$$

bunda

ν – ma'lum bir xarakteristik rentgen nurining chastotasi,

R-Ridberg doimiysi,

σ - ekranlash doimiysi,

$m=1,2,3\dots$, qiymatlarni,

n esa $n=m+1$ qiymatlarni qabul qiladi.

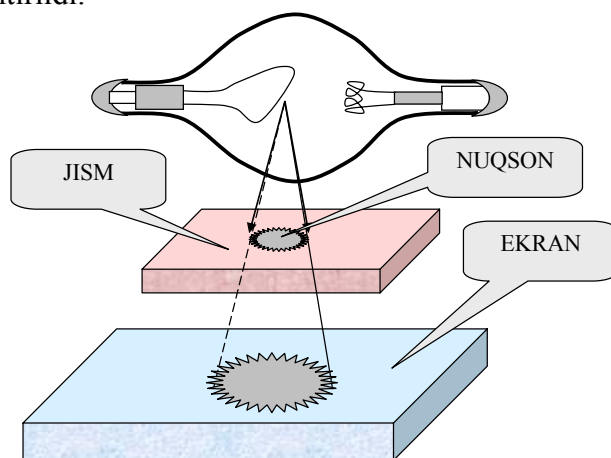
Mozli qonunining (2) ifodasi vodorod atomi spektral seriyalarini ifodalovchi Balmerning umumiy formulasiga o'xshaydi.

Ekranlash doimiysi σ ning ma'nosi shundan iboratki, u ichki qobiqdagi "bo'sh" o'ringa tashqi qobiqlardan kelayotgan elektronga yadroning Ze hamma zaryadi ta'sir etmay, elektronlarning ekranlash ta'siri tufayli kuchsizlangan $(Z - \sigma).e$ -zaryad ta'sir etishini ko'rsatadi. Masalan, K seriyaning K_α chizig'i uchun faqat bitta elektron ekranlovchi ta'sir ko'rsatgani uchun $\sigma=1$ bo'lib Mozli qonuni

$$\nu = R(z - 1) \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2} \right)$$

ko'rinishda yoziladi.

Mozli qonunining yana bir muhim tomoni shundan iboratki, u xarakteristik rentgen nuri chastotasi bilan elementning yadro zaryadi Z ni, ya'ni davriy sistemadagi o'rnini bog'laydi. Bundan elementning davriy sistemasidagi o'rnini aniqlashning yangi usuli kelib chiqadi. Shunday yo'l bilan sistemadagi elementlarning o'rniga aniqlik kiritildi. Bu qonun yordamida argon bilan kaliy, kobalt bilan nikel o'rinlari almashtirildi.



5-rasm.

Endi rentgen nurlarini qo'llanilishiga to'xtalib o'taylik. Rentgen nurlari yordamida kristall moddalardagi atomlarning joylashishini, kristallarning sofligini va joylashish vaziyatini,

qotishmalariga termik va plastik ishlov berganda, ularda bo'ladigan o'zgarishlarni, qotishmalar olishda texnologik jarayonlarni, qattiq jismlardagi va tirik organizmlarda nuqsonlarni va boshqa narsalarni tekshirish mumkin.

Rentgen nurlarining ajoyib xususiyatlaridan biri shundaki, ular yorug'lik nurlari uchun shaffof bo'lmagan jismlardan o'ta oladi. Aniqrog'i, rentgen nurlarining bir qismi jismda yutiladi, qolgan qismi esa jismdan o'tib ketadi. Jismning zichligi, qalinligi qanchalik kam bo'lsa, u shuncha rentgen nurlarini kam yutadi. Demak, zichligi kamroq jismlar rentgen nurlari uchun shaffofroq hisoblanadi. Uning bu xususiyatidan meditsina, metallurgiya, mashinasozlik va texnikaning boshqa sohalarida keng foydalaniladi.

Masalan, 5-rasmda jism ichidagi nuqsonlarni aniqlash uchun ishlatiladigan qurilma sxemasi ko'rsatilgan. Agar jismdagi nuqsonning zichligi jismning boshqa sohalarining zichligidan kichikroq bo'lsa, rentgen nurlari bu nuqsondan o'tishda kamroq yutiladi, natijada ekranda uning shakli yorug'roq bo'ladi. Aksincha, nuqsonning zichligi kattaroq bo'lsa, ekranda uning shakli xiraroq bo'ladi. Kerak bo'lgan hollarda ekran o'rniga fotoplastinka qo'yib, nuqsonning rasmini olish ham mumkin. Bayon qilgan bu usul rentgenodefektoskopiya deb ataladi.

Mustahkamlash uchun savollar:

1. Elementlarning xossalari bilan tashqi qobiqdagi elektronlar soni orasida qanday bog'liqlik bor?
2. Rentgen nurlari spektri va ularning hosil bo'lishini tushuntiring.
3. Mozli qonuni nima haqida va u nimalarga aniqlik kiritdi?
4. Rentgen nurlanishi spektridan Plank doimiysi qanday aniqlanadi?

Adabiyotlar

1. Axmadjonov O.I. «Fizika kursi, optika, atom va yadro fizikasi». Toshkent -«O'qituvchi», 1989.
2. Hoshimov G', Rasulov R.Ya., Yuldashev N.X. «Kvant mexanikasi asoslari». Toshkent - «O'qituvchi», 1995.
3. Зисман Г.А., Тодес О.М. «Курс общей физики» 3-том. М.»Наука» 1968.
4. Детлаф А.А., Яворский Б.М., «Курс физики» М.: Высшая школа, 2000.
5. Трофимова Т.И. «Курс физики». М.: «Высшая школа», 2000.
6. Савельев И.В. «Курс общей физики, книга 5.», М.: Наука. 1998.
7. Кристи Р., Питти А. Строение вещества: Введение в современную физику. М.: Наука. 1969.

Darsning xronologik xaritasi: 80 minut

- 1.Darsni tashkil qilish. 2 minut.
- 2.Davomatni tekshirish. 2 minut.
- 3.Atom fizikasi fanidan o‘tiladigan mavzular ishchi dasturi bilan qisqacha tanishtirish. 4 minut.
- 4.Atom fizikasi fanining oldingi o‘rganilgan umumiy fizika kurslaridan farqi va umumiylik tomonlarini bayon qilish. 5 minut.
- 5.Atom fizikasi kursini o‘rganishda foydalaniladigan adabiyotlar, ma’ruza matnlari bulardan foydalanish usullari. (Ma’ruza matnda har bir mavzular uchun reja, tayanch so‘zlar, adabiyotlarga ko‘rgazmalar, nazorat savollar keltirilganligini alohida ta’kidlash). 5 minut.
- 6.Yangi mavzuni bayon qilish. Atom fizikasining yaratilishi va rivojlanish bosqichlari. Atomning tarkibi, atomning asosiy xususiyatlarini bayon etish, atom fizikasi fani yutuqlarining qo‘llanishi va yechimi muhim bo‘lgan muammolarini bayon qilish. 55 minut.
- 7.O‘tilgan mavzu bo‘yicha savol-javoblar. 7 minut.

O‘quv mashg‘ulotida ta’lim texnologiyasi modeli

18-Mavzu: Atom tashqi kuchlar maydonida. Atom magnit maydonda. Kuchli va kuchsiz maydon lande faktori. Zeeman va Pashen-Bak effektlari. Elektron paramagnit rezonans. (EPR) atom elektr maydonda. Shtark effekti.

<i>Vaqt: 80 min.</i>	<i>Talabalar soni: 52 ta</i>
<i>O‘quv mashg‘ulotining shakli</i>	Ma’lumotli kirish - ma’ruza
<i>O‘quv mashg‘ulotining tuzilishi</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1 .O‘quv kursi va mashg‘ulot mavzusiga kirish 2. Bilimlarni faollashtirish - aqliy hujum 3. Ma’ruza matnini tarqatish 4. Asosiy atamalarni aniqlash-pinbord
<i>O‘quv mashg‘ulot maqsadi: O‘quv fani to‘g‘risida umumiy tasavvurlarni berish</i>	
<i>Pedagogik vazifalar:</i> <ul style="list-style-type: none"> - Atom magnit maydonda. - Kuchli va kuchsiz maydon lande faktori. - Zeeman va Pashen-Bak effektlari. - Elektron paramagnit rezonans (EPR) atom elektr maydonda. - Shtark effekti. 	<i>O‘quv faoliyat natijalari:</i> <ol style="list-style-type: none"> 1. Atom magnit maydonda. 2. Kuchli va kuchsiz maydon lande faktori. 3. Zeeman va Pashen-Bak effektlari. 4. Elektron paramagnit rezonans (EPR) atom elektr maydonda. 5. Shtark effekti.
<i>Ta’lim usullari</i>	Ma’ruza minbari
<i>Ta’limni tashkillashtirish shakli</i>	Jamoaviy
<i>Ta’lim vositalari</i>	Ma’ruza matni, kompyuter
<i>Ta’lim berish sharoiti</i>	Texnik vositalar bilan jihozlangan xona
<i>Monitoring va baholash</i>	Tezkor - so‘rov.

Ma'lumotli kirish - ma'ruzasining texnologik xaritasi

Ish bosqich-lari va vaqti	Faoliyat mazmuni	
	ta'lim beruvchi	ta'lim oluvchilar
1-bosqich. O'quv mashg'ulotiga kirish (20 daq.)	<p>1.1 Mavzuning nomi, maqsad va kutilayotgan natijalarni yetkazadi. Taqdimot bo'yicha ekranga fanning tuzilmaviy-mantiqiy chizmasini chiqaradi, mavzularning o'zaro aloqasini yoritadi, ularga qisqa tavsif beradi, fan miqyosida bajariladigan uslubiy va tashkiliy ishlar xususiyatlarini tushuntiradi.</p> <p>Reyting-nazorat tizimi, joriy, oraliq, va yakuniy nazoratni baholash mezonlari</p> <p>(№ 1.1 ilova) bilan tanishtiradi.</p> <p>Mavzu bo'yicha asosiy tushunchalarni; mustaqil ishlash uchun adabiyotlar ro'yxatini aytadi.</p> <p>1.2. Birinchi o'quv mashg'ulot mavzusi, maqsad va o'quv faoliyat natijalarini aytadi.</p> <p>1.3. Mavzuni mustahkamlash uchun savollarni beradi (3-ilova)</p>	<p>Tinglaydilar</p> <p>Tinglaydilar</p> <p>Yozib oladilar.</p>
2-bosqich. Asosiy (50 daq.)	<p>2.1. Mavzu bo'yicha ma'ruza matnini tarqatadi va uning rejasi, asosiy tushunchalar bilan tanishishni taklif qiladi.</p> <p>2.3. Berilgan savollar asosida javoblar berilib umumiy xulosalar chiqariladi.</p> <p>2.4 Talabalar bilan birga fanga taaluqli bo'lmagan va qaytariluvchi ma'lumotlarni ochib tashlaydi, muhim asosiy tushunchalarni (Pinbord) kiritadi.</p>	<p>Tinglaydilar.</p> <p>Tinglaydilar, yozib oladilar.</p>
3-bosqich. Yakuniy (10 daq.)	<p>3.1. Mavzu bo'yicha yakun yasaydi, qilingan ishlarning kelgusida kasbiy faoliyatidagi ahamiyatiga talabalar e'tiborini qaratadi.</p> <p>3.2 O'tilgan darsni mustahkamlash uchun foydaniilgan adabiyotlar ro'yxati keltiriladi.</p> <p>3.3. Mustaqil ish uchun topshiriq beradi va uning baholash mezonlari bilan tanishtiradi.</p>	<p>O'z-o'zini, o'zaro baho-lashni o'tkazadilar.</p> <p>Topshiriqni yozadilar</p>

BAHOLASH MEZONLARI

№	Nazorat turi	Ball	Nazorat ishi	Uy ishi	Mustaqil ish	Darsda faolligi	Amaliy ish	Laboratoriya
1	JN-1	11	2	2	2	1	2	2
2	JN-2	12	3	2	2	1	2	2
3	JN-3	12	3	2	2	2	2	2
3	ON-1	17	13	2	1	1	-	-
4	ON-2	18	14	2	1	1	-	-
5	YN	30	30					

86-100% “a’lo”
 71-85% “yaxshi”
 55-70% “qoniqarli”
 0-54% “qoniqarsiz”

Ilova 1.2

Talabalar bilimini faollashtirish uchun tezkor savollar

Molekulalardagi kimyoviy bog’lanishlarning fizik tabiati qanday?

Ionli va kovalent bog’lanishlarni misollar orqali tushuntiring.

Vodorod molekulasini hosil bo’lishini kvant nazariyasi nuqtai nazaridan tushuntiring.

Vodorod molekulasini uchun Shredinger tenglamasi qanday ko’rinishda yoziladi va undan molekula energiyasi uchun qanday natija olingan?

Molekulalarning harakat energiyalari va ularga mos spektrlarni tushuntiring.

Yorug’likning kombinatsion sochilishi nimadan iborat?

Ilova 1.3

Aqliy hujum qoidasi:

Hech qanday birga baholash va tanqidga yo’l qo’yilmaydi!

Taklif etilayotgan g’oyani baholashga shoshma, agarda u hattoki ajoyib va g’aroyib bo’lsa ham hamma narsa mumkin.

Tanqid qilma, hamma aytilgan g’oyalar qimmatli teng kuchlidir.

O’rtaga chiquvchini bo’lma!

Turtki berishdan o’zingni ushla!

Maqsad miqdor hisoblanadi!

Qancha ko’p g’oyalar aytilsa, undan ham yaxshi: yangi va qimmatli g’oyalarni paydo bo’lishi uchun ko’p imkoniyatdir.

Agarda g’oyalar qaytarilsa, xafa bo’lma va hijolat chekma.

Tasavvuringni “jo’sh urishiga” ruxsat ber!

Agarda g’oyalar qaytarilsa, xafa bo’lma va hijolat chekma.

Tasavvuringni “jo’sh urishiga” ruxsat ber!

Ilova 1.4

Pinbord (inglizchadan: *pin*- mahkamlash, *board* – yozuv taxtasi) munozara usullari yoki o’quv suhbatini amaliy usul bilan moslashdan iborat.

Ta'lim beruvchi:

→ Taklif etilgan muammoni yechishga o'z nuqtai nazarini bayon qiladi.

→ Ommaviy to'g'ri aqliy hujumni tashkillashtiradi.

Ta'lim oluvchilar quyidagi g'oyalarni:

→ Taklif etadilar, muhokama qiladilar, baholaydilar eng ko'p maqbul (samarali va boshqa g'oyalarni tanlaydilar va ularni qog'oz varag'iga asosiy so'zlar ko'rinishida (2 so'zdan ko'p bo'lmagan) yozadilar va yozuv taxtasiga biriktiradilar.

→ Guruh a'zolari (ta'lim beruvchi tomonidan belgilangan 2-3 talaba yozuv taxtasiga chiqadilar va boshqalar bilan maslahatlashib:

25. aniq xato yoki qaytariluvchi g'oyalarni saralaydilar;

26. tortishuvlarni aniqlaydilar;

27. g'oyalarni tizimlashtirish mumkin bo'lgan belgilar bo'yicha aniqlaydilar;

28. shu belgilar bo'yicha hamma g'oyalarni yozuv taxtasida guruhlaydilar (kartochka/ varaqlar).

Ta'lim beruvchi:

→Umumlashtiradi va ish natijalarini baholaydi.

Monitoring va baholash

O'tilgan mavzu bo'yicha og'zaki so'rov, tezkor savol-javob qarab 1-2 ballgacha baholanadi.

Ilova 1.5

Mustaqil ish topshiriqlari.

Kristallarda bog'lanish turlari. Energetik zonalar. O'ta oquvchanlik. Tajriba natijalari. Molekulaning bog'lanish energiyasiga doir masalalar yechish.

18- Ma'ruza (2-soat)

Atom tashqi kuchlar maydonida. Atom magnit maydonda. Kuchli va kuchsiz maydon lande faktori. Zeeman va Pashen-Bak effektlari. Elektron paramagnit rezonans. (EPR) atom elektr maydonda. Shtark effekti.

Reja:

1. Atom magnit maydonda.
2. Kuchli va kuchsiz maydon lande faktori.
3. Zeeman va Pashen-Bak effektlari.
4. Elektron paramagnit rezonans (EPR) atom elektr maydonda.
5. Shtark effekti.

Og'ir murakkab atomlar spektrini hisoblash ulardagi elektronlarning o'zaro ta'siri sababli juda murakkabdir. Lekin shunday atomlar guruhi borki, ularning spektri vodorodsimon atomlar spektriga o'hshash bo'lib, ulardan salgina farq qiladi, Bunga ishqoriy metallar misol bo'ladi. Ishqoriy metallar Li, Na, K, Rb, Cs Mendeleyev davriy sistemasining birinchi gruppasida joylashgan. Vodorodsimon atomlar uchun termlar $\frac{R}{n^2}$ bo'lsa, ishqoriy metallar uchun $-\frac{R}{(n+\sigma)^2}$ (1) kabi bo'ladi. Bunda σ — qandaydir qo'shimcha. Shu sababli, ishqoriy metallar spektri tashqi ko'rinishidan vodorod atomi

spektrini eslatadi. Lekin u bilan mos tushmaydi. Ular orasidagi farqni quyidagicha tushuntirish mumkin. Ishqoriy metallar inert gazlardan keyin turadi. Masalan $\text{He} \rightarrow \text{Li}$, $\text{Neon} \rightarrow \text{N}$. Bu gazlar atomlari o'ta turg'un ishqoriy metallar esa oson ionlashadi. Shu sababli biror Z zaryadli ishqoriy metall atomining $Z-1$ elektronlari uning yadrosi bilan qo'shilib $+e$ zaryadli turg'un gaz atomi yadrosi hosil qiladi. desak bo'ladi. U holda bu yadro atrofida oxirgi kuchsiz boglangan elektron aylanadi. Shunday qilib, biz $+e$ zaryadli yadro atrofida bitta elektron aylanuvchi vodorod atomiga ega bo'ldik, lekin shunday bo'lsada uning spektri vodorod atomi spektridan farq qiladi. Sababi vodorod atomida bitta proton va bitta elektron bo'lib, ular kuchli bog'langan. Yadro o'lchami $\approx 10^{-13}$ sm, elektron radiusi esa $\approx 10^{-8}$ sm bo'lganidan elektron nuqtaviy yadro atrofida aylanadi. Ishqoriy metallarda esa tashqi elektron $Z-1$ elektronlar tomonidan ekranlangan bo'ladi. Shu sababli bu sistemaning razmeri uni nuqtaviy zaryad deb qarashga imkoniyat bermaydi. Nuqtaviy zaryad maydonida energiya sathlari aynigan bo'ladi. Ya'ni bir xil n bosh kvant sonli orbitalar energiyasi bir xil bo'ladi. Lekin zaryadlar sistemasi maydonida bunday bir xil energiyali sathlar turli usullarda g'alayonlanadi va shu sababli energiyasi bir xil bo'lmaydi. Ishqoriy metallar atom termalarining boshqacha bo'lishi shu bilan

boqliqdir. (1) dagi qo'shimcha had: $\sigma = -c_1 \frac{me^2}{(\frac{\hbar}{2\pi})^2 (l + \frac{1}{2})}$ kabi ifodalaniladi. Ya'ni σ qiymati ℓ -

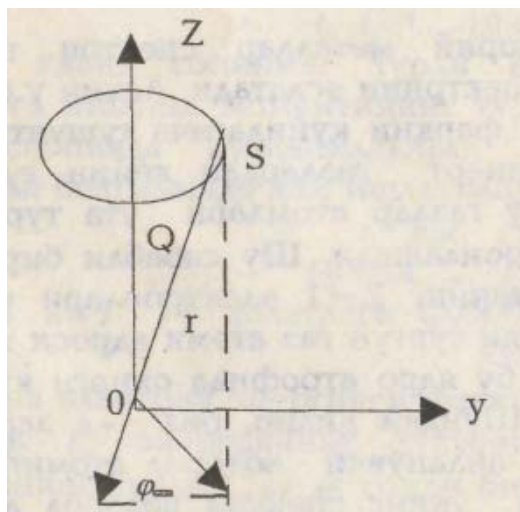
orbital moment bilan ifodalaniladi. Shu sababli bir xil n da $\ell = 0, 1, 2, \dots$ bo'lishi hisobdan energiya

ham har xil bo'ladi va aynish olib tashlanadi ya'ni $E_n = -\frac{2\pi^2 me^4 Z^2}{(n + \sigma)^2 h^2}$ bu yerdagi σ — qo'shimcha had

hisobidan turli ℓ — orbital moment uchun energiya turlicha bo'ladi.

Endi yadro atrofida aylanayotgan elektron magnit momentini qaraymiz. Orbita bo'yicha harakatlanayotgan elektron aylanma tokdir, shu sababli u muayyan magnit momentiga ega bo'lishi

kerak. Elektrodinamikadan berk tokning magnit momenti $M = \frac{1}{c} JS$



1-rasm.

bu yerda J — tok kuchi, S — tok o'tayotgan sirt, c — yorug'lik tezligi. Agar elektronning aylanishlar soni $\nu = \frac{1}{T}$ bo'lsa u holda $J = e\nu = \frac{e}{T}$, T — aylanish davri. $S = \pi r^2$ dan $M = \frac{1}{c} e\nu \pi r^2$ bo'ladi. ν

chastotani burchak chastota ω bilan almashtirib $\nu = \frac{\omega}{2\pi}$, $M = \frac{e}{2c} \omega r^2 = \frac{e}{2mc} m_e r^2 \omega$ bu yerda

$mr^2 \omega = mr^2 \dot{\phi} = l$ — elektron harakat miqdori momenti. Shu sababli $M = \frac{e}{2mc} l$ bo'ladi.

Agar 1 harakat miqdori momenti $l = l_z = m \frac{h}{2\pi}$ ligini hisobga olsak $M = m \frac{eh}{4\pi m_e c} = m \frac{eh}{2m_e c}$

, $(m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots)$ Oxirgi formuladagi $M_B = \frac{eh}{2m_e c}$ — Bor magnetoni deyiladi va u universal

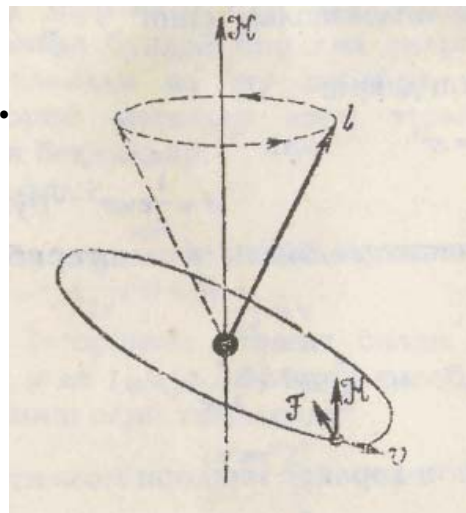
doimiylardan iborat. Demak, elektronning magnit momenti m - butun sonning, ya'ni magnit kvant sonning Bor momentiga ko'paytmasiga teng. $M = m M_B$ Bor magnetonining qiymati $M_B = (9,274078 \pm 0,000036) \cdot 10^{-21} \text{ erg / Gs}$ ga teng.

Shunday qilib, har qanday zaryad e zaryadiga karrali bo'lgani kabi markaziy maydonda harakatlanayotgan elektronning, ya'ni giromagnit munosabat magnit momenti ham M_B ga karralidir.

Elektron magnit momentining uning mexanik momentiga nisbati $\frac{M}{l_z} = \frac{l}{2m_l c}$ ga tengligi

kelib chiqadi. Endi orbital elektronli atom magnit maydoniga joylashgan deb tasavvur qilaylik. Atom magnit momentiga ega bo'lgani uchun tashqi maydonda o'zini magnit sifatida tutishi kerak. Uning magnit momentiga tashqi magnit momentiga parallel yoki antiparalel joylashishi kerak. Ya'ni tashqi magnit maydonda atom o'zini pirildoq (volchok) kabi tutib pretcession harakat qilishi kerak.

Koordinatlar sistemasini \vec{H} magnit maydoni yo'nalish bilan bog'laymiz

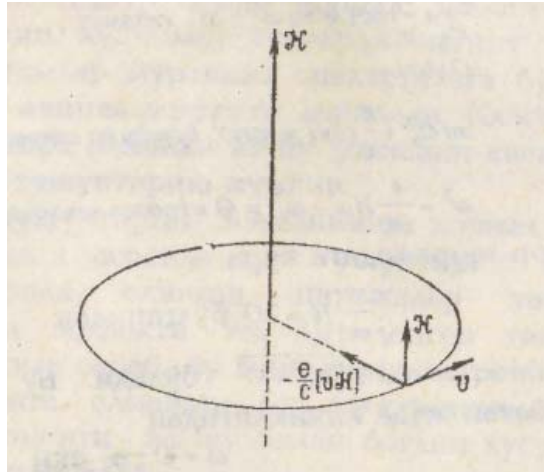


2 — rasm

Elektron pretsessiya o'qi maydon yo'nalishi bilan bir xil. Pretsessiya burchak tezligi $\vec{\omega}$ bo'lsin. Elektronga markazdan qochirma inersiya kuchi $m r \omega^2$ va $\vec{C} 2m [\vec{g}\vec{\omega}]$ kariolis kuchlari ta'sir qiladi. Ammo $r \omega \ll g$ bo'lgani uchun $m r \omega^2$ ni inobatga olmasak bo'ladi. Ikkinchi tomondan magnit maydonda g tezlik bilan harakat qiluvchi elektronga $\vec{F} = -\frac{e}{c} [\vec{g}\vec{H}]$ Lorens kuchi ta'sir qiladi. Bu kuchlar bir — biriga qarama — qarshi yo'nalgan bo'ladi. Orbita o'z o'lchovi va shaklini o'zgartirmasligi uchun $\vec{C} = -\vec{F}$ bo'lishi kerak. $2m g \omega \sin(\vec{g}\vec{\omega}) = -\frac{e}{c} g H \sin(\vec{g}\vec{H})$ (1)

Pretsessiya o'qi maydon yo'nalishiga parallel bo'lgani uchun $\sin(\vec{g}\vec{\omega}) = \sin(\vec{g}\vec{H})$ bo'ladi va (1) dan $\omega = \frac{e}{2mc} H$ Ya'ni H — tashqi magnit maydonida elektron $\omega = \frac{e}{2mc} H$ burchak chastotali pretsessiya harakatini yuzaga keltiradi. Bunga Larmor teoremasi deyiladi.

1896 yili P.Zeyeman magnit maydonining nurlanish spektral chiziqlariga ta'sirini kuzatgan. Bu hodisaning nazariyasini qarab chiqaylik. Soddalik uchun vodorod atomni qaraymiz va tashqi magnit maydoni orbita tekisligiga perpendikulyar yo'nalgan deb olamiz.



3 — rasm

Elektronni orbitada tutib turuvchi kuch $F = \frac{e^2}{r^2}$ (1) bo'lib, u markazdan qochma inersiya

kuchiga teng $\frac{e^2}{r^2} = m\omega_0^2$ (2) bunda ω_0 elektronning magnit maydochi bo'lmagandagi aylanish chastotasi. Magnit maydoni bo'lganida elektronga (1) dan tashqari Lorens kuchi ham ta'sir qiladi va

bu kuch ham Kulon kuchi kabi radius bo'ylab yo'naladi $F_L = -\frac{e}{c}[\vec{g}\vec{H}]$. Bu qo'shimcha F_L

kuch sababli elektronni orbitada ushlab turuvchi kuchlar muvozanati buziladi. Shu sababli tashqi magnit maydoni orbita radiusini (kamayishi va ortishiga olib kelmasdan) o'zgartirmagan holda elektronning orbitada

aylanishi burchak tezligining o'zgarishiga olib keladi. Bu quyidagicha sodir bo'ladi. Magnit maydoni berilganda u o'zining oxirgi qiymatiga biror vaqtdan so'ng erishadi. Bu vaqt ichida magnit maydonning o'zgarishi uyurmali elektr maydonini hosil qiladi. Uyurmali elektr maydonning simmetriya o'qi magnit maydoni yo'nalishi bilan bir xil bo'ladi. Shu uyurmali elektr maydoni elektronga ta'sir qilib uni tezlatadi yoki sekinlanadi. Lorens kuchininig o'zi tezlikka perpendikulyar bo'lgani uchun elektronning orbitadagi aylanish chastotasini o'zgartira olmaydi. Orbitadagi elektronga

ta'sir etuvchi kuchlar har doim muvozanatda bo'lishi kerak. Ya'ni $\frac{e^2}{r^2} + \frac{e}{c}gH \sin[\vec{g}\vec{H}] = m\omega^2$, bu

yerda $g = r\omega$ va \vec{g} va \vec{H} vektorlar perpendikulyar bo'lgani sababli $\sin[\vec{g}\vec{H}] = 1$ bo'ladi.

$\frac{e^2}{r^2} + \frac{e}{c}r\omega H = m\omega^2$ ga kelimiz (2)dan $m\omega_0^2 + \frac{e}{c}r\omega H = m\omega^2$ buladi va nihoyat

$\omega^2 - \frac{e}{mc}H\omega - \omega_0^2 = 0$ ifodaga kelimiz. Bu yerda Larmor teoremasiga ko'ra $\frac{e}{mc}H = 2O$ bo'lganidan

$\omega^2 - 2O\omega - \omega_0^2 = 0$ va $\omega = O \pm \sqrt{\omega_0^2 + O^2}$ bo'ladi. Bu yerda O ω_0 ga nisbatan juda kichikligidan $\omega = O \pm \omega_0$ yoki

$$\omega_1 = \omega_0 + O \quad \omega_2 = -\omega_0 + O$$

Ya'ni, magnit maydonida soat strelkasiga teskari yo'nalishida (maydon vektori uchidan qaralganda) aylanadigan elektronning chastotasi O ga ortadi, soat strelkasi bo'ylab aylanadigan elektron chastotasi esa O ga kamayadi. Agar burchak chastotadan chiziqli chastotaga o'tsak ($\nu = \frac{\omega}{2\pi}$),

$n\nu = \pm \frac{O}{2\pi} = \pm \frac{e}{4\pi mc}H$ bo'ladi. Bu Lorens formulasidir.

Agar elektron orbita tashqi maydon kuch chiziqlariga parallel bo'lsa, (ya'ni Z o'qi bo'yicha) elektronning aylanish chastotasi o'zgarmaydi. Bu yo'nalishidagi nurlanish O ga teng bo'ladi. Demak bo'ylama yo'nalishda Zeyeman effektining manzarasi ikkita surilgan chiziqdan iborat bo'ladi. Ko'ndalang yo'nalishda esa Zeyeman effektining manzarasi uchta chiziqdan iborat: bitta surilmagan

va 2 ta surilgan chiziqlar. Surilmagan chiziq Z o'q bo'yicha bo'layotgan tebranishlarning perpendikulyar yo'nalishida maksimal nurlanish berishidan (mas, x o'q bo'yicha) paydo bo'ladi. Shunday qilib, magnit maydoniga joylashtirilgan nurlanuvchi yoki nur yutuvchi atom maydonga perpendikulyar yo'nalishida (nurlanish) spektr chizig'i 3 ta komponentaga ajraladi. $\omega_0 + O, \omega_0, \omega_0 - O$

Ikkala chetki komponentlar aylana bo'ylab qutblangan, o'rtasidagi esa chiziqli qutblangan bo'ladi. Faqat ayrim atomlarga shunday spektr berib normal Zeyeman effektini hosil qiladi. Lekin ko'pchilik hollarda magnit maydoniga joylashtirilgan atomlar murakkab spektrga ega bo'lishadi. Bu hodisa Zeyemanning anomal effekti deyiladi. Klassik nazariya bu hodisani tushuntira olmaydi va bu hodisani kvant mexanika nuqtai nazardagina tushuntirish mumkin.

Zeeman effekti tashqi magnit maydonida spektral chiziqlarning tarmoqlanishini ko'rsatadi. Faraz qilaylik, atom kuchlanganligi H bo'lgan magnit maydoniga joylashtirilgan bo'lsin:

$$\hat{H} = \left[-\frac{\hbar^2}{2\mu} \nabla^2 + U(r) \right] - \left(\hat{m}_z H + \hat{m}_s H \right)$$

Tashqi magnit maydon kuchlanganligi 0 bo'lganda,

$$\hat{m}_z = -\frac{e}{2\mu c} \hat{M}_z$$

$$\hat{H} \begin{Bmatrix} \Psi_1 \\ \Psi_2 \end{Bmatrix} = \begin{cases} \hat{H}_0 \Psi_1 + \frac{e}{2\mu c} H (\hat{M}_z \Psi_1 + \hbar \Psi_1) = E'_{nl} \Psi_1 \\ \hat{H}_0 \Psi_2 + \frac{e}{2\mu c} H (\hat{M}_z \Psi_2 - \hbar \Psi_2) = E''_{nl} \Psi_2 \end{cases}$$

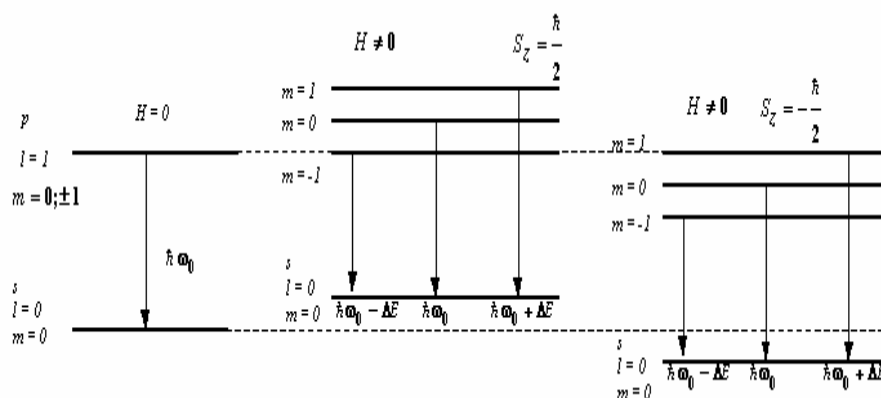
$$\hat{M}_z \Psi_{1,2} = m \hbar \Psi_{1,2}$$

$$\hat{H}^0 \Psi_{1,2} = E_{n,l}^0 \Psi_{1,2}$$

$$\begin{cases} E'_{nlm} = E_{nl}^0 + \frac{e\hbar}{2\mu c} H(m+1) & S_z = \frac{\hbar}{2} \\ E''_{nlm} = E_{nl}^0 + \frac{e\hbar}{2\mu c} H(m-1) & S_z = -\frac{\hbar}{2} \end{cases}$$

Keltirilgan munosabatlardan ko'rinadiki, tashqi magnit maydoniga joylashtirilgan atomdagi elektron \bar{e} energiyasi nafaqat n va l kvant sonlariga bog'liq bo'lmay, balki magnit kvant soni m ga ham bog'liq bo'lib qoladi, natijada *aynish* yo'qoladi.

Ikki sathni ko'rib chiqamiz.



4-rasm. Magnit maydonda spektral chiziqlarning tarmoqlanishi.

$$\Delta E = \frac{e \hbar H}{2 \mu c} \quad \frac{\Delta E}{\hbar} = \Delta \omega$$

$$\omega = \omega_0; \quad \underbrace{\omega_0 + \frac{eH}{2 \mu c}}_{\text{Larmer chastotalari}}, \quad \omega_0 - \frac{eH}{2 \mu c}$$

Shunday qilib, Zeeman effekti magnit maydonida spektral chiziqlarning tarmoqlanishidan iboratdir, bunda aynish yo'qoladi. Spinning mavjudligi spektrga ta'sir ko'rsatmaydi. Spin barcha sathlarning birday siljishigagina sabab bo'ladi. Aksariyat, faqat sathning uchga ajralishi – Zeemanning normal tripleti kuzatiladi. Bu natija kvant mehanikasi qonunlariga asosan, istalgan sathlararo o'tishlar mumkin emasligidan darak beradi. Kvant o'tishlar tanlash qoidasiga bo'ysunadi. Unga asosan, o'tishlar $\Delta l = \pm 1$ shart bajariladigan holat uchun o'rinlidir, boshqa barcha o'tishlar man etilgan.

Biz yuqorida tushuntirgan Zeemanning normal effektini Shredinger tenglamasi asosida ham tushuntirish mumkin. Bu holda ham yuqorida olingan natijalar takrorlanadi. Zeemanning anomal effekti esa Shredinger tenglamasidan kelib chiqmaydi. Bunga sabab, bu tenglama elektronniig muxim xususiyatini inobatga olmaydi. Bu elektronning spini — xususiy impuls momenti va gau bilan bog'liq xususiy magnit momentining mavjudligidir.

Biz vodorodsimon atomlarda bir xil n — bosh kvant sonli orbitalardagi elektron energiyasi bir xil bo'lishini ko'rgandik. Ishqoriy metallarda esa n bir xil bo'lishdan qat'iy — nazar l — orbital kvant son turlicha bo'lsa energiya ham turlicha bo'lsa energiya ham turlicha bo'lishini ko'rdik. Ya'ni bulib, bitta 1S term mavjud

$n=1$ da $l=0$; $n=2$ da $l=0,1$; $n=3$ da $l=0,1,2$ bulib, 2 ta 2S va 2P termlar bulib, 3 ta 3S; 3P; 3d termlar va hokazo mavjud bo'ladi.

Lekin ishqoriy metallarga xos bo'lgan bu qo'shimcha energiya sathlari ham spektral seriyalarning nozik strukturasini tushuntirishga yetarli emasligi ma'lum bo'lib qoldi. Shu sababli bu hodisalar sababini tushuntirish uchun klassik mehanikaga xos bo'lmagan, lekin kvant mexanikasidagina o'rinli bo'lgan xususiyat izlandi.

Ishqoriy metallarning bosh seriyalari dublet ko'rinishiga egaligi ma'lum bo'ldi. Masalan, N ning D — seriyasi dublet chiziqlari orasi $6A^0$ ga farq qiladi. Bu metallardagi S — sathlar bittadan, p, d, f, ... sathlari esa

ikkita deb faraz qilsak ular spektrini tushuntirish mumkin bo'ladi. Bu qiyinchilikdan chiqish uchun Pauli o'zining farazini ilgari surdi. Unga ko'ra ishqoriy metallardagi spektrning dubletligi elektronga xos bo'lgan kvant xususiyatining dubletligidan ekanligi aytili. Ulenbek va Gaudsmit bu xususiyat elektronning o'z o'qi atrofida aylanishi bilan bog'liq degan fikrni ilgari surishdi. Elektronga xos bo'lgan bu xususiyat spin deb atalib S — bilan belgilanadi. Kvant mehanikasiga ko'ra spin impuls momenti S — kvant soni orqali ifodalanib $S = \sqrt{S(S+1)}\hbar$ ga teng bo'ladi va uning proyeksiyalari $2S+1$ ga teng. Lekin bu S-kvant soni sababli har bir sath faqat 2 ta sathga ajralishi sababli $2S+1=2$ dan $S=1/2$ ga tengligi kelib chiqadi. Demak, S — spin kvant soniga - kasr son mos kelar ekan. Shunga

ko'ra, xususiy impuls momentining xususiy qiymati $\sqrt{\frac{1}{2}(\frac{1}{2}+1)}\hbar = \sqrt{\frac{3}{4}}\hbar$ ga teng, uning proyeksiyalari esa $+\frac{1}{2}\hbar$ va $-\frac{1}{2}\hbar$ ga teng.

Biz orbital magnit va mexanik momentlar orasidagi $M_L = \frac{e}{2m_e c}; L_z = m \frac{e\hbar}{2m_e c}$ munosabatni

bilamiz. Agar bu munosabat xususiy impuls moment — spin uchun ham o'rinli bo'lganda uning magnit momenti Bor magnetonining yarmiga teng bo'lishi kerak edi. Lekin eksperiment elektronning spini bilan bog'liq xususiy magnit momenti butun Bor magnetoniga teng ekanligini ko'rsatdi ya'ni

$$M_s = 2 \frac{e}{2m_e c}; S_z = 2 \frac{e}{2m_e c} (\pm \frac{1}{2} \hbar) = \pm \frac{e}{2m_e c} \quad \text{Giomagnet munosabat esa } \frac{M_s}{S_z} = \frac{e}{m_e c}$$

ya'ni orbital moment giomagnet munosabatining ikkilanganiga teng ekan.

Spin — xususiy impuls momenti va u bilan bog'liq xususiy magnet momentlari yordamida termlarning ikkilanishini juda oddiy tushuntirish mumkin. 1 — orbital kvant soni noldan farqli p-, d-, f-, ... termlarda atomning

orbital impuls momenti 0 dan farqli bo'ladi. Elektronning spini bilan bog'liq bo'lgan xususiy magnet momenti orbital magnet maydonda o'z orientatsiyasini shunday o'zgartiradiki, natijada uning bu tashqi maydondagi proyeksiyasi $+\frac{1}{2}\hbar$ yoki $-\frac{1}{2}\hbar$ bo'ladi, Natijada, masalan r — sath $(1+\frac{1}{2})\hbar = \frac{3}{2}\hbar$

va $(1-\frac{1}{2})\hbar = \frac{1}{2}\hbar$ qiymatli 2 ta sathga ajraladi. Bu hodisa S — term uchun sodir bo'lmaydi. Chunki bu

holatda mexanik moment nolga teng, shu sababli bu mexanik moment bilan bog'liq magnet moment ham nolga teng. Shu sababli xususiy magnet moment orientatsiyalanadigan yo'nalish ham yo'q. Shu sababli S-termlar o'zgarmay qoladi, p-, d-, f-, ... termlar esa ikkilanadi.

Elektron spin va xususiy magnet momentga egaligini Shtern va Gerlax tajribasida kuzatilgan. Buning uchun tashqi elektronga magnet maydonini ta'sir ettirish kerak. Bu maqsadda N atomi va Mendeleyev davriy jadvalining bir guruh elementlarini olish maqsadga muvofiq bo'ladi. Chunki ularning uyg'onmagan holatlari S-holatga tegishli va shu sababli bunday atomlarning orbital momentlari nolga teng. Agar tashqi magnet maydonida bu atomlar mexanik va magnet momentlarga ega ekanligi ko'rsatilsa. Bu xususiyat o'sha valent elektronga tegishli bo'ladi. Agar tashqi maydon bir jinsli bo'lsa, u holda atomlar o'z orientatsiyalarini o'zgartiradilar va bu yo'l bilan ular xususiyatini aniqlab bo'lmaydi, Shu sababli atomlarni bir jinsli bo'lmagan tashqi maydondan o'tkazish kerak. Atomni dipol deb qarasak, shu dipol o'lchamida maydon bir xilmasligi sezilarli bo'lishi kerak.

Atomga ta'sir etuvchi kuch $F = M_x \frac{\partial H_z}{\partial x} + M_y \frac{\partial H_z}{\partial y} + M_z \frac{\partial H_z}{\partial z}$. Agar maydon Z o'qi bo'ylab

yo'nalgan bo'lsa atom pretsession harakat qiladi. Natijada uning xususiy magnet momenti $M = X$ va Y o'qlaridagi proyeksiyasi manfiy yoki musbat bo'ladi. Natijada esa o'rtacha qiymati 0 ga teng bo'ladi.

$$\overline{M}_x = \overline{M}_y = 0$$

o'qidagi proyeksiyasi esa doimiy qoladi va $\vec{F} = M_z \frac{\partial H_z}{\partial z}$ bo'ladi, ya'ni ta'sir etuvchi kuch xususiy

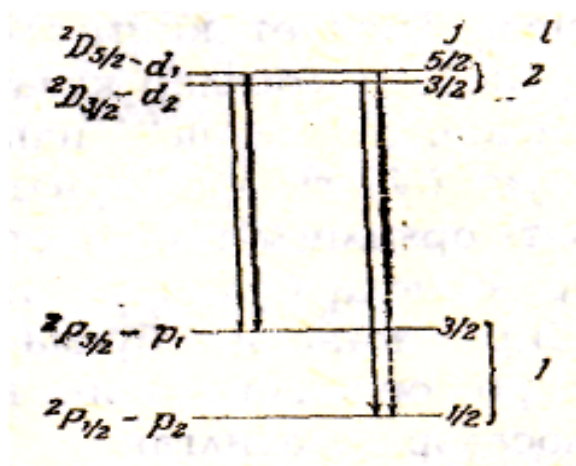
magnet moment z tashkil etuvchisi va maydon notekisligi $\frac{\partial H_z}{\partial z}$ ko'paytmasiga teng bo'ladi. Xususiy

magnet momentning Z — tashkil etuvchisi esa xususiy mexanik moment spining Z — tashkil etuvchisiga proporsional bo'lib, bu S_z — bir necha diskret qiymatlar qabul qiladi. Shu sababli ekranda bir necha polosalar kuzatilishi kerak. Shtern va Gerlax tajribasida idish ichiga kumush bo'lagi joylashtirildi. Kumush bo'lagi qizdirilganda chiqqan atomlar tirqishlar sistemasi orqali o'tib dasta hosil bo'ladi. Bu atomlar dastasi bir jinsli bo'lmagan magnet maydondan o'tib ekranga tushadi. Bir jinsli bo'lmagan maydon ikkita elektromagnet qutblari orasida hosil qilinadi. Tajribida ekranda kutilgan polosalar kuzatilgan. Demak, Elektron spini proyeksiyasi operatorining xususiy qiymatlari

faqat ikkita, ya'ni $S_z = m_s \hbar$ deb yozishimiz mumkin. Bunda $m_s = \pm \frac{1}{2}$ ga teng. Spinni

e'tiborga olsak atomdagi elektronning holati 4 ta qiymat bilan aniqlanadi: $E, |l|^2, l_z, S_z$ Yoki boshqacha aytganda 4 ta kvant sonlari n, l, m_l va m_s bilan xarakterlanadi. Lekin bu 4 ta kvant sonlari ular bilan bog'liq kattaliklar o'zgarimas bo'lgandagina elektron holatini bayon qila oladi. Elektron orbital harakati natijasida N magnet maydoni hosil qiladi. Bu maydon uning xususiy magnet maydoni bilan ta'sirlashadi. Bunday ta'sirga spin — orbital ta'sir deyiladi. \vec{l} orbital va \vec{S} spin momentga ega elektron uchun to'la impuls momenti $\vec{J} = \vec{l} + \vec{S}$ ga teng. Bunday ta'sirda \vec{l} va \vec{S} orasidagi burchak ixtiyoriy bo'lmashligi kerak, ya'ni $\vec{l} = \sqrt{l(l+1)}\hbar$ Z — ga

nisbatan shunday joylashishi kerakki, uning proyeksiyasi $l_z = m_l \hbar$ ga \vec{S} ning proyeksiyasi esa $m_s \hbar$ ga teng bo'lishi kerak. Shu sababli (\vec{l}, \vec{S}) burchak ham diskret qiymatlar qabul qilishi kerak. To'la impuls momenti $|\vec{J}| = \sqrt{J(J+1)}\hbar$ kabi aniqlanadi. Bunda $J = l \pm s$ va $J_z = m_j \hbar$ bo'lib, $m_j = 2J+1$ qiymat qabul qiladi ($J, J-1, \dots, -J$). Shunday qilib, spinni hisobga olish j va m_j kvant sonlarini kiritishga olib keldi. Agar termlar orasidagi o'tish tanlash qoidasi $\Delta l = \pm 1$ bo'lgan bo'lsa, to'la impuls momenti J uchun tanlash qoidasi $\Delta J = 0, \pm 1$ bo'ladi. Chunki $J = l \pm s$ dan $\Delta J = \Delta l \pm \Delta s$ bunda $\Delta l = \pm 1$ va $\Delta s = 0$. Lekin shunday o'tish bo'lishi mumkinki, bunda L va S uning o'zaro oriyentatsiyasi o'zgaradi. Lekin to'la moment J o'zgarmay qoladi. Shu sababli $\Delta J = 0, \pm 1$ tanlash qoidasi o'rinli. Masalan: $\nu = 2p - nd; (n = 3, 4, \dots)$ seriya uchun shtrix chiziqli o'tish tanlash qoidasiga ko'ra mumkin emas. Faqat, $J_1 = 0 \rightarrow J_2 = 0$ o'tish ta'qiqlangan.



5-rasm.

Biz oldin vodorod va vodorodsimon atomlar uchun termlar formulasini keltirgan edik.

$T_n = \frac{RZ^2}{n^2}$ lekin bu holda atom nurlanish chiziqlari elektronning xususiyatlari va tezligiga qanchalik

bog'liqligini bilmasdik. Natijada termlar ifodasi ma'lum cheklanishlarni inobatga olmaganda tajriba natijalarni qo'pol bo'lsada bayon qilar edi. Atomdagi elektron tezligi bilan bog'liq relyativistik tuzatma va uning spini mavjudligidan spin — orbital o'zaro ta'sirlashuv e'tiborga olinmagan edi. Endi yuqorida aytilgan tuzatmalarni e'tiborga olish uchun avvalo Shredinger tenglamasi relyativistik ko'rinishida yozilishi kerak. So'ngra esa spin — orbital o'zaro ta'sir ham hisobga olinishi kerak. Umuman termida paydo bo'ladigan tuzatmani $\Delta T = \Delta T_r + \Delta T_{ls}$ deb yozishimiz mumkin. Bu yerda ΔT_r — relyativistik tuzatma ΔT_{ls} — spin — orbital o'zaro ta'sir tuzatmasi. Bu yyerda oraliq

hisoblashlarni keltirmagan holda birinchi tuzatma uchun $\Delta T_r = \frac{R\alpha^2 Z^4}{n^3} \left(-\frac{1}{J + \frac{1}{2}} - \frac{3}{4n} \right)$ ifodani

yozamiz. Bu erda $\alpha = \frac{e^2}{\hbar c}$ — nozik struktura doimiysi deyiladi. e^2 ning o'lchami energiya uzunlik, \hbar niki esa energiya vaqt bo'lgani uchun o'lchamsiz kattalikdir. α Spin — orbital ta'sirni

ham inobatga olganda umumiy tuzatma $\Delta T = \Delta T_r + \Delta T_{ls} = \frac{R\alpha^2 Z^4}{n^3} \left(-\frac{1}{J + \frac{1}{2}} - \frac{3}{4n} \right)$ (1) ko'rinishiga

keladi. Bu formulaga vodorod va vodorodsimon atomlarning nozik strukturasi formulasi deyiladi.

Nozik strukturani hisobga olgandagi term ifodasi esa $T_n = \frac{RZ^2}{n^2} + \frac{R\alpha^2 Z^4}{n^3} \left(\frac{1}{J + \frac{1}{2}} - \frac{3}{4n} \right)$ ko'rinishiga

keladi. ΔT — tuzatma formulasidan S termlar uchun $J = l + S$ dan $J = S = \frac{1}{2}$ bo'lgani uchun

$\Delta T = \frac{R\alpha^2 Z^4}{n^3} \left(\frac{1}{J + \frac{1}{2}} - \frac{3}{4n} \right)$ bo'ladi va bu tuzatma S —termlarni siljitadi lekin parchalamaydi. Boshqa

—p, — d, — f..., —termlarda esa $J = l \pm \frac{1}{2}$ bo'ladi. Shu sababli har bir sath 2 ta sathga parchalanadi.

Bu yerda $3S = 1/2$ desak $2S+1=3$, $l = 0$ va $J=1/2$ holatini bildiradi.

Endi $n=2$ da 2S va 2P sathlari mavjud ($l = 0,1$) $n = 3$ da esa $l = 0,1,2$ dan 3S, 3P va 3d — 3 ta sath mavjud. Shu sababli $n=2$ da ΔT tuzatma ifodasiga ko'ra 1 ta S va 2 ta P sathlar $n=3$ da esa 1 ta S va 2 ta P va 2 ta d — sathlar hosil bo'ladi. Lekin bu sathlar orasida mos tushadiganlari mavjud. Chunki ΔT ifodasiga ko'ra bir xil n —bosh kvant sonli holatlar j ga bog'liq. Masalan $n = 2$ da S —term uchun $J=1/2$, P —term uchun ham $J=1/2$ bo'lgani uchun bu ikki sathlar mos tushadi. $n = 3$ da esa 3P sathda $J=3/2$ va 3d — sathda ham $J=3/2$ shu sababli bular ham mos tushadi. 3S- $J=1/2$, 3P- $J=1/2$ sathlar ham mos tushadi.

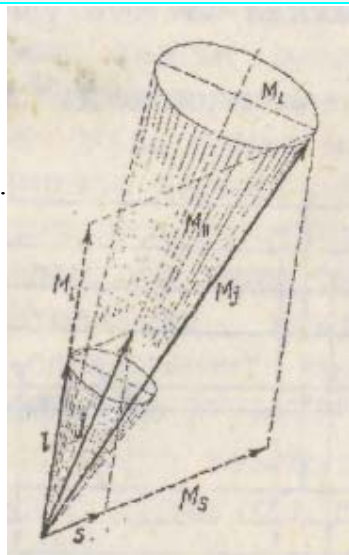
Shunday qilib, $n = 2$ da holatda 3 ta sath emas, balki 2 ta, $n = 3$ da esa 5 ta sath emas, balki 3 ta sath mavjud bo'ladi. (1) formulaga ko'ra n oshishi bilan tuzatma tez kamayadi. Shu sababli Balmer seriyasi nozik strukturasi asosan $n = 2$ holatining ikkilangani bilan xarakterlanadi. Shu o'rinda ishqoriy metall atomlari nozik strukturasi ham to'xtalib o'tamiz. Ma'lumki ishqoriy metallarda $Z=1$ elektronlar maydonida valent elektronni qaragan edik va termlar R/n^2 kabi emas, balkim $R/(n + \sigma)^2$ -Ridberg formulasi bilan ifodalangan edi. Shu sababli ishqoriy metallar uchun tuzatmani maxrajda $RZ_{eff}^2 / (m + \sigma)^2$ yoki suratda $R(Z - \alpha)^2 / n^2$ kabi inobatga olsa bo'ladi. Bu yerda $(Z - a)$ yadroning effektiv zaryadi va a yadro zaryadining boshqa elektronlar tomonidan ekranlanganini bildiradi. Ishqoriy metall atomlari nozik strukturasi

$\Delta T = \frac{R\alpha^2 (Z - \alpha)^2}{n^3} \left(\frac{1}{J + \frac{1}{2}} - \frac{3}{4n} \right)$ kabi ifodalash mumkin. Bu formulada S,P,d termlar uchun α

turlicha bo'lgani sababli vodorodsimon atomlarda bo'lgani kabi sathlarning mos tushishi kuzatilmaydi. $J = l \pm 1/2$ ifodaga ko'ra har bir sath 2 ta sathga ajraladi. Bir elektronli atomlarda $H, He^+, Li^{++}, Be^{+++} \dots$ anomal Zeyeman effekti kuzatiladi. Normal Zeyeman effekti nozik strukturaga ega bo'lmagan sathlarda kuzatiladi. Dublet, triplet sathlar esa tashqi magnit maydonida murakkab Zeyeman effektiga olib keladi, va ajralgan komponentlar ko'p va juft bo'ladi.

Zeyemanning murakkab effektini tushunish uchun 1 ta valent elektronli atomni qaraymiz. Oldin bu atomni kuchsiz magnit maydonida qaraymiz. Agar Zeyeman siljishi atomidagi tabiiy multipol siljishiga qaraganda kichik bo'lsa tashqi maydon kuchsiz deb qaraladi. Qaralayotgan atomga qarab kuchsiz maydon qiymati turlicha bo'ladi.

Demak, kuchsiz maydonda \vec{l} va \vec{S} vektorlari orasidagi ta'sir ularning maydon bilan bo'ladigan ta'siriga qaraganda kuchli bo'ladi. Shu sababli $\vec{J} = \vec{l} + \vec{S}$ vektorini qarash maqsadiga muvofiq bo'ladi. Atom to'la impuls \vec{J} momentiga mos magnit momentiga ega bo'ladi. Tashqi maydon o'z yo'nalishi bo'yicha atomni yo'naltirishga xarakat qiladi. Lekin atomning giroskopik xususiyati bunga qarshilik qiladi. Shu sababli tashqi maydonda atom o'zini ham pirildoq va ham magnit kabi tutadi

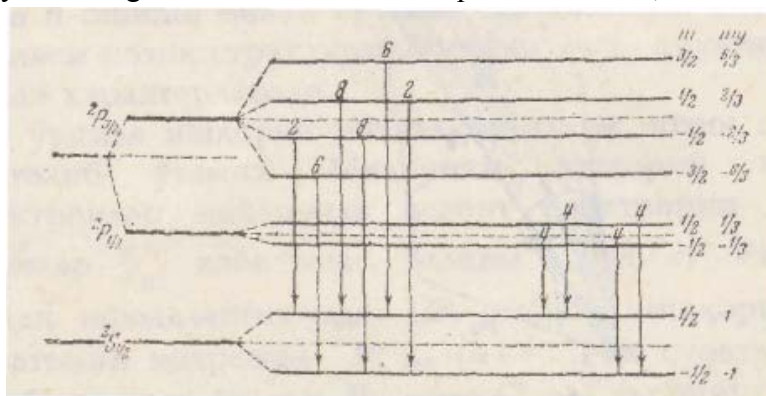


6 —rasm.

To'la impuls momenti \vec{J} ning qiymati va uning maydon yo'nalishidagi proyeksiyasi saqlanadi. Va atom precession harakat qiladi. Endi to'la impulska mos keluvchi magnit momentini aniqlaymiz. $M_J = M_{II} + M_I$ desak $M_J = M_{II}$ bo'ladi. Chunki \vec{J} vektorning pressiyasi (tashqi maydonga nisbatan) kichikligidan \vec{l} va \vec{S} ning \vec{J} ga nisbatan pressissiyasidan M_I ning shu vaqt mobaynidagi o'rtacha qiymati nolga teng bo'ldi. (aylanish vaqti mobaynida M_I ning qarama — qarshi ishoraliqiymatlari hisobiga) $M_{II} = \frac{e\hbar}{2m_e c} gJ$ bu erda $g = II + \frac{J(J+1) + S(S+1) - l(l+1)}{2J(J+1)}$ Linde koefitsenti deyiladi.

Shunday qilib, $\vec{M}_J = M_{II} = g\sqrt{g(J+1)Mb}$ g — Linde koefitsenti murakkab Zeyeman effektida asosiy rolni o'ynaydi. Endi tashqi maydon ta'sirida energetik sath o'zgarishini topsak $\Delta E = -(\vec{M}_J \vec{H} = -M_{II} H \cos(\vec{J}, \vec{H}) \rightarrow gmMbH$, $m=J \dots -J$ magnit kvant soni.

Demak har bir sath magnit maydonida $2j+1$ sathga ajraladi. Ya'ni $^2S_{1/2}$ holat 2 ta sathga, $^2P_{3/2}$ - holat 4 ta sathga ajraladi. Endi tashqi maydon ta'sirida nurlanish chastotasining o'zgarishini topsak $\Delta \nu = m_1 g_1 - m_2 g_2$, $[\Delta \nu] = sm^{-1}$ bo'ladi. Bu anomal Zeyeman effektida chastota o'zgarishi formulasidir. Bu jarayonda magnit kvant sonini tanlash qoidasi $\Delta m = 0, \pm 1$ bo'ladi.



7 — rasm.

Na elementi dubletining ajralishini ko'ramiz. Endi ajralish qiymatlarini topsak.

1) D_1 — chizig'i uchun $^2P_{1/2} - ^2P_{1/2}$: (bu yerda 2—dublet holatini bildiradi) Boshlang'ich holat: $m=1/2, -1/2$; $mg=+1/3, -1/3$.

Oxirgi holat $mg=+1, -1$. Siljishi $\Delta \nu = +4/3, +2/3, -2/3, -4/3$ yoki $\Delta \nu = \frac{+4, +2, -2, -4}{3}$

2) D_2 —chizig'i $^2P_{3/2}, ^2P_{1/2}$ Boshlang'ich holat : $m=+3/2, +1/2, -1/2, -3/2$;

$mg=+6/3,+2/3,-2/3,-6/3$. Oxirgi holat $mg=+1,-1$ Siljishi $\Delta\nu = \frac{+5,+3,+1,-1,-3,-5}{3}$

D_1 va D_2 —chiziqlar $4 + 6 = 10$ ta komponenta beradi. Spektral chiziqlarning tashqi elektr maydoni ta'sirida parchalanishiga Shtark Effekti deyiladi.

1912 yili Pashen va Bak juda kuchli magnit maydonida anomal Zeyeman effekti yana normal Zeyeman effektiga aylanib oddiy Lorens tripletini berishini kuzatishdi. Bu hodisa Pashen — Bak effekti deb ataladi. Bu yerda juda kuchli maydon deb shunday maydonga aytiladiki, bunda maydon ta'sirida sathlarni ajralishi sathlarning tabiiy ajralishidan ancha kuchli bo'ladi. Bunday maydonda \vec{l} va \vec{S} larning tashqi maydon bilan ta'siri ularning o'zaro ta'siridan kuchli bo'ladi. Shu sababli \vec{J} — to'la impuls to'g'risida gapirmasak ham bo'ladi. Chunki \vec{l} va \vec{S} bir —biriga bog'liq bo'lmagan holda tashqi maydon bilan ta'sirlashadilar.

Shu sababli sath o'zgarishi $\Delta E = -[(M_l H) + (M_s H)]$ ko'rinishda bo'ladi. Bu yerda $\vec{M}_l = M_{l\%} = -m_l M_b$; $\vec{M}_s = M_{s\%} = -2m_s M_b$. O'rtacha qiymat g'alayonlanmagan holat uchun hisoblanishini hisobga olsak $-(\vec{M}_l \vec{H}) = -(\vec{M}_l H) = m_e M_b H$; $-(\vec{M}_s \vec{H}) = -(\vec{M}_s H) = 2m_s M_b H$ bo'ladi. Bundan $\Delta E = (m_e + 1m_s) M_b H$ bo'ladi. Magnit kvant soni $m_l = l, l-1, \dots -l$ qiymatlar qabul qiladi. Spin kvant soni esa $m_s = +1/2$ yoki $-1/2$ ga teng. Oxirgi tenglamadan sm^{-1} o'lchamdagi

siljish $\Delta\nu = \frac{\Delta E}{\hbar c} = (\Delta m_e + 2\Delta m_s) M_b H \text{sm}^{-1}$ ga teng bo'ladi. Endi $\Delta m_e = 0, \pm 1$ va $\Delta m_s = 0$ tanlash qoidalarini inobatga olsak siljish $(\pm \Delta\nu_L = \pm\omega_0 + 0)$; $\Delta\nu = 0, \pm \Delta\nu_L$ ga teng bo'ladi. Bu biz aytgan oddiy Lorens tripletining o'zidir.

Mustahkamlash uchun savollar:

1. Atomning nozik strukturasi nima?
2. Ishqoriy metallar nozik strukturasi xususiyati nimadan iborat?
3. Anomal Zeyeman effektini izohlang.
4. Pashen —Bak effektini tushuntiring.

Adabiyotlar

1. Шпольский Э.В. Атомная физика, 1.1,2. — М.: Наука, 1984.
2. Матеев А.Н. Атомная физика. — М.: Высшая школа, 1989..
3. Сивухин Д.В. Курс общей физики. Т.5, Ч.1. — М.: Наука, 1988.
4. Наумов А.И. Физика атомного ядра и элементарных частиц. М., 1984.
5. Bekjonov R.B., Axmadxo'jayev B. Atom fizikasi. — Toshkent: O'qituvchi, 1979.
6. Милантьев. Атомная физика. — М.: Изд-во МГУ, 2000.
7. Г.Ахмедова, Ш.Оманов, У.Салихбаев “Атом физикаси”, Абдулла Қодирий номидаги халқ мероси нашриёти Тошкент-2005.
8. S.X.Astanov, U.N.Islomov, N.N.Dalmuradova “Umumiy fizika” kursining “Kvant mexanikasi va atom fizikasi” bo'limidan ma'ruza mavzularini mustaqil o'rganish uchun, uslubiy ko'rsatma, Buxoro – 2006, Ziyonet.uz.
9. Nasriddinov K.R., Parsoxonov A.G', Mansurova M.Yu. “Atom fizikasi”, O'quv qo'llanma, Nizomiy nomidagi Toshkent Davlat pedagogika universiteti, Toshkent- 2006, Ziyonet.uz.
10. Qodirov M.J. “Kvant mexanikasi fanidan ma'ruzalar matni”, Qarchi Davlat universiteti, Qarshi -2009, Ziyonet.uz.
11. Mirjalilova M.A. Fizika va elektroikaning maxsus boblari (Kvant mexanikasi va qattiq jismlar fizikasi) 1-qism (O'quv qo'llanma), Toshkent, ToshDTU, 2009

Darsning xronologik xaritasi: 80 minut

1. Darsni tashkil qilish. 2 minut.
2. Davomatni tekshirish. 2 minut.
3. Atom fizikasi fanidan o'tiladigan mavzular ishchi dasturi bilan qisqacha tanishtirish. 4 minut.
4. Atom fizikasi fanining oldingi o'rganilgan umumiy fizika kurslaridan farqi va umumiylik tomonlarini bayon qilish. 5 minut.
5. Atom fizikasi kursini o'rganishda foydalaniladigan adabiyotlar, ma'ruza matnlari bulardan foydalanish usullari. (Ma'ruza matnda har bir mavzular uchun reja, tayanch so'zlar, adabiyotlarga ko'rgazmalar, nazorat savollar keltirilganligini alohida ta'kidlash). 5 minut.
6. Yangi mavzuni bayon qilish. Atom fizikasining yaratilishi va rivojlanish bosqichlari. Atomning tarkibi, atomning asosiy xususiyatlarini bayon etish, atom fizikasi fani yutuqlarining qo'llanishi va yechimi muhim bo'lgan muammolarini bayon qilish. 55 minut.
7. O'tilgan mavzu bo'yicha savol-javoblar. 7 minut.

O'quv mashg'ulotida ta'lim texnologiyasi modeli

19-Mavzu: Molekulalar. Adibatik yaqinlashish. Vodorod molekulyar ioni. Vodorod molekulasi. Gaymer-London nazariyasi. Elektronlar juftlashishi. Ikki atomli molekulalar termlari. Kimyoviy bog'lanish. Kavalent va ion bog'lanishlar. Valentlik. Ximiyozviy bog'lanishlarning tuyinishi.

<i>Vaqt: 80 min.</i>	<i>Talabalar soni: 52 ta</i>
<i>O'quv mashg'ulotining shakli</i>	Ma'lumotli kirish - ma'ruza
<i>O'quv mashg'ulotining tuzilishi</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. O'quv kursi va mashg'ulot mavzusiga kirish 2. Bilimlarni faollashtirish - aqliy hujum 3. Ma'ruza matnini tarqatish 4. Asosiy atamalarni aniqlash-pinbord
<i>O'quv mashg'ulot maqsadi: O'quv fani to'g'risida umumiy tasavvurlarni berish</i>	
<i>Pedagogik vazifalar:</i> <ul style="list-style-type: none"> - Adibatik yaqinlashish. - Vodorod molekulyar ioni. - Vodorod molekulasi. - Gaymer-London nazariyasi. - Elektronlar juftlashishi. - Ikki atomli molekulalar termlari. - Kimyoviy bog'lanish. - Kavalent va ion bog'lanishlar. - Valentlik. Ximiyozviy bog'lanishlarning tuyinishi. 	<i>O'quv faoliyat natijalari:</i> <ol style="list-style-type: none"> 1. Adibatik yaqinlashish. 2. Vodorod molekulyar ioni. 3. Vodorod molekulasi. 4. Gaymer-London nazariyasi. 5. Elektronlar juftlashishi. 6. Ikki atomli molekulalar termlari. 7. Kimyoviy bog'lanish. 8. Kavalent va ion bog'lanishlar. 9. Valentlik. Ximiyozviy bog'lanishlarning tuyinishi.
<i>Ta'lim usullari</i>	Ma'ruza minbari
<i>Ta'limni tashkillashtirish shakli</i>	Jamoaviy
<i>Ta'lim vositalari</i>	Ma'ruza matni, kompyuter
<i>Ta'lim berish sharoiti</i>	Texnik vositalar bilan jihozlangan xona
<i>Monitoring va baholash</i>	Tezkor - so'rov.

Ma'lumotli kirish - ma'ruzasining texnologik xaritasi

Ish bosqich-lari va vaqti	Faoliyat mazmuni	
	ta'lim beruvchi	ta'lim oluvchilar
1-bosqich. O'quv mashg'ulotiga kirish (20 daq.)	<p>1.1 Mavzuning nomi, maqsad va kutilayotgan natijalarni yetkazadi. Taqdimot bo'yicha ekranga fanning tuzilmaviy-mantiqiy chizmasini chiqaradi, mavzularning o'zaro aloqasini yoritadi, ularga qisqa tavsif beradi, fan miqyosida bajariladigan uslubiy va tashkiliy ishlar xususiyatlarini tushuntiradi.</p> <p>Reyting-nazorat tizimi, joriy, oraliq, va yakuniy nazoratni baholash mezonlari (№ 1.1 ilova) bilan tanishtiradi.</p> <p>Mavzu bo'yicha asosiy tushunchalarni; mustaqil ishlash uchun adabiyotlar ro'yxatini aytadi.</p> <p>1.2. Birinchi o'quv mashg'ulot mavzusi, maqsad va o'quv faoliyat natijalarini aytadi.</p> <p>1.3. Mavzuni mustahkamlash uchun savollarni beradi (3-ilova)</p>	<p>Tinglaydilar</p> <p>Tinglaydilar</p> <p>Yozib oladilar.</p>
2-bosqich. Asosiy (50 daq.)	<p>2.1. Mavzu bo'yicha ma'ruza matnini tarqatadi va uning rejasi, asosiy tushunchalar bilan tanishishni taklif qiladi.</p> <p>2.3. Berilgan savollar asosida javoblar berilib umumiy xulosalar chiqariladi.</p> <p>2.4 Talabalar bilan birga fanga taaluqli bo'lmagan va qaytariluvchi ma'lumotlarni ochib tashlaydi, muhim asosiy tushunchalarni (Pinbord) kiritadi.</p>	<p>Tinglaydilar.</p> <p>Tinglaydilar, yozib oladilar.</p>
3-bosqich. Yakuniy (10 daq.)	<p>3.1. Mavzu bo'yicha yakun yasaydi, qilingan ishlarning kelgusida kasbiy faoliyatidagi ahamiyatiga talabalar e'tiborini qaratadi.</p> <p>3.2 O'tilgan darsni mustahkamlash uchun foydaniilgan adabiyotlar ro'yxati keltiriladi.</p> <p>3.3. Mustaqil ish uchun topshiriq beradi va uning baholash mezonlari bilan tanishtiradi.</p>	<p>O'z-o'zini, o'zaro baho-lashni o'tkazadilar.</p> <p>Topshiriqni yozadilar</p>

BAHOLASH MEZONLARI

№	Nazorat turi	Ball	Nazorat ishi	Uy ishi	Mustaqil ish	Darsda faolligi	Amaliy ish	Laboratoriya
1	JN-1	11	2	2	2	1	2	2
2	JN-2	12	3	2	2	1	2	2
3	JN-3	12	3	2	2	2	2	2
3	ON-1	17	13	2	1	1	-	-
4	ON-2	18	14	2	1	1	-	-
5	YN	30	30					

86-100% “a’lo”
 71-85% “yaxshi”
 55-70% “qoniqarli”
 0-54% “qoniqarsiz”

Ilova 1.2

Talabalar bilimini faollashtirish uchun tezkor savollar

- 1.Molekulalardagi kimyoviy bog’lanishlarning fizik tabiati qanday?
- 2.Ionli va kovalent bog’lanishlarni misollar orqali tushuntiring.
- 3.Vodorod molekulasini hosil bo’lishini kvant nazariyasi nuqtai nazaridan tushuntiring.
- 4.Vodorod molekulasini uchun Shredinger tenglamasi qanday ko’rinishda yoziladi va undan molekula energiyasi uchun qanday natija olingan?
- 5.Molekulalarning harakat energiyalari va ularga mos spektrlarni tushuntiring.
- 6.Yorug’likning kombinatsion sochilishi nimadan iborat?

Ilova 1.3

Aqliy hujum qoidasi:

Hech qanday birga baholash va tanqidga yo’l qo’yilmaydi!
 Taklif etilayotgan g’oyani baholashga shoshma, agarda u hattoki ajoyib va g’aroyib bo’lsa ham hamma narsa mumkin.
 Tanqid qilma, hamma aytilgan g’oyalar qimmatli teng kuchlidir.
 O’rtaga chiquvchini bo’lma!
 Turtki berishdan o’zingni ushla!
 Maqsad miqdor hisoblanadi!
 Qancha ko’p g’oyalar aytilsa, undan ham yaxshi: yangi va qimmatli g’oyalarni paydo bo’lishi uchun ko’p imkoniyatdir.
 Agarda g’oyalar qaytarilsa, xafa bo’lma va hijolat chekma.
 Tasavvuringni “jo’sh urishiga” ruxsat ber!
 Agarda g’oyalar qaytarilsa, xafa bo’lma va hijolat chekma.
 Tasavvuringni “jo’sh urishiga” ruxsat ber!

Ilova 1.4

Pinbord (inglizchadan: *pin*- mahkamlash, *board* – yozuv taxtasi) munozara usullari yoki o’quv suhbatini amaliy usul bilan moslashdan iborat.

Ta'lim beruvchi:

→ Taklif etilgan muammoni yechishga o'z nuqtai nazarini bayon qiladi.

→ Ommaviy to'g'ri aqliy hujumni tashkillashtiradi.

Ta'lim oluvchilar quyidagi g'oyalarni:

→ Taklif etadilar, muhokama qiladilar, baholaydilar eng ko'p maqbul (samarali va boshqa g'oyalarni tanlaydilar va ularni qog'oz varag'iga asosiy so'zlar ko'rinishida (2 so'zdan ko'p bo'lmagan) yozadilar va yozuv taxtasiga biriktiradilar.

→ Guruh a'zolari (ta'lim beruvchi tomonidan belgilangan 2-3 talaba yozuv taxtasiga chiqadilar va boshqalar bilan maslahatlashib:

29. aniq xato yoki qaytariluvchi g'oyalarni saralaydilar;

30. tortishuvlarni aniqlaydilar;

31. g'oyalarni tizimlashtirish mumkin bo'lgan belgilar bo'yicha aniqlaydilar;

32. shu belgilar bo'yicha hamma g'oyalarni yozuv taxtasida guruhlaydilar (kartochka/ varaqlar).

Ta'lim beruvchi:

→Umumlashtiradi va ish natijalarini baholaydi.

Monitoring va baholash

O'tilgan mavzu bo'yicha og'zaki so'rov, tezkor savol-javob qarab 1-2 ballgacha baholanadi.

Ilova 1.5

Mustaqil ish topshiriqlari.

1.Kristallarda bog'lanish turlari. Energetik zonalar. O'ta oquvchanlik. Tajriba natijalari.

2.Molekulaning bog'lanish energiyasiga doir masalalar yechish.

**19- Ma'ruza
(2-soat)**

Molekulalar. Adibatik yaqinlashish. Vodorod molekulyar ioni. Vodorod molekulasi. Gaymer-London nazariyasi. Elektronlar juftlashishi. Ikki atomli molekulalar termlari. Kimyoviy bog'lanish. Kovalent va ion bog'lanishlar. Valentlik. Ximiyozviy bog'lanishlarning tuyinishi.

Reja:

1. Adiabatik yaqinlashish.
2. Vodorod molekulyar ioni.
3. Vodorod molekulasi.
4. Gaymer-London nazariyasi.
5. Elektronlar juftlashishi.
6. Ikki atomli molekulalar termlari.
7. Kimyoviy bog'lanish.
8. Kovalent va ion bog'lanishlar.
9. Valentlik. Ximiyaviy bog'lanishlarning to'yinishi.

Tayanch so'zlar va iboralar: Molekula, molekulaning bog'lanish energiyasi, Van-der-Vaals kuchlari, ionli va kovalent bog'lanish, vodorod va osh tuzi molekulalarini hosil bo'lishi, vodorod molekulasi uchun Shredinger tenglamasi, vodorod molekulasining potensial energiyasi, molekulaning tebranma va aylanma harakat energiyasi, ularga mos keluvchi energetik sathlar, molekulalarning

spektri, yorug'likning kombinatsion sochilishi, binafsha va qizil yo'ldosh spektrlar, yorug'likning kombinatsion sochilishini kvant nazariya bilan tushuntirish.

Molekulalarda kimyoviy bog'lanishlar va ularning fizik tabiati. Vodorod molekulasini. Molekula deb, bir xil yoki har xil element atomlarining kimyoviy birikishidan tashkil topgan va ma'lum bir moddaning kimyoviy va fizik xususiyatlarini o'zida mujassamlashtirgan eng kichik zarrachaga aytiladi.

Masalan, vodorod (H_2), kislorod (O_2), azot (N_2) bir xil atomlardan tuzilgan molekulalardir. Osh tuzi ($NaCl$) molekulasini esa har xil atomlardan tashkil topgan molekulaga misol bo'la oladi. Molekuladagi atomlar tinimsiz harakat qiladilar, gaz holatdagi modda molekulalari aylanma, tebranma va ilgarilanma harakatda ham bo'lishlari mumkin. Molekuladagi atomlarning kimyoviy bog'lanishi ularning tashqi valent elektronlari orqali amalga oshadi.

Molekula asosiy holatda elektr jihatdan neytral va ko'p zarrachali murakkab kvant sistema hisoblanadi. Kvant fizikasi Shredinger tenglamasi yordamida molekulalardagi diskret energetik sathlarni aniqlash, elektronlar buluti zichligining fazoviy taqsimotini topish va molekuladagi atomlarning joylashish simmetriyasini o'rganish bilan shug'ullanadi.

Atomlardan turg'un molekula hosil bo'lishi energetik nuqtai nazardan molekula ichki energiyasi uni hosil qilgan atomlarning energiyalari yig'indisidan kichik bo'lishi bilan tushuntiriladi. Bu ikki energiyalar farqi molekulaning bog'lanish energiyasini tashkil qiladi. Atomlarni turg'un molekula sifatida bog'lab turuvchi kuchlar asosan elektr tabiatga ega. Har qanday ikki neytral atom yoki atomlar gruppasi o'rtasida tortishish va itarish kuchlari mavjud bo'lishiga 1873 yildayoq golland fizigi I.D.Van-der-Vaals e'tibor bergan. Atomlar orasida Van-der-Vaals kuchlarini hosil bo'lishini sifat jihatidan tushuntiraylik. Aytaylik, dastlab asosiy holatda elektr dipol momenti nolga teng ikki neytral atom bir-biridan mustaqil va cheksiz uzoq masofada turgan bo'lsin. Agar bu ikki atom tashqi qobiqlaridagi elektronlar buluti bir-biri bilan sezilarli darajada tutashib ketguncha yaqinlashsa, u holda bu elektronlar harakatidagi mustaqillik yo'qolib, o'zaro bog'lanish vujudga keladi. Elektronlar buluti yadrolarni tutashtiruvchi to'g'ri chiziqli bo'yicha qutblanganda bu ikki atom sistemasining energiyasi minimum bo'ladi. Shunday qilib, tashqi elektronlarning harakat holatlari o'zaro bog'lanib qolishi natijasida oniy elektr dipollarga aylangan ikki atom o'rtasida tortishish kuchlari vujudga keladi. Bunday kuchlar qutbsiz molekulalar orasida ham hosil bo'ladi.

Van-der-Vaals kuchlari issiqlik harakati tufayli atomlarni molekula holida tutib tura olmaydi. Bu molekulalar kuchlari hosil qiladigan bog'lanish energiyasi har bir atomga nisbatan $\sim 0,1 eV$ tartibida bo'ladi. Van-der-Vaals kuchlari yakka holda molekula hosil qilishga yetarli bo'lmasada, lekin real gazlar, suyuqliklar va ba'zi kristallarning xossalari muhim rol o'ynaydi. Molekula hosil bo'lishiga olib keladigan ximiyaviy bog'lanish kuchlari ion (geteropolyar) va kovalent (gomepolyar) bog'lanish kuchlariga bo'linadi. Getero - grekcha turli xil, gomeo - bir xil degan so'zlarni anglatadi. Ko'pincha molekulalarda kovalent va ionli bog'lanish uchraydi.

Ionli (geteropolyar) bog'lanishni hosil bo'lishi bilan tanishaylik. Ishqoriy metallardagi valent elektron yadro bilan zaif bog'langan. Gologen atomlari tashqi elektron qobig'ini to'lishiga bitta elektron yetishmaydi. Shuning uchun ishqoriy metall atomi bilan gologen atomi yaqinlashganda ishqoriy metallning bitta elektroni gologen atomiga o'tadi. Natijada ishqoriy metall musbat, gologen atom esa manfiy ionga aylanadi. Bu musbat va manfiy ionlar o'zaro elektrostatik Kulon kuchi bilan o'zaro tortishi natijasida birikib, molekulani hosil qiladi.

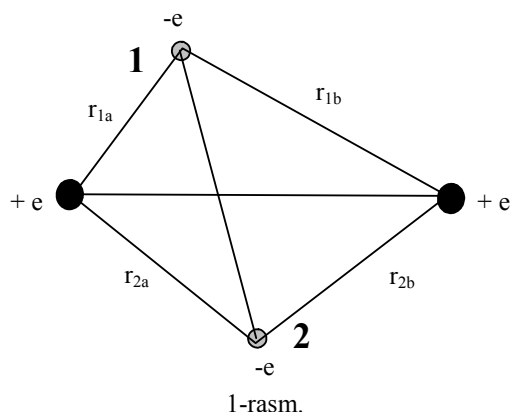
Osh tuzi $NaCl$ molekulasini hosil bo'lish jarayonini sifat jihatdan tahlil qilaylik. Ishqoriy metall Na va gologenlar guruhiga kiruvchi Cl atomlarining elektron qobiqlar bo'yicha taqsimlanishi mos holda $1S^2 2S^2 2P^6 3S^1$ va $1S^2 2S^2 2P^6 3S^2 3P^5$ ko'rinishda bo'lib, ular tashqi elektron qobiqlarini tuzilishi bilan farqlanadi. Ularda ichki K va L elektron qobiqlar elektronlar bilan to'lgan. Natriy atomining M qobig'ida yadro bilan kuchsiz bog'langan yagona elektroni bor. Bu $3S$ qobiqchada elektronning bog'lanish energiyasi $5,1 eV$. Xlor atomining M qobig'i batamom to'lishi uchun esa $3P$ qobiqchada bitta elektron yetishmaydi. Agar elektron bo'lganda edi, xlor atomi uni nisbatan katta ($3,7 eV$) energiya bilan tutib turar edi. Demak, bir-biridan yetarlicha uzoq masofada bo'lgan natriy atomidan elektroni xlor atomiga olib berish uchun $5,1 - 3,7 = 1,4 eV$ energiya sarflash kerak. Hosil

bo'lgan ionlar bir-biriga tortiladi va birikish jarayonida 1,4 eV dan katta energiya ajralib chiqsa ular molekula bo'lib birikadilar. Tajriba va hisoblashlarning ko'rsatishicha, natriy va xlor atomlari NaCl molekulasi birikayotganda 4,1 eV energiya ajralib chiqadi.

Demak, Na^+ va Cl^- ionlarining turg'un molekuladagi elektrostatik tortishish energiyasi $1,4 + 4,1 = 5,5$ eV ni tashkil etadi. Agar bu energiyadan foydalanib, molekulaning chiziqli o'lchamini hisoblasak, $R = 2,5 \cdot 10^{-8}$ sm bo'lgan haqiqatga yaqin natija kelib chiqadi.

Kovalent bog'lanish kuchlari qo'shni atomlarning valent elektronlarini elektron juftlar hosil qilish yo'li bilan umumlashtirishi (almashib turishi) natijasida yuzaga keladi. Bu kuchlar sof kvant xarakterdagi almashuv kuchlari bo'lib, molekulalardagi atom va elektronlarni maxsus Kulon o'zaro ta'siridan vujudga keladi. Kovalent bog'lanishli molekulalarga H_2 , N_2 , CO , NO , CN_4 kabi molekulalar misol bo'la oladi. Ayni bir xil atomlardan turg'un molekula hosil bo'lishini ion bog'lanish yoki Van-der-Vaals kuchlari bilan tushuntirib bo'lmaydi. Vodorod molekulasi uchun kovalent bog'lanishning birinchi kvant nazariyasi V.Gaytler va F.Londonlar tomonidan 1927 yilda yaratildi. Kovalent bog'lanish tabiatini vodorod molekulasi hosil bo'lish misolida sifat jihatdan tushuntirishga harakat qilaylik.

Ikki vodorod atomini fikran elektron qobiqlari o'zaro kirishib ketguncha bir-biriga yaqinlashamiz. Asosiy holatda har bir vodorod atomining 1S elektronnining bog'lanish energiyasi 13,6 eV ga teng. Ma'lumki, uning 1S qobig'ida bittadan elektroni bor. Ikkita vodorod atomi o'z elektronini umumlashtirish yo'li bilan K qobiqlarni to'ldirib to'yingan valentlikka ega bo'lgan sistemaga ya'ni, vodorod molekulasi aylanadi. Bu molekuladagi bir atomning 1S qobig'i boshqa atomning elektronini vaqtincha olish hisobiga to'ladi va geliy atomiga o'xshab qoladi. Hosil bo'lgan H_2 molekulasi kvantlashgan energetik sathlarini aniqlash uchun ikki proton maydonida joylashgan ikki elektron (1-rasm) uchun Shredingerning statsionar tenglamasini yechish talab etiladi.



Bunday sistema uchun Shredinger tenglamasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

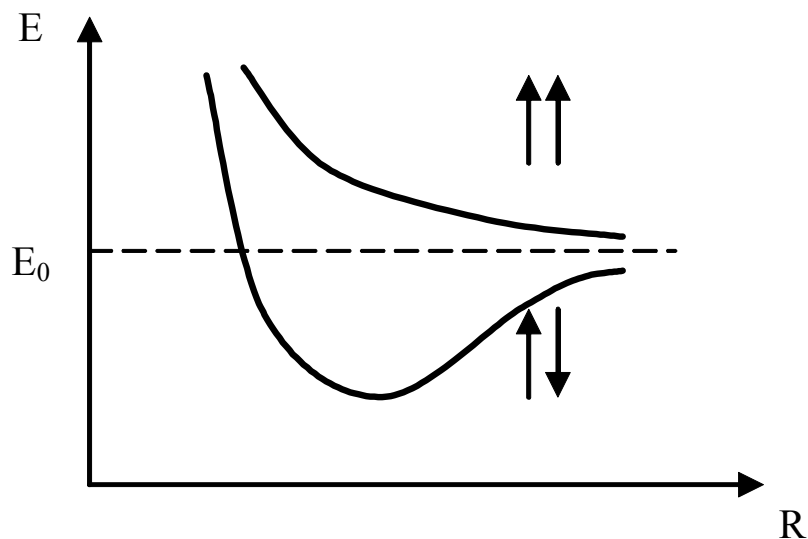
$$\Delta_1^2 \psi + \Delta_2^2 \psi + \frac{2m}{\hbar^2} \left[E - e^2 \left(\frac{1}{r_{12}} + \frac{1}{R} - \frac{1}{r_{1a}} - \frac{1}{r_{2a}} - \frac{1}{r_{1b}} - \frac{1}{r_{2b}} \right) \right] \psi = 0 \quad (1)$$

bu tenglamada

$$U = -e^2 \left(\frac{1}{r_{12}} + \frac{1}{R} - \frac{1}{r_{1a}} - \frac{1}{r_{2a}} - \frac{1}{r_{1b}} - \frac{1}{r_{2b}} \right) \quad (2)$$

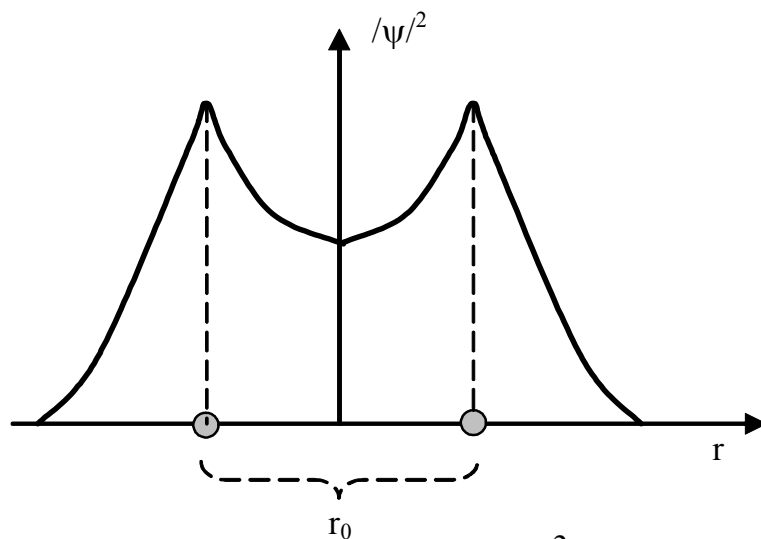
ifoda vodorod molekulasi ikki proton va ikki elektronning o'zaro ta'sir potensial energiyasidir.

Tenglamadagi r_{1a} va r_{2b} belgilar molekuladagi birinchi va ikkinchi elektronlarining koordinatasi qatnashgan Laplas operatorini bildiradi. Bu tenglamadan olingan energiyaning xususiy qiymatlari yadrolar orasidagi masofa R ga bog'liq. Bu bog'lanish spinlari parallel va antiparallel elektronlar uchun turlicha ko'rinishga ega (2-rasm).



2-rasm.

Vodorod molekulasining turlanmagan asosiy holati atomlarning 1S holatlaridan tashkil topganligi sababli faqatgina spinlari qarama-qarshi yoʻnalgan ikki elektronni joylashtirishi mumkin.



3-rasm.

Vodorod molekulasida elektron harakatlanadigan soha atomdagiga qaraganda kengroq boʻlganligidan noaniqliklar munosabatlariga muvofiq ikki atomli sistemaning minimal energiyasi yolgʻiz atomnikidan kichikroq boʻladi. Tajriba natijalariga koʻra N_2 molekulasida hosil boʻlishda 4,5 eV, yaʼni NaCl molekulasidagiga qaraganda ham koʻproq energiya ajralib chiqadi. Ammo bunday sifatli mulohazalar bilan «spinlarining yoʻnalishi bir xil boʻlgan vodorod atomlari turgʻun molekula hosil qilishi mumkinmi?» - degan savolga javob berish qiyin. Tajriba va qatʼiy nazariy hisoblashlar shuni koʻrsatadiki, spinlari bir tomonga yoʻnalgan elektronli ikki vodorod atomidan molekula hosil boʻla olmaydi.

Shunday qilib, kovalent bogʻlanish sof kvant xarakterga ega boʻlib, qoʻshni atom valent elektronlarining yigʻindi spini nolga teng juftlarga birikishidan yuzaga keladi. Bunday elektron juftlar molekula atomlaridan hech biriga tegishli boʻlmaydi, yaxlit molekula boʻylab umumlashgandir.

Masalan, N_2 molekulasida qo'shni atomlarning uchtdan 2P valent elektronlari umumlashib, 3 juft kovalent bog'lanishlar hosil qilishda qatnashadilar. Metan CH_4 molekulasida esa uglerod atomining L qobig'idagi to'rtta $2S^2 2P^2$ elektronlari juft-juft holda to'rtta vodorod atomlarining elektronlari bilan bog'lanadilar. Olmos, kremniy, germaniy kabi kristallar ham, kovalent bog'lanishga ega.

Turli ximiyaviy bog'lanishdan hosil bo'lgan molekular bog'lanish energiyalarini o'rganish shuni ko'rsatadiki, kovalent bog'lanish kuchlari ion bog'lanish kuchlaridan kuchliroq ekan. Buni biz vodorod molekulasining o'ta turg'unligida, olmos kristalining juda qattiqligida ko'rishimiz mumkin. Ayrim kristallarda kovalent va ion bog'lanishlar birgalikda ham uchraydi.

Vodorod molekulasida birinchi atom elektronini ikkinchi atom yadrosi atrofida, ikkinchi atom elektronini birinchi atom yadrosi atrofida qayd qilish ehtimolligi noldan farqli bo'ladi va bunda birinchi atomning elektroni yoki ikkinchi atom elektroni degan so'z ma'nosini yo'qotadi (3-rasm). Bunda kvant mexanikasidagi bir xil zarrachalarning farq qilmaslik prinsipi o'rinli bo'ladi.

Ikki atomli molekularining elektronlarini, tebranma va aylanma harakati energiyasi bilan tanishaylik. Molekula murakkab kvant sistema bo'lib, u molekuladagi elektronlarning harakatini, atomlarning tebranma va molekulaning aylanma harakatini hisobga oluvchi Shredinger tenglamasi bilan ifodalanadi. Bu tenglamaning yechimi juda murakkab bo'lgani uchun odatda uni elektron va yadrolar uchun alohida yechiladi.

Molekulaning energiyasini o'zgarishi asosan uni tashqi qobig'idagi elektronlarning holatini o'zgarishi bilan bog'liqdir. Lekin molekuladagi elektronlarning ma'lum bir turg'un holatida ham molekula yadrolari umumiy inersiya markazi atrofida tebranma va aylanma harakat qilishi mumkin. Molekulaning energiyasi asosan uch harakatga mos energiyalarning yig'indisiga teng:

$$E \approx E_{el} + E_{teb} + E_{ayl} \quad (3)$$

bunda E_{el} - elektronlarining yadroga nisbatan harakat energiyasi;

E_{teb} - yadroning tebranma harakat energiyasi;

E_{ayl} - yadroning aylanma harakat energiyasi bo'lib, u molekulaning fazodagi vaziyatini davriy ravishda o'zgarishiga bog'liq bo'lgan energiya.

Tajribadan aniqlanishicha $E_{el} = 1 \div 10 \text{ eV}$; $E_{teb} \approx 10^{-2} \div 10^{-1} \text{ eV}$; $E_{ayl} \approx 10^{-5} \div 10^{-3} \text{ eV}$ ga teng.

Ya'ni $E_{el} \gg E_{teb} \gg E_{ayl}$ tengsizlik o'rinli bo'ladi.

Molekulaning chiziqli o'lchami valent elektronlarning harakat amplitudasi tartibidagi kattalik bo'lib, odatda $a \approx 10^{-8} \text{ sm}$. Bundan elektronlar harakati bilan bog'liq bo'lgan molekulaning elektron energiyasi E_{el} ham atom energiyasi tartibidagi kattalik ekanligi kelib chiqadi. Masalan, vodorod atomining asosiy holati uchun

$$E_1 = \frac{e^4 m_0}{2h^2} = \frac{h^2}{2m_0 a_0^2} = -13,6 \text{ eV} \quad (4)$$

bo'lishini va unda

$$a_0 = \frac{h}{m_0 e^2} = 0,529 \text{ \AA}$$

Bor radiusiga teng ekanligini yuqorida ko'rib o'tganmiz. Molekulaning energiyasi har bir atomdagi elektron energiyalarining yig'indisiga teng.

Ikki atomli molekulaning yadrolarining aylanma harakat energiyalarini baholash uchun uni qo'pol holda inersiya momenti mr^2 bo'lgan rotatorga o'xshatish mumkin.

Rotator deb, o'zaro bog'langan va biri ikkinchisi atrofida aylanma harakat qiluvchi zarrachalar sistemasiga aytiladi. Molekulaning aylanma harakat energiyasi

$$E_{ayl} = \frac{L^2}{2I_0} \quad (5)$$

formula bilan ifodalanadi. Bunda $I_0 = mr^2$ bo'lib molekulaning inersiya markazidan o'tgan o'qqa nisbatan inersiya momenti, L - molekulaning impuls momenti bo'lib, kvantlangan qiymatlarni oladi:

$$L = \sqrt{l(l+1)}\hbar \quad (6)$$

bu formulada l - orbital kvant soni, u $\ell = 0, 1, 2, 3, \dots$ qiymatlarni oladi. (6) ni hisobga olsak, (5) quyidagi ko'rinishni oladi.

$$E_{ayl} = \frac{\hbar^2 l(l+1)}{I_0} \quad (7)$$

(7) formulada $V = \frac{\hbar^2}{I_0}$ belgilashni kiritsak, u ancha sodda ko'rinishni oladi:

$$(E_{ayl})l = Vl(l+1) \quad (8)$$

V - molekulaning aylanish doimiysi.

Kvant mexanikasidagi tanlash qoidasiga ko'ra qo'shni aylanma sathlar orasida faqat $\Delta\ell = \pm 1$ bo'lgan o'tishlarigina bo'lishi mumkin. $\Delta\ell = +1$ shart yorug'lik yutilishiga, $\Delta\ell = -1$ shart yorug'lik sochilishiga mos keladi.

Ikki atomli molekulaning yadrolari muvozanat vaziyati atrofida tebranma harakat qiladilar. Molekuladagi yadro tebranishlariga garmonik tebranishlar deb qarab, uni m- massali chiziqli garmonik ossilyatorning tebranishlariga o'xshatish mumkin. Biz oldingi 5-ma'ruzamizda garmonik ossilyatorning energiyasi

$$E_{teb} = \left(n + \frac{1}{2}\right)\hbar\omega_0 \quad (9)$$

ifoda bilan aniqlanishini ko'rgan edik. Tebranma kvant soni n uchun ham tanlash qoidasi bajariladi: $\Delta n = \pm 1$. Shunday qilib, yuqoridagi (8) va (9) ifodalarni hisobga olsak, molekulaning to'liq energiyasi (3) ga asosan

$$E = E_{el} + \left(n + \frac{1}{2}\right)\hbar\omega_0 + Vl(l+1) \quad (10)$$

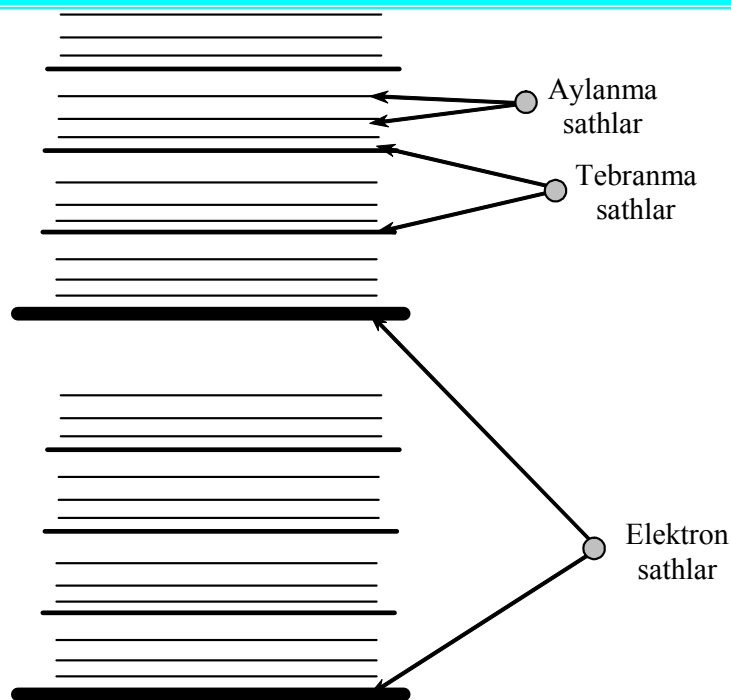
ko'rinishni oladi.

Agar molekulaga biror yorug'lik kvanti tushsa, uning energiyasining bir qismi optik elektronlarni qo'zg'atishga, qolgan qismi esa atomlarning tebranma va aylanma harakatlarini oshirishga sarf bo'ladi.

(10) formuladan ko'rinadiki, n va ℓ kvant sonlarining turli qiymatlari bilan aniqlanadigan molekulyar energetik spektr tebranma va aylanma energetik sathlarning sistemasidan iborat. Vodorod molekulasi uchun $\hbar\omega_0 = 0,547$ eV,

$V = 0,07$ eV, ya'ni molekulaning tebranma energiyasi, aylanma energiyasidan kattadir. Bunday hol barcha ikki atomli molekular uchun xosdir. Demak, tebranma sathlar bir-biridan bir xil va nisbatan katta oraliqda yotsa, aylanma sathlar esa juda zich joylashgan va ℓ ortishi bilan siyraklashib boradi. Molekuladagi atomlar (yadrolar) harakatining kvantlanishi molekulaning nurlanish (yutilish) spektrida yaqqol namoyon bo'ladi.

(10) ifodaga kiruvchi har bir energiya kvantlangani uchun ular energetik sathlar to'plamidan iborat. Tajriba va nazariyadan aylanma energetik sathlar orasidagi oraliq, tebranma harakatga mos keluvchi energetik sathlar orasidagi masofadan kichik. O'z navbatida tebranma harakatga mos keluvchi sathlar orasidagi masofa bosh kvant soni bilan aniqlanuvchi elektron sathlar orasidagi masofadan kichik. Bu hol 4-rasmda yo'g'on, o'rtacha yo'g'onlikdagi va ingichka chiziqlar bilan ikkita elektron sath uchun tasvirlangan.



4-rasm

Molekulalarning tuzilishi va ularning energiya sathlarining xususiyatlari kvant o'tishlarda sochilgan nurlanish (yutilish) spektrida, ya'ni molekula spektrida nomoyon bo'ladi. Molekulaning nurlanish spektri kvant mexanikasidagi tanlash qoidasiga mos holda (masalan, aylanma yoki tebranma harakatga mos kvant sonining o'zgarishi ± 1 ga teng bo'lishi kerak) energetik sathlar tarkibi bilan aniqlanadi.

Shunday qilib, sathlar orasidagi turli xil o'tishlardan turli xil spektrlar hosil bo'ladi. Molekulaning spektral chizig'i chastotasi bir elektron sathdan boshqasiga o'tishga mos keluvchi (elektron spektrlarga) yoki biror tebranma harakatga mos kelgan energetik sathdan ikkinchisiga o'tishga mos kelishi mumkin. Molekulalar spektri ham chiziqli bo'lib, ular spektrning UB, IQ va ko'zga ko'rinuvchi sohasida joylashishi mumkin. Aylanma sathlar bir-biriga juda yaqin joylashgani uchun ularga mos keluvchi spektral chiziqlar ham bir-biriga juda yaqin bo'lib, ular hatto tutashib ketadi.

Shuning uchun ajrata olish qobiliyati o'rtacha bo'lgan spektral optik asboblarda bu chiziqlar tutashib ketgandek, yo'l-yo'l bo'lib ko'rinadi. Lekin ajrata olish qobiliyati katta bo'lgan optik asboblarda ularni bir-biriga juda yaqin joylashgan, alohida chiziqlardan iborat ekanini ko'rish mumkin va bu yo'llarning kichik chastotalar tomonidagi chegarasi keskin, chastotaning katta qiymatlari tomonidagi chegarasi esa suvashgan ekanini ko'rish mumkin. Molekuladagi atomlar soni ortishi bilan molekula spektri murakkablashib, faqat keng yo'llar ko'rinish boshlaydi.

Molekulalarning aylanma sathlarini mikroto'lqinli radiospektroskopiya usuli bilan o'rganiladi. Bu usulda tekshiriluvchi gaz qamalgan metall naydan (volnovod) chastotasi $\sim 10^{10}$ Gs bo'lgan elektromagnit to'lqin o'tkaziladi. Agar elektromagnit to'lqinni chastotasi gaz molekulalarining aylanma harakat chastotasiga mos kelsa, qabul qiluvchi qurilma elektromagnit to'lqin intensivligini keskin kamayganini qayd qiladi.

Molekulaning tebranma spektri IQ ($1/\lambda \cong 10^3 \text{ sm}^{-1}$) sohada joylashgan va uni infraqizil spektrofotometrlar yordamida o'rganiladi. Molekulaning tebranma harakatida sochilgan yoki yutilgan fotonning energiyasi $h\nu \approx 0,04 \text{ eV}$, unga mos kelgan to'lqin uzunligi $\lambda = s/\nu = 3 \cdot 10^{-3} \text{ sm} = 30 \text{ mkm}$.

Molekulalarning aylanma va tebranma energetik sathlarini modda faqat gaz holatda bo'lganda o'rganish mumkin. Moddaning suyuq va qattiq holatida molekulalarning o'zaro ta'siri tufayli ularning tebranma va aylanma energetik sathlarini o'rganish qiyinlashadi.

Molekulyar spektroskopiyada molekulaning juft orbital soni ℓ ga mos kelgan energetik sathlar juft termlar va toq ℓ li sathlar toq termlar deb nomlanadi. N_2 molekulasida uchun molekulyar termlarning juftligi protonlar spinlarining oriyentatsiyasi bilan uzviy bog'liq bo'lgan quyidagi kvant holatlarni vujudga keltiradi:

a) ortovodorod - yadrolarining spinlari parallel bo'lgan N_2 molekulasini. Bu holda spin funksiyasi simmetrik va koordinat funksiyasi antisimmetrik. Shuning uchun ortovodorod orbital kvant soni ℓ toq termlarda mavjud bo'la oladi xolos. Uning eng quyi energetik holatiga $\ell=1$ mos keladi;

b) paravodorod - yadrolarining spinlari antiparallel N_2 molekulasini. Bu molekula ℓ juft bo'lgan holatlardagina uchraydi. Paravodorodning eng quyi energetik holatida $\ell = 0$, ya'ni yadrolarning orbital harakati "muzlab qoladi".

Mustahkamlash uchun savollar:

1. Molekulalardagi kimyoviy bog'lanishlarning fizik tabiati qanday?
2. Ionli va kovalent bog'lanishlarni misollar orqali tushuntiring.
3. Vodorod molekulasini hosil bo'lishini kvant nazariyasi nuqtai nazaridan tushuntiring.
4. Vodorod molekulasini uchun Shredinger tenglamasi qanday ko'rinishda yoziladi va undan molekula energiyasi uchun qanday natija olingan?
5. Molekulalarning harakat energiyalari va ularga mos spektrlarni tushuntiring.
6. Yurug'likning kombinatsion sochilishi nimadan iborat?

Adabiyotlar

1. Шпольский Э.В. Атомная физика, 1.1,2. – М.: Наука, 1984.
2. Матеев А.Н. Атомная физика. – М.: Высшая школа, 1989..
3. Сивухин Д.В. Курс общей физики. Т.5, Ч.1. – М.: Наука, 1988.
4. Наумов А.И. Физика атомного ядра и элементарных частиц. М.,1984.
5. Bekjonov R.B., Axmadxo'jayev B. Atom fizikasi. – Toshkent: O'qituvchi, 1979.
6. Милантьев. Атомная физика. – М.: Изд-во МГУ, 2000.
7. Г.Ахмедова, Ш.Оманов, У.Салихбаев "Атом физикаси", Абдулла Қодирий номидаги халқ мероси нашриёти Тошкент-2005.
8. S.X.Astanov, U.N.Islomov, N.N.Dalmuradova "Umumiy fizika" kursining "Kvant mexanikasi va atom fizikasi" bo'limidan ma'ruza mavzularini mustaqil o'rganish uchun, uslubiy ko'rsatma, Buxoro – 2006, Ziyonet.uz.
9. Nasriddinov K.R., Parsoxonov A.G', Mansurova M.Yu. "Atom fizikasi", O'quv qo'llanma, Nizomiy nomidagi Toshkent Davlat pedagogika universiteti, Toshkent- 2006, Ziyonet.uz.
10. Qodirov M.J. "Kvant mexanikasi fanidan ma'ruzalar matni", Qarchi Davlat universiteti, Qarshi -2009, Ziyonet.uz.
12. Mirjalilova M.A. Fizika va elektroikaning maxsus boblari (Kvant mexanikasi va qattiq jismlar fizikasi) 1-qism (O'quv qo'llanma), Toshkent, ToshDTU, 2009

Darsning xronologik xaritasi: 80 minut

- 1.Darsni tashkil qilish. 2 minut.
- 2.Davomatni tekshirish. 2 minut.
- 3.Atom fizikasi fanidan o'atiladigan mavzular ishchi dasturi bilan qisqacha tanishtirish. 4 minut.
- 4.Atom fizikasi fanining oldingi o'rganilgan umumiy fizika kurslaridan farqi va umumiylik tomonlarini bayon qilish. 5 minut.
- 5.Atom fizikasi kursini o'rganishda foydalaniladigan adabiyotlar, ma'ruza matnlari bulardan foydalanish usullari. (Ma'ruza matnda har bir mavzular uchun reja, tayanch so'zlar, adabiyotlarga ko'rgazmalar, nazorat savollar keltirilganligini alohida ta'kidlash). 5 minut.
- 6.Yangi mavzuni bayon qilish. Atom fizikasining yaratilishi va rivojlanish bosqichlari. Atomning tarkibi, atomning asosiy xususiyatlarini bayon etish, atom fizikasi fani yutuqlarining qo'llanishi va yechimi muhim bo'lgan muammolarini bayon qilish. 55 minut.
- 7.O'tilgan mavzu bo'yicha savol-javoblar. 7 minut.

O'quv mashg'ulotida ta'lim texnologiyasi modeli

20-Mavzu: Molekulalar. Orbitalar gibridizatsiyasi. Stereoximiya elementlar. Molekulyar orbital. Molekulalarda yadro tebranma va aylanma harakati haqida tasavvur. Frank-kondon prinsipi. Ikki atomli molekulalar holatlarini sistematikasi haqida ba'zi bir ma'lumotlar.

<i>Vaqt: 80 min.</i>	<i>Talabalar soni: 52 ta</i>
<i>O'quv mashg'ulotining shakli</i>	Ma'lumotli kirish - ma'ruza
<i>O'quv mashg'ulotining tuzilishi</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1.O'quv kursi va mashg'ulot mavzusiga kirish 2. Bilimlarni faollashtirish - aqliy hujum 3. Ma'ruza matnini tarqatish 4. Asosiy atamalarni aniqlash-pinbord
<i>O'quv mashg'ulot maqsadi: O'quv fani to'g'risida umumiy tasavvurlarni berish</i>	
<i>Pedagogik vazifalar:</i> -Orbitalar gibridizatsiyasi. -Born-Oppengeymer yaqinlashishi. -Stereoximiya elementlar. -Molekulyar orbital. -Molekulalarda yadro tebranma va aylanma harakati haqida tasavvur. -Frank-kondon prinsipi. -Ikki atomli molekulalar holatlarini sistematikasi haqida ba'zi bir ma'lumotlar.	<i>O'quv faoliyat natijalari:</i> <ol style="list-style-type: none"> 1.Orbitalar gibridizatsiyasi. 2.Born-Oppengeymer yaqinlashishi. 3.Stereoximiya elementlar. 4.Molekulyar orbital. 5.Molekulalarda yadro tebranma va aylanma harakati haqida tasavvur. 6.Frank-kondon prinsipi. 7.Ikki atomli molekulalar holatlarini sistematikasi haqida ba'zi bir ma'lumotlar.
<i>Ta'lim usullari</i>	Ma'ruza minbari
<i>Ta'limni tashkillashtirish shakli</i>	Jamoaviy
<i>Ta'lim vositalari</i>	Ma'ruza matni, kompyuter
<i>Ta'lim berish sharoiti</i>	Texnik vositalar bilan jihozlangan xona
<i>Monitoring va baholash</i>	Tezkor - so'rov.

Ma'lumotli kirish - ma'ruzasining texnologik xaritasi

Ish bosqich-lari va vaqti	Faoliyat mazmuni	
	ta'lim beruvchi	ta'lim oluvchilar
1-bosqich. O'quv mashg'ulotiga kirish (20 daq.)	<p>1.1 Mavzuning nomi, maqsad va kutilayotgan natijalarni yetkazadi. Taqdimot bo'yicha ekranga fanning tuzilmaviy-mantiqiy chizmasini chiqaradi, mavzularning o'zaro aloqasini yoritadi, ularga qisqa tavsif beradi, fan miqyosida bajariladigan uslubiy va tashkiliy ishlar xususiyatlarini tushuntiradi.</p> <p>Reyting-nazorat tizimi, joriy, oraliq, va yakuniy nazoratni baholash mezonlari</p> <p>(№ 1.1 ilova) bilan tanishtiradi.</p> <p>Mavzu bo'yicha asosiy tushunchalarni; mustaqil ishlash uchun adabiyotlar ro'yxatini aytadi.</p> <p>1.2. Birinchi o'quv mashg'ulot mavzusi, maqsad va o'quv faoliyat natijalarini aytadi.</p> <p>1.3. Mavzuni mustahkamlash uchun savollarni beradi (3-ilova)</p>	<p>Tinglaydilar</p> <p>Tinglaydilar</p> <p>Yozib oladilar.</p>
2-bosqich. Asosiy (50 daq.)	<p>2.1. Mavzu bo'yicha ma'ruza matnini tarqatadi va uning rejasi, asosiy tushunchalar bilan tanishishni taklif qiladi.</p> <p>2.3. Berilgan savollar asosida javoblar berilib umumiy xulosalar chiqariladi.</p> <p>2.4 Talabalar bilan birga fanga taaluqli bo'lmagan va qaytariluvchi ma'lumotlarni ochib tashlaydi, muhim asosiy tushunchalarni (Pinbord) kiritadi.</p>	<p>Tinglaydilar.</p> <p>Tinglaydilar, yozib oladilar.</p>
3-bosqich. Yakuniy (10 daq.)	<p>3.1. Mavzu bo'yicha yakun yasaydi, qilingan ishlarning kelgusida kasbiy faoliyatidagi ahamiyatiga talabalar e'tiborini qaratadi.</p> <p>3.2 O'tilgan darsni mustahkamlash uchun foydanilgan adabiyotlar ro'yxati keltiriladi.</p> <p>3.3. Mustaqil ish uchun topshiriq beradi va uning baholash mezonlari bilan tanishtiradi.</p>	<p>O'z-o'zini, o'zaro baho-lashni o'tkazadilar.</p> <p>Topshiriqni yozadilar</p>

BAHOLASH MEZONLARI

No	Nazorat turi	Ball	Nazorat ishi	Uy ishi	Mustaqil ish	Darsda faolligi	Amaliy ish	Laboratoriya
1	JN-1	11	2	2	2	1	2	2
2	JN-2	12	3	2	2	1	2	2
3	JN-3	12	3	2	2	2	2	2
3	ON-1	17	13	2	1	1	-	-
4	ON-2	18	14	2	1	1	-	-
5	YN	30	30					

86-100% “a’lo”
 71-85% “yaxshi”
 55-70% “qoniqarli”
 0-54% “qoniqarsiz”

Ilova 1.2

Talabalar bilimini faollashtirish uchun tezkor savollar

1. Orbitalar gibrizatsiyasi nima?
2. Born-Oppeneymer yaqinlashishini tushuntiring.
3. Strukturani tasvirlashda valent bog’lanish usuli qanday amalga oshiriladi?
4. Yorug’likning kombinatsion sochilish hodisasi kimlar tomonidan kashf etilgan?
5. Molekulalarda tebranma va aylanma harakat haqida ma’lumot bering.

Ilova 1.3

Aqliy hujum qoidasi:

Hech qanday birga baholash va tanqidga yo’l qo’yilmaydi!

Taklif etilayotgan g’oyani baholashga shoshma, agarda u hattoki ajoyib va g’aroyib bo’lsa ham hamma narsa mumkin.

Tanqid qilma, hamma aytilgan g’oyalar qimmatli teng kuchlidir.

O’rtaga chiquvchini bo’lma!

Turtki berishdan o’zingni ushla!

Maqsad miqdor hisoblanadi!

Qancha ko’p g’oyalar aytilsa, undan ham yaxshi: yangi va qimmatli g’oyalarni paydo bo’lishi uchun ko’p imkoniyatdir.

Agarda g’oyalar qaytarilsa, xafa bo’lma va hijolat chekma.

Tasavvuringni “jo’sh urishiga” ruxsat ber!

Agarda g’oyalar qaytarilsa, xafa bo’lma va hijolat chekma.

Tasavvuringni “jo’sh urishiga” ruxsat ber!

Ilova 1.4

Pinbord (inglizchadan: *pin*- mahkamlash, *board* – yozuv taxtasi) munozara usullari yoki o’quv suhbatini amaliy usul bilan moslashdan iborat.

Ta'lim beruvchi:

→ Taklif etilgan muammoni yechishga o'z nuqtai nazarini bayon qiladi.

→ Ommaviy to'g'ri aqliy hujumni tashkillashtiradi.

Ta'lim oluvchilar quyidagi g'oyalarni:

→ Taklif etadilar, muhokama qiladilar, baholaydilar eng ko'p maqbul (samarali va boshqa g'oyalarni tanlaydilar va ularni qog'oz varag'iga asosiy so'zlar ko'rinishida (2 so'zdan ko'p bo'lmagan) yozadilar va yozuv taxtasiga biriktiradilar.

→ Guruh a'zolari (ta'lim beruvchi tomonidan belgilangan 2-3 talaba yozuv taxtasiga chiqadilar va boshqalar bilan maslahatlashib:

33. aniq xato yoki qaytariluvchi g'oyalarni saralaydilar;

34. tortishuvlarni aniqlaydilar;

35. g'oyalarni tizimlashtirish mumkin bo'lgan belgilar bo'yicha aniqlaydilar;

36. shu belgilar bo'yicha hamma g'oyalarni yozuv taxtasida guruhlaydilar (kartochka/ varaqlar).

Ta'lim beruvchi:

→Umumlashtiradi va ish natijalarini baholaydi.

Monitoring va baholash

O'tilgan mavzu bo'yicha og'zaki so'rov, tezkor savol-javob qarab 1-2 ballgacha baholanadi.

Ilova 1.5

Mustaqil ish topshiriqlari.

1. Orbitalar gibridizatsiyasi va Born-Oppengeymer yaqinlashishiga oid qo'shimcha adabiyotlar o'qish.
2. Mavzuga oid masalalar ishlash.
3. Taqdimot slaydlari.

**20- Ma'ruza
(2-soat)**

Molekulalar. Orbitalar gibridizatsiyasi. Stereoximiya elementlar. Molekulyar orbital. Molekulalarda yadro tebranma va aylanma harakati haqida tasavvur. Frank-kondon prinsipi. Ikki atomli molekulalar holatlarini sistematikasi haqida ba'zi bir ma'lumotlar.

Reja:

1. Orbitalar gibridizatsiyasi.
2. Born-Oppengeymer yaqinlashishi.
3. Stereoximiya elementlar.
4. Molekulyar orbital.
5. Molekulalarda yadro tebranma va aylanma harakati haqida tasavvur.
6. Frank-kondon prinsipi.
7. Ikki atomli molekulalar holatlarini sistematikasi haqida ba'zi bir ma'lumotlar.

Tayanch so'zlar va iboralar: Molekula, molekulaning bog'lanish energiyasi, Molekulyar termlar. Van-der-Vaals kuchlari, ionli va kovalent bog'lanish, vodorod va osh tuzi molekulalarini hosil bo'lishi, vodorod molekulasini uchun Shredinger tenglamasi, vodorod molekulasining potentsial energiyasi, molekulaning tebranma va aylanma harakat energiyasi, ularga mos keluvchi energetik sathlar, tebranish, spektr, minimum, amplituda, harakat, chastota, garmonik tebranish, antigarmonik tebranish, sohalar, dissotsiatsiyaning, molekulalarning spektri, yorug'likning kombinatsion sochilishi, binafsha va qizil yo'ldosh spektrlar, yorug'likning kombinatsion sochilishini kvant nazariya bilan tushuntirish.

Molekulyar orbitallar usuli. Valent bog'lanish usuliga teskari bunda, molekulyar orbitallar usuli avval boshdan molekulani tashqi elektronlar butun molekulaga tegishli bo'lgan sistema kabi qaraladi. Orbitallar alohida atomlar orbitallari emas, balki molekular orbitallari hisoblanadi. Molekulalarning mavjudligi atomlar o'rtasidagi elektronlar zichligi konsentratsiyasini ta'minlaydi. Qarama-qarshi yo'nalishli spinga ega bo'lgan ikkita elektronlarning kovalent bog'lanishining hosil bo'lishi molekulyar orbitallar usuli nuqtai nazaridan shunga olib keladiki, bunda qarama- qarshi yo'nalishli spinlar holidagi atom orbitalarining bir-birini qoplashida elektron bulut zichligi oshadi. Bir xil yo'nalishlarga ega bo'lgan spinlarda esa Pauli prinsipiga ko'ra bu yuzaga kelmaydi. Molekulyar va atom orbitallari usullari kombinatsiyasida valent bog'lanish usuli molekula strukturasi tushuntirishga yanada yaqinroq ifodalashga imkon beradi.

Born-Oppengeymer yaqinlashishi. Molekulalar fizikasi prinsipial jihatdan atom fizikasidan unchalik farq qilmaydi. Ammo molekulyar ko'rinishdagi oddiy sistema uchun hatto Shredinger tenglamasini analitik yo'l bilan yechish mumkin emas. Bunday oddiy sistema vodorod molekulasini H_2^+ , bu ikkita proton va bitta elektrondan tashkil topgan 1-rasm). Nazariy jihatdan molekulyar fizikada vodorod molekulasini ionlari H_2^+ xuddi atom fizikasidagi vodorod atomi kabi muhim rol o'ynaydi va shuning uchun hech bo'lmaganda yaqinlashuvchi analitik yechimga ega bo'lish maqsadga muvofiqdir.

Yanada murakkabroq molekularlar uchun Shredinger tenglamasining yechimi yanada qiyin hisoblanadi. Shuning uchun molekulyar fizikada atomlarning elektronlari va yadrolari massalarini farqi katta bo'lishiga asoslangan Born-Oppengeymer yaqinlashishidan foydalaniladi. Yadrolar elektronlarga nisbatan sezilarli darajada sekin harakatlanadi va shuning uchun elektronlar harakati holati yadroning molekuladagi oniy joylashishiga mos keluvchi statsionar holat kabi o'rnatiladi. Bu shuni anglatadiki: *vaqtning har bir momentidagi elektronlarning holatini hisoblash uchun atom yadrosini qo'zg'almas deb olish kerak bo'ladi va elektronlarni qo'zg'almas yadroning statsioanr maydonidagi harakatlanishi deb qarash kerak bo'ladi. Natijada, molekularlarning konkret konformatsiyasi uchun yechim hosil bo'ladi.*

Ikki atomli molekularlar uchun konformatsiya yadrolar o'rtasidagi masofalarning farqi bilan xarakterlanadi, ko'p atomli molekularlar uchun esa – yadrolarning o'zaro joylashishi turlari bilan. Har bir konformatsiya uchun molekularlarning potensial energiyasini hisoblash va molekularlarning konformatsiyasini xarakterlovchi parametrlar orqali ifodalash mumkin. Born-Oppengeymer yaqinlashishida vodorod molekulasini H_2^+ uchun ezilgan Shredinger tenglamasini aniq yechimi topish mumkin bo'ladi:

$$\nabla^2\Psi + \frac{2m}{\hbar^2} \left[E + \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_a} + \frac{1}{r_b} \right) \right] \Psi = 0 \quad (1)$$

Topilgan Shredinger tenglamasini (1) aniq yechimi tajribalar bilan solishtirishda va kvant mexanikani molekulalarga qo'llash darajasini aniqlash imkoniyatini beradi.

Strukturani tasvirlashda valent bog'lanish usuli. Kovalent bog'lanishni ta'minlovchi elektronlarning har bir jufti mos keluvchi atomlar o'rtasidan o'tkazilgan chiziqli bilan tasvirlanadi. Masalan, tashqi qobiqni tahlil qilish ko'rsatadiki, H_2 , O_2 va N_2 molekularlar atomlarida kovalent bog'lanishni hosil qilishda mos holda bir, ikki va uchta elektronlar jufti ishtirok etadi. Bu molekularlarning strukturasi $H-H$, $O=O$, $N\equiv N$.

Ikki atomli va atomlar soni undan ko'p bo'lgan molekularlar uchun elektron sathlar tarkibida elektron, tebranma va aylanma sathlar mavjud bo'ladi. Elektron sathlar orasidagi energetik masofa yetarli darajada katta bo'lib, 1-10 eV kattalikni tashkil etadi. Bu sathlar orasida tebranma sathlar joylashgan bo'lib, ular bir-biridan bir xil masofada joylashadi. Tebranma sathlar orasidagi energetik masofa $10^{-2} - 10^{-1}$ eV kattalikda bo'ladi. Tebranma sathlar orasida esa aylanma sathlar joylashgan. Ular orasidagi energetik masofa kattaligi $10^{-5} - 10^{-3}$ eV oralig'ida bo'ladi. Sathlar holatini *termlar* belgilaydi va mos ravishda elektron sathlarni *elektron termlar*, tebranma sathlarni *tebranma termlar* va aylanma sathlarni *aylanma termlar* belgilaydi. Agar molekulaning elektronlari spin kvant soniga ega ekanligini hisobga olsak, tashqi ta'sir natijasida sathlar ikkiga bo'linishi mumkin. Bunday

holatlarda dublet termlar hosil bo'ladi deb qabul qilingan. Dublet termlar nafaqat elektron, balki tebranma va aylanma sathlarga ham tegishli bo'ladi. Tebranma termlar kattaligini tebranma sathlar energiyasi bilan aniqlash mumkin. Agar molekula ikki atomli bo'lsa, uning tebranishdagi erkinlik darajasi 1 ga teng bo'ladi va termning energiya kattaligi quyidagicha aniqlanadi:

$$\varepsilon_{teb} = h\nu(n + \frac{1}{2}) \quad (2)$$

bu yerda ν - molekula tebranishini xarakterlovchi garmonik ossillyatorning tebranish chastotasi, n – esa, tebranish kvant sonlari bo'lib hisoblanadi. Tebranish kvant sonlari $n=0, n=1, n=2$ va h. butun sonlarni qabul qilishi mumkin. Agar molekula uch va undan ko'p atomlarda iborat bo'lsa, bunday molekulalarning erkinlik darajasi $f= 3N-5$ yoki $f= 3N-6$ mos holda chiziqli va chiziqli bo'lmagan molekulalar uchun bo'lib hisoblanadi. Bu vaqtda tebranma termlarning energiya kattaligi quyidagi yig'indi bilan aniqlanadi:

$$\varepsilon_{teb} = \sum_{i=1}^f h\nu_i(n_i + \frac{1}{2}) \quad (3)$$

Xuddi shunday ko'rinishda aylanma sathlar term energiysini aniqlashi mumkin. Agar molekula ikki atomli yoki uch atomdan iborat bo'lib, chiziqli molekula ko'rinishida bo'lsa, term energiyasi quyidagicha aniqlanadi:

$$\varepsilon_{ayl} = \frac{M^2}{2I} \quad (4)$$

Bu tenglamada I – molekulaning inersiya momenti va bu moment molekula o'qiga nisbatan aniqlanadi. M esa molekulaning harakat miqdorining momenti yoki aylanma moment bo'lib hisoblanadi va u quyidagicha topiladi:

$$M^2 = \frac{h}{4\pi^2} J(J+1) \quad (5)$$

Bu yerda J aylanma kvant sonlar bo'lib, 0,1,2 kabi butun sonlarni qabul qila olishi mumkin.

Molekulalar spektrini o'rganishda 1929 yilda rus olimlari T.S. Landsberg (1890-1957) va L.I. Mandelshtam va ular bilan bir vaqtda hind olimlari Ch.Raman (1888-1970) va K.Krishnan (1911 yilda tug'ilgan) kashf etgan yorug'likning kombinatsion sochilish hodisasi muhim ahamiyatga ega.

Bu effekt shundan iboratki, biror moddaga (gaz, suyuqlik, shaffof kristall) ν_0 chastotali monoxromatik yorug'lik tushsa, bu moddada sochilgan yorug'lik spektrida ν_0 chastotali chiziqdan tashqari uning ikki yonida simmetrik joylashgan qo'shimcha spektral chiziqlar ham hosil bo'ladi (9.5-rasm).

Bu qo'shimcha spektral chiziqlarga mos kelgan chastota tushayotgan monoxromatik yorug'lik chastotasi bilan yorug'likni sochayotgan molekulalarning tebranma yoki aylanma o'tishlarida hosil bo'ladigan nurlanishlar chastotalarining ayirmasiga yoki yig'indisiga teng bo'ladi, ya'ni

$$\nu_i = \nu_0 \pm \nu'_i \quad (6)$$

Kombinatsion sochilish spektridagi chastotasi moddaga tushayotgan yorug'likning chastotasidan kichik bo'lgan chiziqlar qizil yo'ldosh spektrlar, chastotasi ν_0 dan kattalari esa binafsha yo'ldosh spektrlar deb ataladi. Hosil bo'lgan bu yo'ldosh spektr chastotasi, joylashishi va soni tushayotgan yorug'lik chastotasiga bog'liq bo'lmay, faqat yorug'lik sochilayotgan modda tabiatiga bog'liq bo'lib, uning tarkibini va tuzilishini ifodalaydi.

Yorug'likning kombinatsion sochilishidagi qonuniyatlarni kvant nazariya bilan tushuntirish mumkin. Bu nazariyaga ko'ra yorug'likni sochilish jarayoni molekula tomonidan fotonni yutib yana qayta chiqarishdan iborat. Agar bu fotonlarning energiyalari bir xil bo'lsa, sochilgan yorug'lik spektrida tushayotgan yorug'lik chastotasi ν_0 bilan bir xil bo'lgan asosiy chiziq hosil bo'ladi. Lekin sochilish jarayonida yutilgan va chiqarilgan fotonlarning energiyasi teng bo'lmasligi mumkin. Fotonlar energiyasining har xil bo'lishi molekulani turg'un holatdan uyg'ongan holatga yoki uyg'ongan holatdan turg'un holatga o'tishiga bog'liq. Agar molekula turg'un holatdan uyg'ongan holatga o'tsa, qizil yo'ldosh chiziq, aksincha uyg'ongan holatdan turg'un holatga o'tsa, binafsha yo'ldosh chiziq hosil bo'ladi. Agar uyg'ongan molekulalarning soni, uyg'onmagan molekulalar sonidan ancha kam bo'lsa, binafsha yo'ldosh chiziqlarning intensivligi, qizil yo'ldosh chiziqlarnikidan

kichik bo'ladi. Temperatura ortishi bilan uyg'ongan molekulalarning soni ortadi, natijada binafsha yo'ldosh chiziqlar intensivligi ham kuchayadi.

Ko'p atomli molekulalar bir necha tebranish xarakteriga ega bo'lishi mumkin, buning sababi shundan iboratki molekulani tashkil qilgan har bir atom muvozanatda tebranadi.

Agar bir-biri bilan bog'langan N son atom bo'lsa, unda har bir atom 3 ta erkin darajaga ega bo'lib, ham N atomlar $3N$ erkinlik darajasini tashkil qiladi. Agar N atomni molekulaga biriktirsak, unda har bir atom alohida sistemani tashkil qilgan bitta bog'langan harakatli sistemaga aylanadi. Kvantsiz sistema, kvantliga aylanadi. Quyidagi harakatlarni tashkil qiladi:

- molekulaning intilish harakati.
- molekulaning aylanma harakati.

Boshqa hamma harakatlar bir-biriga nisbatan ichki molekulyar har xil tebranish. Molekuladagi hamma atomlar 3 ta erkinlik darajada bo'lishi uchun 3 ta tebranish

$S_{teb} = 3N - S$ molekulyar

Chiziqli molekulalar uchun erkinlik darajasi 5-ta

Schiziqli molekulalar uchun erkinlik darajasi 5-ta

Schizsiz molekulalar uchun erkinlik darajasi 6-ta

$S_{teb}(\text{chiz-li}) = 3N - 5$

$S_{teb}(\text{chiz-siz}) = 3N - 6$

Molekulada atomlarning tebranishi bir-biriga bog'liq, shuning uchun bir atomning tebranish energiyasi muayyan vaqtdan keyin boshqa atomlar orasida tarqaladi va hamma atomlar tebranadi. Molekulada atom tebransa, ularning koordinatlari yoki joylanishi o'zgaradi va bu holatda molekulaning og'irlik markazi siljimaydi va molekula aylanmaydi. Har bir atomning joylashishini dekart koordinata sistemasida qayd qilish mumkin. Ammo bu koordinata molekulalar o'zi bilan bog'liq emas. Shuning uchun bir-biri bilan o'zaro ta'sirsiz nuqtalar hosil qilishi mumkin. Qulay koordinatalar bu molekulalar xossalari asoslangan koordinatalar. Shuning uchun molekulalarning tebranish nazariyasida tabiiy koordinatalar kiritilgan bu yerda

1) q - bu valent masofa o'zgarish koordinatasi;

2) j -burchak o'zgarish koordinatasi tabiiy koordinatasi. Tabiiy koordinata soni tebranish erkinlik darajasi soniga teng. Masalan: SN_4

Jami 10 ta koordinata bo'lishi kerak, ammo amalda 5j bor, chunki molekulaning bir burchagi o'zgarsa, boshqa burchagi ham o'zgaradi. Shuning uchun amalda

$$S_{teb} = 3 \cdot 5 - 6 = 9.$$

Kuzatilayotgan murakkab molekulaning spektrlari va tebranish dinamikasining bir-biriga bog'lanishini aniqlash uchun ko'rib turgan sistemaga tegishli harakat tenglamasini yozish kerak. Bunday tenglamani tuzish uchun quyidagicha yaqinlashishni yozish kerak. Potensial energiyani hamma koordinatalarining funksiyalari deb nazarga olish kerak.

$$u = u(q_1, q_2, q_3, \dots, \gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \dots).$$

Shu funksiyaga muvofiq holat qatoriga q_i va γ_i yozish kerak.

k_1 va k_2 -dinamik koeffitsiyentlar elastik kuch deb ataladi va bu kuchlar valent bog'lanish bo'yicha ta'sir qiladi.

k_{11} va k_{21} -bular ham elastik kuchlar, valent bog'lanishga ta'sir ko'rsatadi.

h -bog'-bog' ta'sirotni ko'rsatadi.

v -burchak-burchak ta'sirotni ko'rsatadi.

s -bog'-burchak ta'sirotni ko'rsatadi.

Dinamik koeffitsiyentlar molekuladagi kuchlarning taqsimlanishini xarakterlaydi va koeffitsiyentlarni aniqlashning ximiyaviy bog'lanishini o'rganadi. Kinetik energiya:

Umumiy ko'rinishda harakat tenglamani quyidagicha yozish kerak.

Bu tenglamalarning umumiy soni erkinlik darajasi soniga teng va bular birgalikda yechiladi. Yechim natijasida tebranish chastotasi, koordinatasi va koeffitsiyentlarning o'zaro bog'lanishlari haqida ma'lumotlar olish mumkin.

Tebranish chastotasi tebranish spektrlari orqali aniqlanadi, demak bundan dinamik koeffitsiyentni aniqlash mumkin. Molekulaning tebranish valent va deformatsion tebranishlarga bo'linadi.

Valent tebranishda bog'larning uzunligi o'zgaradi, valent burchagi esa o'zgarmaydi. Deformatsion tebranishda valent uzunligi o'zgarmaydi, valent burchaklari o'zgaradi. Shu tebranish hosil qilgan chastotalari – xarakterli chastota deyiladi - ω_{xar} bu bilan molekulaning dinamik koeffitsiyentini aniqlash mumkin.

Kombinatsion sochilish hodisasi ko'p atomli murakkab molekulalardagi tebranma va aylanma energetik sathlarni, molekulalarning tuzilishini o'rganishda keng qo'llaniladi. Masalan, neft mahsulotlarining (benzin, yog'lar) tarkibi ana shunday aniqlanadi.

Magnit momentlari noldan farqli bo'lgan atom yoki molekulalar (paramagnit moddaning atom va molekulalari)ning energetik sathlari tashqi magnit maydon ta'sirida bir necha sathchalarga ajraladi. *Zeeman ajralishi* deb yuritiladigan. Tashqi magnit maydon ta'sir qilmaganda ($H=0$) $l=0$, lekin m ning qiymatlari $-1,0$ va $+1$ bo'lgan uchala satrlarning qiymatlari aynan bir xil, ya'ni m bo'yicha aynish karraligi 3 ga teng. Lekin tashqi magnit maydon ta'sirida ($H \neq 0$) bu uch sathchalar ajraladi, ya'ni magnit kvant son m bo'yicha aynish yo'qoladi. Agar atom yuqoriroqdagi sathcha bilan xarakterlanuvchi holatga o'tsa, mazkur energetik sathchalar qiymatlarining farqi bilan aniqlanuvchi energiyali nurlanish chiqarilishi lozim. Aksincha, quyiyoq energetik sathcha bilan aniqlanuvchi holatdagi atom tashqi elektromagnit nurlanish ta'sirida yuqoriroq sathcha bilan xarakterlanuvchi holatga o'tadi. Bunday jarayon amalga oshishi uchun nurlanish kvantining energiyasi energetik sathchalar farqiga teng bo'lishi lozim, albatta. Bu yutilish *paramagnit rezonans hodisasi* deb ataladi.

Paramagnit rezonansni kuzatish qurilmasi elektromagnit va radioapparaturadan iborat. Tekshiriladigan jism elektromagnit qutblari (rasmda S_H va J deb belgilangan) orasidagi P rezonator ichiga joylashtiriladi. Klistronli generator (K) yordamida hosil qilinadigan nurlanish paramagnit jismga tushadi. Jismdan o'tgan nurlanish D detektor va RQ radioqurilma yordamida qayd qilinadi. Tajribalarni, odatda, monoxromatik nurlanish yordamida amalga oshiriladi, ya'ni, klistronli generator chiqarayotgan nurlanish chastotasi o'zgarmas saqlanadi. Magnit maydon esa, asta-sekin o'zgartirib boriladi. Magnit maydonning biror rezonans qiymatida paramagnit jismning nurlanish yutishi keskin ortib ketadi. Natijada paramagnit moddadan o'tib detektorga yetib kelayotgan nurlanish intensivligi keskin kamayadi (9.8-rasm). Paramagnit rezonans hodisasi 1944 yilda rus olimi Ye.K.Zaykovskiy tomonidan kashf qilindi. Moddaning magnit xususiyatlari uning strukturasi bilan uzviy bog'liq bo'lganligi uchun paramagnit rezonans usuli fizika va ximiyaning turli sohalaridagi ilmiy tekshirishlarda keng qo'llanilmoqda. Paramagnit rezonansning kashf etilishi olimlar qo'liga modda tuzilishini o'rganishda samarali tekshirish qurolini berdi.

Gibridizatsiya. Atom orbitalarining fazoviy strukturasi valent bog'lanish bilan birgalikdagi kombinatsiyasi ko'p hollarda molekula va molekulyar orbitallar strukturasi to'g'risidagi qanoatlanarli tasavvurlar hosil qilishga imkon beradi. Ammo kimyoviy birikma hosil qilishda atomning elektron qobiqlarida qayta qurish sodir bo'ladi va shuning uchun ximiyaviy birikmadagi atomning valent holati izolyatsiyalangan atomning holatidan farq qiladi. Ba'zan sezilarli darajada. Masalan, $1s^2, 2s^2, 2p^2$ konfiguratsiyaga ega bo'lgan uglerodning izolyatsiyalangan atomi ikki valentlidir. Ximiyaviy birikmalarda u xuddi 4 valentli atom kabi kirishadi va CH_4, CCl_4 va hokazo ko'rinishidagi birikmalar hosil qiladi. Bu shuni anglatadiki, uglerod atomidagi $2s$ va $2p$ holatlar energiyalari kam farq qiladi va kimyoviy birikma hosil qilishda bu holatlarning 4 valentli elektronlardan iborat superpozitsiyasini yuzaga keltiradi. Bu hodisaga orbitallarning gibridizatsiyasi deb yuritiladi.

Molekulalarda tebranma va aylanma harakat haqida tasavvur. Molekulalarning energetik holatlarini aniqlashda uchta fizikaviy omil mavjuddir:

Molekulalarning to'lig'icha aylanishi.

Molekula atomlarining bir-biriga nisbatan tebranma harakati.

Molekulaning elektron strukturasi o'zgarish.

Energiyaning aylanma sathlari orasidagi masofa juda kichik bo'lib, u 10^{-3} eV tartibga ega va bu holatlar o'rtasidagi o'tishlar to'liq uzunligi 0,1 mm dan 1 sm gacha bo'lgan nurlanishlarni generatsiya qiladi. Energiyaning tebranma sathlari orasidagi masofa taxminan ikki tartibga katta va

0,1 eV tartibga ega. Bu sathlar orasidagi o'tishlar 1 mkm dan 0,1 mm gacha bo'lgan to'liq uzunliklarga mos keladi. Valent elektronlar energiyalar sathlari orasidagi masofa bir necha eV ni tashkil qiladi va u spektrning ko'rish va UB qismlarining to'liq uzunliklariga mos keladi.

Frank-Kondon prinsipi. Molekulalarning tashqi elektronlari energiyasi sathlari o'rtasidagi masofa xuddi atomlarning elektron sathlari orasidagi tartib kabi bo'ladi va bir necha eV ni tashkil qiladi, bu energiyaning tebranma va aylanma sathlari orasidagi masofadan ko'p marta katta. Elektron sathlari orasidagi o'tishlar chastotasi spektrning ko'rish yoki UB qismida yotuvchi fotonlarning yutilishi yoki chiqarilishi bilan bog'langan. Elektron o'tishlar paytida elektron qobiqlarning konfiguratsiyasi o'zgaradi va demak, yadrolarning ham tebranma, ham aylanma harakatidagi yadrolar o'rtasidagi tortishish kuchi ham o'zgaradi. Shuning uchun, elektronli o'tishda molekulalarning aylanma-tebranma holati ham o'zgaradi va bitta chiziq o'rniga molekulaning aylanma-tebranma spektriga mos keluvchi chastotalar polosasi hosil bo'ladi. Shuning uchun molekulalar spektri polosali nomini olgan. O'z-o'zidan ma'lumki, chiqarish spektri haqidagi bu aytilganlarning hammasi yutilish spektriga ham tegishlidir. Elektron o'tishlar juda tez sodir bo'ladi va molekula tebranishi davrining juda kichik qismini egallaydi. Shuning uchun aytish mumkinki, elektronlar o'tish paytida molekula atomlari elektron o'tish momentida qayerda joylashgan bo'lsa, o'sha joylarda qo'zg'almasdan qoladi. Bu farazni Frank-Kondon prinsipi deb ataydilar. Bu prinsipdan foydalanish molekulalar spektrlarini tahlil qilishni sezilarli darajada soddalashtiradi.

Ikki atomli molekulalar holatlarini sistematikasi haqida ba'zi bir ma'lumotlar. Molekulalarning elektronli holatlari xuddi atomning elektron holatlariga o'xshash klassifikatsiyalanadi. Klassifikatsiya to'g'risida to'liq to'xtalib o'tirmasdan umumiy holda aksial simmetrik molekulalarning eng oddiy holatlarining ba'zi bir momentlarini ko'rsatib o'tamiz. Aksial simmetriya maydonida molekula o'qiga elektron impulsining yig'indi orbital momenti proyeksiyasi saqlanadi va molekulaning elektronli holatlarini bu proyeksiya modulining qiymati bo'yicha klassifikatsiya qilish mumkin, bunda h birlikda 0,1,2,3,4,... qiymatlarni qabul qiladi. Odatda, proyeksiya modulining sonli qiymatlarini ko'rsatish o'rniga bu holatlarni katta grek harflari bilan yozadilar: $\Sigma, \Pi, \Delta, \Phi, \Gamma, \dots$. Elektron holatlarni molekula o'qiga elektronlarning orbital momenti proyeksiyasi qiymatlaridan tashqari hamma elektronlarning yig'indi spini S bilan ham farqlaydilar. Spin-orbital o'zaro ta'sirni hisobga olmaganda energetik sathlar spin proyeksiyasiga bog'liq bo'lmaydi va aynigan hisoblanadi. Spin-orbital o'zaro ta'sirni hisobga olganda bu buzilish olib tashlanadi va $2S+1$ yaqin joylashgan energetik sathlar hosil bo'ladi. $2S+1$ soni elektron holatlarning multipletliligi deyiladi. Atom elektron holatlarini yozishga o'xshash kabi molekulalarning elektronli holatlari sathlarining multipletliligi holatning harf belgisining chap tomondan yuqori qismiga indeks bilan ko'rsatiladi. Masalan, $^1\Sigma$ va $^1\Pi$ ko'rsatadiki, mos holda $S=0$ va $L=0,1$. vodorod molekulasi asosiy holati $^1\Sigma$ hisoblanadi, $^3\Sigma$ ($S=1$ parallel spinlar) holatga o'tishda molekula atomlarga bo'linadi.

MUSTAHKAMLASH UCHUN SAVOLLAR:

1. Orbitalar gibridizatsiyasi nima?
2. Born-Oppengeymer yaqinlashishini tushuntiring.
3. Strukturani tasvirlashda valent bog'lanish usuli qanday amalga oshiriladi?
4. Yorug'likning kombinatsion sochilish hodisasi kimlar tomonidan kashf etilgan?
5. Molekulalarda tebranma va aylanma harakat haqida ma'lumot bering.

Adabiyotlar

1. Шпольский Э.В. Атомная физика, 1.1,2. – М.: Наука, 1984.
2. Матеев А.Н. Атомная физика. – М.: Высшая школа, 1989..
3. Сивухин Д.В. Курс общей физики. Т.5, Ч.1. – М.: Наука, 1988.
4. Наумов А.И. Физика атомного ядра и элементарных частиц. М.,1984.
5. Bekjonov R.B., Axmadxo'jayev B. Atom fizikasi. – Toshkent: O'qituvchi, 1979.
6. Милантьев. Атомная физика. – М.: Изд-во МГУ, 2000.
7. Г.Ахмедова, Ш.Оманов, У.Салихбаев "Атом физикаси", Абдулла Қодирий номидаги халқ мероси нашриёти Тошкент-2005.

8. S.X.Astanov, U.N.Islomov, N.N.Dalmuradova“Umumiy fizika” kursining “Kvant mexanikasi va atom fizikasi” bo‘limidan ma’ruza mavzularini mustaqil o‘rganish uchun, uslubiy ko‘rsatma, Buxoro – 2006, Ziyonet.uz.
- 9.Nasriddinov K.R., Parsoxonov A.G’., Mansurova M.Yu. “Atom fizikasi”, O‘quv qo‘llanma, Nizomiy nomidagi Toshkent Davlat pedagogika universiteti, Toshkent- 2006, Ziyonet.uz.
- 10.Qodirov M.J. “Kvant mexanikasi fanidan ma’ruzalar matni”, Qarchi Davlat universiteti, Qarshi -2009, Ziyonet.uz.
13. Mirjalilova M.A. Fizika va elektroikaning maxsus boblari (Kvant mexanikasi va qattiq jismlar fizikasi) 1-qism (O‘quv qo‘llanma), Toshkent, ToshDTU, 2009

«Atom fizikasi» fanidan amaliy mashg'ulotlar ishlanmasi

№	Dars davomida qaraladigan asosiy mavzular	Soat	Adabi yotlar
1.	Mumtoz atom fizikasi. Samarali kesim. Rezerford formulasi. Fotonning energiyasi va impuls. Yorug'liqning korpuskulyar xususiyatlari. Fotoelektrik va Kompton samarlari. Vodorod atomi uchun Bor nazariyasi. Rentgen nurlari spektrlari. Mozli qonuni. Mustaqil ishlashga doir masalalar.	4	[8-12]
2.	Kvant atom fizikasi. Mikrozarralarning to'lqin xususiyatlari. Aniqlik munosabatlari. Shryodenger tenglamasi. Statsionar holatlar. Masalalar yechishga doir misollar.	4	[8-12]
3.	Kvant atom fizikasi. Spektral chiziqlarning nozik strukturasi va tabiiy kengliklari. Shtern-Gerlax tajribalari. Elementlar elektron qobiqlari to'la borishining ideal sxemasi. Mustaqil ishlashga doir masalalar.	4	[8-12]
1	Atom yadrosining xususiyatlari. Yadro massasi, energiyasi, va ularni tajribada aniqlash uslublari. O'lchov birliklari, energiya va massa orasidagi bog'lanish. Masalalar yechish.	1	[1-3] [6] [12] [13]
2	Yadro bog'lanish energiyasi. Bog'lanish energiyasini aniqlash uslublari. Yarim-emperik formula. Masalalar yechish.	1	[1-3] [6] [12] [13]
3	Yadroning o'lchami, zichligi. Nuklonlar. Yadrolar spinlari, aniqlash va hisoblash uslublari. Masalalar yechish.	1	[1-3] [12] [13]
4	Yadrolarning magnit momentlari, tajriba aniqlash va hisoblash uslublari. Masalalar yechish.	1	[1-3] [12] [13]
5	Radiofaollik. Radiofaollik turlari va qonuniyatlari. Radiofaollik yemirilish qonuni. Radiofaollikni xarakterlovchi kattaliklar bilan orasidagi bog'lanish. Radiofaollik kechikish sabablari. Radiofaollikni aniqlash uslublari, birliklari. Masalalar yechish.	2	[1-3] [9] [12-13]
6	Alfa yemirilish. Alfa yarim yemirilish davrining alfa-zarra energiyasiga bog'liqligi. Emirilish nazariyasi. Masalalar yechish.	1	[1-3] [9] [12-13]
7	Beta-yemirilish. Gamma nurlanish. Tanlash qoidasi. Elektromagnit o'tishlarning bog'liqlik tamonlari. Ichki konversiya hodisasi. Masalalar yechish.	1	[1-6] [12-13]
8	Yadro modellari. Yadro modellarning yadro kvant xususiyatlarni aniqlashda qo'llanilishi. Masalalar yechish.	1	[1-3] [12-13]
9	Yadro reaksiyalari. Yadro reaksiyalarida saqlanish qonunlari. Bo'linish reaksiyasida energiya ajralishi. Bog'lanish shartlari va bo'linish reaksiyasi energiya manbai. Masalalar yechish.	2	[1-4] [11-13]
10	Elementar zarralar kvant sonlari va ularning saqlanishi. Masalalar yechish.	1	[1-3] [12-13]
	Jami:	24	

«Atom fizikasi» fanidan amaliy mashg'ulotlar ishlanmasi

1. De Broyl to'lqinlari faza tezligi V_f va guruh tezligi V_g o'rtasiga $V_g = V_f - \lambda \frac{dV_f}{d\lambda}$, shuningdek $V_g = v$ (v - zarraning harakat tezligi) tezliklarning o'rinli ekanligini isbotlang.

Yechish: de Broyl to'lqinlari guruh tezligi $V_g = \frac{d\omega}{dk}$

ko'rinishini o'zgartiramiz. Biz $\omega = 2\pi V, k = \frac{2\pi}{\lambda}$ ekanligini hisobga olib,

$$V_g = \frac{dV}{d(1/\lambda)} = -\lambda^2 \frac{dV}{d\lambda} \quad 1$$

deb yoza olamiz. Bu yerdan $\lambda = h/p$ bo'lgani uchun

$$d\lambda = -h \frac{dp}{p^2} \quad 2$$

bo'ladi. Energiyasi va impuls o'rtasida relyativistik bog'lanish

$$E^2 = E_0^2 + p^2 c^2 \quad (E_0 = m_0 c^2)$$

ni differensiallaymiz:

$$2EdE = 2pc^2 dp$$

Bundan

$$dE = \frac{Pc^2}{E} dP \quad 3$$

Kvant energiyasi $E = h\nu$ dan

$$dV = \frac{dE}{h} = \frac{Pc^2}{Eh} dP \quad 4$$

(4) va (2) ni (1) ga qo'yamiz:

$$V_g = -\lambda^2 \frac{dV}{d\lambda} = \frac{Pc^2}{E} = \frac{mVc^2}{mc^2} = V$$

bu yerda $V = \frac{dE}{dP}$ -zarraning harakat tezligi.

Faza tezligi $V_\phi = \omega/k$ bo'lgani uchun

$$V_g = \frac{d\omega}{dk} = \frac{d(V_\phi/\lambda)}{d(1/\lambda)} = V_f + \frac{1}{\lambda} \frac{dV_\phi}{d\lambda} (-\lambda^2) = V_f - \lambda \frac{dV_f}{d\lambda}$$

tenglik isbot etildi. Agar dispersiyalamovchi muhitda to'lqinlar tarqalsa, $V_f = \text{const}$, $\frac{dV_f}{d\lambda} = 0$

bo'ladi. Dispersiya mavjud bo'lmaydi hamda $v_g = v_f$ tengligi bajariladi.

2. Massasi 0,14 kg bo'lgan futbol to'pi zarb bilan tepilganda 50 m/s tezlikka erishsa, bu to'p harakati bilan bog'liq bo'lgan de Broil to'liqini uzunligi baholansin. Shuningdek $v=50\text{m/s}$ tezlik bilan harakat qilayotgan elektron uchun ham shunday to'liqin uzunligi hisoblansin.

Yechish: Zarra de Broil to'liqin uzunligi futbol to'pi uchun

$$\lambda = \frac{h}{mV} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}}{0,14 \text{ kg} \cdot 50 \text{ m/s}} 10^{10} \frac{\text{A}^0}{\text{m}} = 0,9 \cdot 10^{-24} \text{ A}^0$$

elektron uchun

$$\lambda = \frac{h}{mV} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}}{9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot 50 \text{ m/s}} 10^{10} \frac{\text{A}^0}{\text{m}} = 1,46 \cdot 10^5 \text{ A}^0$$

Bulardan ko'ramizki, bir xil tezlik bilan futbol to'pi va elektron harakat qilayapti deb faraz etilganda, makrojism hisoblangan futbol to'pi uchun λ shunchalik kichik kattalik hisoblanar ekanki, ularning qiymatini tajribada o'lchab bo'lmaslik darajada bo'lar ekan. Elektron uchun esa λ tajribada osonlikcha o'lchanishi mumkin bo'lgan qiymatga ega bo'lar ekan. Demak, bu tajriba to'liqin xossasining mikrozarralarga xos xususiyat ekanligini ko'rsatadi.

3. Atomlar dastada atomlarning tezliklar bo'yicha taqsimlanishi

$$f(U) = U^3 e^{-U^2}$$

formulasiga bo'ysunadi (bu yerda $U = \frac{V}{V_{\text{ax}}}$ -dastadagi atomlar tezligining manbada Maksvell taqsimoti bo'yicha eng ehtimolli tezlikka nisbati). Bu formuladan kelib chiqib,

(1) taqsimot fuktsiyasini de Broyl to'lqin uzunligi bo'yicha ifodalang;

Atomlar dastasi 300 K temperaturada joylashgan geliy

$$\frac{d\lambda}{dt} = -\frac{h}{mV^2} \frac{dV}{dt} \quad 1$$

protonning bo'ylama elektr maydoni ε da harakat tenglamasi

$$\frac{dV}{dt} = \frac{e}{m} \varepsilon \quad 2$$

Ko'rinishda bo'ladi. (2)ni (1) ga qo'yamiz:

$$\frac{d\lambda}{dt} = -\frac{h}{mV^2} \frac{e}{m} \varepsilon = -\frac{eh}{2mE_k} \varepsilon$$

$$\text{Demak, } \frac{d\lambda}{dt} = -\frac{eh}{2mE_k} \varepsilon$$

$$E_k = 10^3 \text{ eV} = 10^3 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 1,6 \cdot 10^{-16} \text{ J}$$

$$\begin{aligned} \frac{d\lambda}{dt} &= -\frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}}{2 \cdot 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot 1,6 \cdot 10^{-16} \text{ J}} \cdot 3 \cdot 10^5 \text{ V/m} = -\frac{19,8 \cdot 10^{-48} \text{ J} \cdot \text{s/m}}{3,34 \cdot 10^{-43} \text{ kg}} = \\ &= -5,93 \cdot 10^{-5} \text{ m/s} = -59,3 \text{ mkm/s} \end{aligned}$$

$$(1 \text{ mkm} = 10^{-6} \text{ m})$$

$$\frac{d\lambda}{dt} = -59,3 \text{ mkm/s}$$

4. Relyativistik elektron $U=49 \text{ kV}$ tezlatuvchi potensiallar farqidan o'tganda uning de Broyl to'lqin uzunligi nimaga teng bo'ladi?

Yechish: de Broyl to'lqin uzunligi $\lambda = \frac{h}{mV}$ ifodasida elektron relyativistik bo'lgani uchun uning massasi tezligi bo'yicha o'zgaruvchan bo'ladi:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - V^2/c^2}}$$

Shuning uchun

$$\lambda = \frac{h}{m_0 V} \sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}} \quad 1$$

Bu yerda λ ni hisoblash uchun elektron tezligini bilish kerak. Uni relyativistik elektron uchun U potensial maydonda energiyaning saqlanish qonunidan topamiz:

$$E_k = m_0 c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - V^2/c^2}} - 1 \right) = eU$$

Bundan

$$\sqrt{1 - V^2/c^2} = \frac{m_0 c^2}{m_0 c^2 + eU} \quad 2$$

(2) tenglikni har ikkala tomonini kvadratga ko'tarib v ni topamiz:

$$1 - \frac{V^2}{c^2} = \left(\frac{m_0 c^2}{m_0 c^2 + eU} \right)^2$$

$$v = c \frac{\sqrt{e^2 U^2 + 2m_0 c^2 eU}}{m_0 c^2 + eU} \quad 3$$

Endi (2), (3) ifodalarni (1) ga qo'yamiz:

$$\lambda = c \frac{h}{\sqrt{2m_0 eU(1 + \frac{eU}{m_0 c^2})}}$$

Elektron uchun $m_0 c^2 = 0,511 \text{ MeV} = 0,511 \cdot 10^6 \text{ eV}$, $eU = 49 \cdot 10 \text{ eV}$

$$\lambda = c \frac{hc}{2m_0 c^2 eU(1 + \frac{eU}{m_0 c^2})} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{\sqrt{2 \cdot 0,511 \cdot 10^6 \text{ eV} \cdot 49 \cdot 10^3 \text{ eV} (1 + \frac{49 \cdot 10^3 \text{ eV}}{2 \cdot 0,511 \cdot 10^6})}} =$$

$$= \frac{19,8 \cdot 10^{-26} \text{ Jm}}{\sqrt{5 \cdot 10^{10} (\text{eV})^2 (1 + 47,9 \cdot 10^{-3})}} \approx \frac{19,8 \cdot 10^{-26} \text{ Jm}}{2,24 \cdot 10^5 \text{ eV}} = \frac{19,8 \cdot 10^{-26} \text{ Jm}}{2,24 \cdot 10^5 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}} =$$

$$= \frac{19,8 \cdot 10^{-26} \text{ m}}{3,58 \cdot 10^{-14}} = 5,531 \cdot 10^{-12} \text{ m} = 0,055 \text{ \AA}$$

$$\lambda = 0,055 \text{ \AA}$$

5. To'g'ri chiziqli traektoriya bo'ylab harakat qiluvchi elektron koordinata-sini o'lchashda yo'l qo'yilgan aniqlik 10 \AA bo'lsa, uning a) impulsini, b) tezligini, v) kinetik energiyasini o'lchashdagi aniqliklar hisoblansin.

Yechish: Masala shartiga ko'ra $\Delta x = 10 \text{ \AA} = 10^{-9} \text{ m}$ bo'lgani uchun

$$\Delta p_x \approx \frac{\hbar}{\Delta x} = \frac{1,05 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}}{10^{-9} \text{ m}} = 1,05 \cdot 10^{-25} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

$$\Delta V_x = \frac{\Delta p_x}{m} = \frac{1,05 \cdot 10^{-25} \text{ kg} \cdot \text{m/s}}{9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}} = 1,15 \cdot 10^5 \text{ m/s}$$

$$v) E_k = \frac{(\Delta p_x)^2}{2m} = \frac{(1,05 \cdot 10^{-25})^2}{2 \cdot 9,11 \cdot 10^{-31}} \text{ J} = 6,02 \cdot 10^{-21} \text{ J} = 6,02 \cdot 6,25 \cdot 10^{-3} \text{ eV} = 37,6 \cdot 10^{-3} \text{ eV}$$

6. Uy temperaturasidagi tezlikka ega bo'lgan va massasi $m = 2 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ bo'lgan molekulaning holatini aniqlashda xatolik 10^{-10} m atrofida bo'lsa, uning impulsini aniqlashdagi xato, shuningdek nisbiy xato hisoblansin.

Yechish: Molekula impulsining aniqlashdagi xato

$$\Delta P_x \approx \frac{\hbar}{\Delta x} = \frac{1,05 \cdot 10^{-34}}{10^{-10}} \text{ kg} \cdot \text{m/s} = 1,05 \cdot 10^{-21} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

Uy temperaturasi ($T = 290 \text{ K}$) ga to'g'ri keluvchi o'rtacha tezlik

$$V_x = \sqrt{\frac{3kT}{m}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 290}{2 \cdot 10^{-27}}} \text{ m/s} = 2500 \text{ m/s}$$

bo'lgani uchun molekula impulsi

$$P_x = mV_x \cdot 2 \cdot 10^{-27} \cdot 2500 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = 5 \cdot 10^{-24} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

bo'ladi. Impulsni aniqlashdagi nisbiy xato esa

$$\frac{\Delta P_x}{P_x} = \frac{5 \cdot 10^{-24}}{1,05 \cdot 10^{-24}} \approx 5$$

Shunday qilib, molekulaning impulsini uning dastlabki qiymatidan 20% dan katta aniqlikda o'lchab bo'lmaydi.

7. Uyg'ongan holatda atomning yashash vaqti 10^{-8} s. Atom nurlangan vaqtda nurlanadigan foton energiyasidagi chetlanish (energetik satx kengligi) hisoblansin. Agar nurlanuvchi foton spektrning ko'zga ko'rinadigan qismiga mansub bo'lsa ($\lambda = 4000 \text{ \AA}$), spektral chiziqli kengligi qanday bo'ladi?

Yechish: Geyzenbergning koordinata va impuls aniqlash shartlari uchun munosabati atom energiyasiga va uning uyg'ongan holatda yashash vaqtiga ham xos bo'ladi:

$$\Delta E \Delta t \geq h$$

$$\Delta E \geq \frac{h}{\Delta t} = \frac{1,05 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}}{10^{-8} \text{ s}} = 1,05 \cdot 10^{-26} \text{ J} = 1,05 \cdot 6,25 \cdot 10^{-8} \text{ eV} = 6,6 \cdot 10^{-8} \text{ eV}$$

$$\Delta E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{19,86 \cdot 10^{-26} \text{ J}}{4 \cdot 10^{-7}} = 4,96 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 4,96 \cdot 25 \cdot 10^{-1} \text{ eV} = 3,1 \text{ eV}$$

8. Geyder-Marsden tajribasida α zarralar oqimi oltin atom yadrosidan elastik sochiladi. Agar α zarralar kinetik energiyasi 7.68 MeV bo'lsa, ularning oltin yadrosiga maksimal yaqinlashish masofasi hisoblansin.

Yechish: Oltin yadrosi zaryadi $q_2 = z_e = 79e$ ga α zarraniki esa $q_1 = 2e$ ga teng.

Berilgan holda to'qnashuv markaziy bo'ladi, yadroning kulon maydoniga kelib tushayotgan α zarralar $r = r_{\text{max}}$ masofaga yaqinlashgach to'xtaydi, shuning uchun bu masofaga α zarralar barcha kinetik energiyasi E_k yadro maydonidagi Kulon potentsial energiyasiga aylanadi.

$$E_k = q_1 \cdot q_2 / 4\pi\epsilon_0 r_{\text{max}} = U(r) |_{r=r_{\text{max}}}$$

Bundan

$$r_{\text{max}} = q_1 \cdot q_2 / 4\pi\epsilon_0 E_k = 2 \cdot 79 \cdot (1,6 \cdot 10^{-19})^2 \text{ K}^2 / 4 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m} \cdot 7,68 \cdot (1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J}) = 2,96 \cdot 10^{-14} \text{ m}$$

$$r_{\text{max}} = 2,96 \cdot 10^{-14} \text{ m}$$

Agar atom o'lchami 10^{-10} m ekanligini hisobga olsak, α zarralar atom ichiga ancha masofaga kirib borar ekan. Oltin yadrosining o'lchami taxminan 10^{-14} m atrofida deb hisoblasak, r_{max} atom radiusidan 10^4 marta kichik bo'lar ekan.

9. Natriy ($z_1 = 11, M_1 = 2,1 \cdot 10^{-2} \text{ kg/mol}$, $\rho = 9,3 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$) yadrosidan tashkil topgan nishon berilgan yo'nalishda $N_1 = 10^4$ ta α zarralarini sochib yuborayotgan bo'lsa, bu nishon natriy qalinligidagi oltin folgasi ($z_2 = 79, M_2 = 0,197 \text{ kg/mol}$, $\rho = 1,93 \cdot 10^4 \text{ kg/mol}$) ga almashtirilsa usha yo'nalishda sochilayotgan α zarralar soni qancha bo'ladi.

$$\text{Yechish: } \frac{\Delta N}{N} = n_1 \sigma_1 l_1, \frac{\Delta N_2}{N} = N_2 \sigma_2 d_1, d_1 = d_2$$

$$\sigma_1 = \pi b_1^2 = \pi \left(\frac{q_1 z_1 e}{4\pi\epsilon E_k} \right)^2 \cdot \text{ctg}^2 \frac{\theta_1}{2}$$

$$\sigma_2 = \pi b_2^2 = \pi \left(\frac{q_1 z_2 e}{4\pi\epsilon E_k} \right)^2 \cdot \text{ctg}^2 \frac{\theta_1}{2}, \text{ chunki } \theta_2 = \theta_1$$

$$\frac{\Delta N_2}{\Delta N_1} = \left(\frac{z_2}{z_1} \right)^2 \cdot \frac{n_2}{n_1} = \left(\frac{z_2}{z_1} \right)^2 \cdot \frac{\rho_2 M_1}{\rho_1 M_2} = \left(\frac{79}{11} \right)^2 \cdot \frac{1,93 \cdot 10^4 \cdot 2,3 \cdot 10^{-2}}{9,3 \cdot 10^3 \cdot 0,197} = 12,5$$

Demak oltin folgasi $\Delta N_2=12.5$ $\Delta N_1=1.25 \cdot 10^5$ ta α zarrani sochib

yuboradi.

$$\Delta N_2=1.25 \cdot 10^5$$

10. Protonlarning elastik sochilishini o'rganuvchi tajribalardan birida rux folgasi bir xil massali qalinkga ega bo'lgan kadmiy folgasiga almashtirilganda ko'zatilayotgan burchak entervalidagi sochilayotgan zarralar soni $K=1.15$ marta oshgan Kadmiyning yadro zaryadi aniqlansin.

Yechish: Oldingi masalada ko'rganimizdek,
$$\frac{\Delta N_2}{\Delta N_1} = \left(\frac{z_2}{z_1} \right)^2 \frac{\rho_2 d_2 M_1}{\rho_1 d_1 M_2} = k$$

Shartga ko'ra folgalar bir xil massali qalinlikga ega ya'ni $\rho_1 d_1 = \rho_2 d_2$. Molyar massalar o'rniga gramm atomlardagi massani qo'yamiz $\frac{M_1}{M_2} = \frac{A_1}{A_2}$

U holda $\left(\frac{z_2}{z_1} \right)^2 \frac{A_1}{A_2} = K$ bundan,

$$Z_2 = z_1 \sqrt{\frac{KA_2}{A_1}} = 30 \cdot \sqrt{\frac{1.5 \cdot 112.4}{65.37}} = 30 \cdot \sqrt{\frac{168.6}{65.3}} = 30 \cdot \sqrt{2.57} = 30 \cdot 1.60 = 48$$

$$Q_2 = z_2 e = 48e$$

11. Tezligi $1.3 \cdot 10^7$ m/c bo'lgan proton tinch turgan qo'rg'oshin atom yadrosining Kl maydonidan 90° burchakka sochilsa, unga mos nishon masofasi hisoblansin.

Javob: $B = 6.7 \cdot 10^{-14}$ m

12. Kinetik energiyasi 5 MeV bo'lgan α zarralar qalinligi 2 mk bo'lgan oltin folgadan 59° - 61° burchak entervalida sochilish ehtimoli topilsin.

Javob:
$$dp = nd \left(\frac{ze^2}{2Ek} \right)^2 \frac{\cos \frac{\theta}{2}}{\sin^3 \frac{\theta}{2}} \cdot \Delta \theta = 2.3 \cdot 10^{-5}$$

n-folganing 1 cm^2 sirtiga mos keluvchi yadrolar soni.

13. Oltin folgani bombardimon qiluvchi proton va α zarralar soni va kinetik energiyalari o'zaro teng bo'lsa, $\theta > 90^\circ$ burchakda sochiluvchi proton va α zarralarning o'zaro nisbati aniqlansin.

Javob:
$$\frac{\Delta N_p}{\Delta N_\alpha} = 0.25$$

14. Boshlang'ich momentda tinch turgan Li^6 yadrosi bilan energiyasi $E_\alpha = 0.2 \text{ MeV}$ bo'lgan α zarra markaziy to'qnashganda bu yadroga yaqinlashishning minimal masofasi hisoblansin.

Javob:
$$r_{\max} = \frac{2ze^2}{4\pi\epsilon Ek} = 4.3 \cdot 10^{-14} \text{ m}$$

15. Agar 4- masala shartida Na yadrosidan tashkil topgan nishon Na qalinligidagi oltin folgasiga emas, balki Na qalinligi 2 barobar kamaytirilsa, qolgan barcha shartlar amal qilganda berilgan yo`nalishda sochilayotgan α zarralar soni qancha bo`ladi?

Javob: $\frac{\Delta N_2}{\Delta N_1} = 6.25 \cdot 10^4$ zarralar soni. Yorug`likning korpuskulyar xususiyatlari.

16. α -zarralar bilan ishlaganda siklotronda olinadigan ion tokining kattaligi 15 mka. Shunday siklotronning ish unumi 1 gr radiydan necha marta ko`p?

Yechish: 1 gr radiy 1 sekda $3,7 \cdot 10^{10}$ α -zarra chiqaradi 15 mka lik tok 1 sekunddvgi $4,7 \cdot 10^{13}$ α -zarra oqimiga muvofiq keladi. Shunday qilib, mazkur siklotron 1 gr radiydan ming martadan ortiq maxsuldordir.

17. Energiyasi elektronning tinch energiyasiga teng bo`lgan fotonning to`lqin uzunligi va impulsi hisoblansin.

Yechish: Elektronning tinch energiyasi $\epsilon_0 = m_0 c^2$ formula bilan aniqlanadi. Bu yerda elektronning tinch massasi

$$m_0 = 9.108 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

$$E_{\text{fot}} = \epsilon_0 = m_0 c^2 = 9 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot 9 \cdot 10^{16} \text{ m}^2/\text{sek}^2 = 81 \cdot 10^{-15} \text{ j} =$$

$$= 81 \cdot 10^{15} \cdot 6.24 \cdot 10^{18} \text{ eV} = 0.511 \text{ MeV}$$

$$E_{\text{fot}} = \frac{hc}{\lambda_{\text{fot}}} \text{ bo`lgani uchun}$$

$$\lambda_{\text{fot}} = \frac{hc}{E_{\text{fot}}} = \frac{6.62 \cdot 3 \cdot 10^{-26} \text{ j} \cdot \text{m}}{81 \cdot 10^{-15} \text{ j}} = \frac{198.6}{81} \cdot 10^{-12} \text{ m} = 2.4 \cdot 10^{-12} \text{ m} = 0.024 \cdot 10^{-10} \text{ m} = 0.024 \text{ \AA}$$

$$\lambda_{\text{fot}} = 0.024 \text{ \AA} \text{ (bu yerda c yorug`lik tezligi)}$$

18. Elektron va foton kinetik energiyalari bir elektron Voltga teng bo`lsa, ularning har birining to`lqin uzunligi hisoblansin.

Yechish: Elektron kinetik energiyasi E_k uning impulsi orqali $E_k = \frac{P_{el}^2}{2m_0}$ ko`rinishda bog`langan. Agar $P_{el} = \frac{h}{\lambda_{el}}$ ekanligini hisobga olsak,

$$\frac{h^2}{2m_0 \lambda_{el}^2} = E_k \text{ bo`ladi. Bundan}$$

$$\lambda_{el} = \frac{h}{\sqrt{2m_0 E_k}} = \frac{6.62 \cdot 10^{-34} \text{ j} \cdot \text{c}}{\sqrt{2 \cdot 9 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ j}}} = \frac{6.62 \cdot 10^{-34}}{\sqrt{28.8 \cdot 10^{-50}}} \text{ m} = \frac{6.62 \cdot 10^{-34}}{5.36 \cdot 10^{-25}} \text{ m} = 1.23 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

Foton kinetik energiyasi $E_{\text{fot}} = h\nu = \frac{hc}{\lambda_{\text{fot}}}$ bo`lganidan,

$$\lambda_{\text{fot}} = \frac{hc}{E_{\text{fot}}} = \frac{19.86 \cdot 10^{-26} \text{ j} \cdot \text{m}}{1.6 \cdot 10^{-19} \text{ j}} = 1.24 \cdot 10^{-6} \text{ m} \quad \lambda_{\text{fot}} = 1.24 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

Demak, $\lambda_{\text{fot}} \approx 10^3 \lambda_{\text{el}}$ bo'lar ekan.

19. Foton energiyasi va to'lqin uzunligi orasidagi bog'lanish $\lambda = \alpha \frac{1}{E}$ ko'rinishda berilsa, hamda λ A⁰ larda, E esa elektron voltlarda hisoblansin, α koeffitsientning son qiymati topilsin.

$$\text{Yechish: } \alpha = \lambda E_{\text{fot}} = [m \cdot j] = 10^{10} \text{A}^0 \cdot 6.25 \cdot 10^{-18} \text{eV} = 6.25 \cdot 10^{28} \text{A}^0 \cdot \text{eV}$$

$$\alpha = 6.25 \cdot 10^{28} \text{A}^0 \cdot \text{eV}$$

20. Erkin relyativistik elektron energiyasini uning to'lqin uzunligi orqali ifodalaymiz. λ elektronning $E = 1.5 \text{MeV}$ bo'lgandagi qiymatini hisoblang.

Yechish: relyativistik elektron to'liq energiyasi E va impulsi P_{el} o'rtasidagi $E_{\text{el}}^2 = P_{\text{el}}^2 c^2 + m_0^2 c^4$ bog'lanishdan $P_{\text{el}} = \frac{1}{c} \sqrt{E^2 - m_0^2 c^4}$ ekanligini topamiz va

$$\lambda_{\text{el}} = \frac{h}{P_{\text{el}}} \text{ orqali}$$

$$\lambda_{\text{el}} = \frac{1986 \cdot 10^{-26} \text{ j} \cdot \text{m}}{\sqrt{(2.25 - 0.25) \text{MeV}}} = \frac{1986 \cdot 10^{-26} \cdot 6.24 \cdot 10^{12} \text{MeV} \cdot \text{m}}{1.41 \text{MeV}} = \frac{1.25}{1.41} \cdot 10^{-14} \text{m} = 0.9 \cdot 10^{-12} \text{m} = 0.009 \text{A}^0$$

21. Ideal gaz molekulasi o'rtacha issiqlik energiyasi qanday temperaturada to'lqin uzunligi 0.6 mk bo'lgan foton energiyasiga teng bo'ladi?

Yechish: Ideal gaz molekulasi o'rtacha issiqlik energiyasi

$$W_{\text{is}} = \frac{3}{2} kT, \quad k = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{J/K} - \text{Boltsman doimiysi.}$$

Foton energiyasi esa $E_{\text{fot}} = \frac{hc}{\lambda}$ bilan aniqlanadi va shartga ko'ra

$$\frac{3}{2} kT = \frac{hc}{\lambda} \text{ bundan } T = \frac{2hc}{3k\lambda} = \frac{2 \cdot 6.62 \cdot 10^{-34} \text{ j} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ m}}{3 \cdot 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ j} \cdot 6 \cdot 10^{-7} \text{ m}} k = \frac{13.24}{8.28} \cdot 10^4 \text{ K} = 1.6 \cdot 10^4 \text{ K}$$

$$T = 1.6 \cdot 10^4 \text{ K}$$

22. Yorug'likning monoxramatik parallel oqimi bu oqimga tik joylashgan kengligi $b = 5 \text{mk}$ bo'lgan top tirqish orqali o'tib ekranda difraksiyon panjara hosil qiladi. Agar difraksiyaning 1-minimumi $\alpha = 6^\circ$ burchak yo'nalishida hosil bo'lsa, fotonning energiya va impulsi aniqlansin.

Yechish: Difraksiya minimumi hosil bo'lish shartini yozamiz:

$$\sin \alpha_{\text{min}} = k \frac{\lambda}{b} \quad (\text{bu yerda } k = 1, 2, 3, \dots \text{ Difraksiya minimumlari tartibi}).$$

$$\text{Shartga ko'ra } k = 1, \alpha_{\text{min}} = 6^\circ$$

$$\lambda = b \sin \alpha_{\text{min}} = 5 \cdot 10^{-6} \cdot \sin 6^\circ$$

$$\text{Foton energiyasi } E_{\text{fot}} = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{5 \cdot 10^{-6} \cdot \sin 6^\circ} = 2.38 \text{eV}$$

$$\text{impulsi esa } P_{\text{fot}} = \frac{E_{\text{fot}}}{c} = 2.38 \text{ ev} / c$$

23. Nurlanish quvvati 1 volt bo'lgan monoxramatik manba $\lambda = 1 \text{ mk}$ har bir sekundda nechta foton nurlantiradi?

Yechish: N nurlanish quvvati bo'lgan manba har bir sekundda nurlantirayotgan fotonlar energiyasi $E_{\text{fot}} = nh\nu = n \frac{hc}{\lambda}$ orqali hisoblanadi.

$$N = \frac{E_{\text{fot}}}{t} = \frac{nhc}{\lambda t} \text{ bu yerda } n - \text{Fotonlar soni}$$

$$\text{Bundan } \frac{n}{t} = \frac{\lambda N}{hc} = \frac{10^{-6} \cdot 1 \text{ j} / c}{6.62 \cdot 10^{-34} \text{ j} \cdot c \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ m} / c} = \frac{10^{20} \text{ fot}}{19.86 c} = 5 \cdot 10^{18} \text{ fot} / c$$

24. Fotonga mos keladigan to'lqin uzunlik 0.16 A° bo'lsa, fotonning energiyasi va impulsi hisoblansin.

$$\text{Javob: } E_{\text{fot}} = 0.77 \text{ MeV} \quad P_{\text{fot}} = 0.77 \text{ MeV} / c$$

25. Elektron kinetik energiyasi to'lqin uzunligi $\lambda = 5200 \text{ A}^\circ$ bo'lgan foton energiyasiga teng bo'lishi uchun elektron qanday tezlik bilan harakat qilishi kerak?

$$\text{Javob: } v \approx 5 \cdot 10^5 \text{ m/s}$$

26. Relyativistik elektron kinetik energiyasini to'lqin uzunligi orqali ifodalang.

$$\text{Javob: } \lambda = \frac{hc\sqrt{1-\beta^2}}{m_0c^2(1-\sqrt{1-\beta^2})}, \quad \beta = \frac{v}{c}$$

27. Inson ko'zi to'lining sariq rangga sezgirligining chegaraviy qiymati $1.7 \cdot 10^{-18} \text{ volt}$ ni tashkil etsa, bu qiymat ko'z to'ridan har bir sekundda o'tayotgan qancha fotonlar soniga mos keladi?

$$\text{Javob: } 5 \text{ foton} / \text{sekund}$$

28. To'lqin uzunliklari 10 mk va 0.02 A° bo'lgan 1 erg energiyali nurlanish qancha fotonlar soniga ega bo'ladi?

$$\text{Javob: } 5 \cdot 10^{12} \text{ ta } 10^6$$

29. Parallel dastadagi to'lqin uzunligi $\lambda = 0.6 \text{ mk}$ bo'lgan qanday miqdordagi fotonlar soni $T = 300 \text{ K}$ temperaturadagi geliy atomi impulsi $|P|$ ga teng bo'lgan yigindi impulsiga ega bo'ladi?

$$\text{Javob: } n = \frac{\lambda}{\pi h} \sqrt{\frac{2mkT}{\pi}} = 7.6 \cdot 10^3$$

30. Pozitron bilan elektron birikib 2 ta foton xosil qiladi. 1) Elektron bilan pozitron to'qnashishiga qadar energiya hisobga olinmasa, paydo bo'lgan fotonlardan har birining energiyasi topilsin.

2) Bu fotonlarning to'lqin uzunligi topilsin.

$$\text{Javob: } 1) \text{ Xar bir fotonning energiyasi } T_0 = 0.5 \text{ MeV} \\ 2) \lambda = 0.024 \text{ A}^\circ$$

«Atom va yadro fizikasi» fanlaridan laboratoriya ishlari ishlanmasi

№	Laboratoriyalarning nomi va mazmuni. Laboratoriya darslarida aniqlanadigan fizik kattaliklar, ishning mazmuni.	Ajrat soat	Adabiyotlar
1	Fotonlar uchun noaniqlik munosabatini aniqlash.	8	[4] [18]
2	Optik pirometr yordamida Stefan-Bolsman doimiysini aniqlash.	8	[4] [18]
3	Fotoeffekt qonunlarini o'rganish. Fotoelementning sezgirligini aniqlash.	8	[4] [18]
4	Plank doimiysi va elektronning chiqish ishini aniqlash.	8	[4] [18]
5	Detektorning xususiyatini o'rganish. Ssinsillyatsion schyotchik-ning effektivligini aniqlash.	6	[14] [15]
6	Aktivlikni aniqlash. Ssintillyatsion schyotchik yordamida aktivlikni aniqlash	6	[13] [15]
7	Atrof-muhit radioaktivligini aniqlash. Atmosfera havosi radioaktiv fonini va atrof-muhit namunalarini radioaktivligini aniqlash.	4	[15] [17]
8	Yadroviy nurlanishlarning moddalar bilan ta'sirlashuvini o'rganish. Gamma-kvantlarning yutilish koeffitsiyentini aniqlash. KKK 1-01A radiometri yordamida qattiq, suyuq va parashok holdagi beta aktiv izotoplarning kontentrasiyasini aniqlash.	4	[15] [17] [14]
9	Yemirilish qonuniyatlarini o'rganish. Uzoq yashovchi radioaktiv nuklidlarning aktivligini va yarim yemirilish davrini topish.	4	[16] [17]
10	Tabiat namunalarining beta aktivligini aniqlash.	4	[17]
11	Gaz razryadli hisoblagichlar xususiyatlarini o'rganish. O'ziuchar schyotchikning o'lik vaqtini aniqlash.	4	[15] [17]
	JAMI:	64	

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI
ALISHER NAVOIY NOMIDAGI SAMARQAND
DAVLAT UNIVERSITETI

FIZIKA FAKULTETI
YADRO FIZIKASI KAFEDRASI

ATOM FIZIKA KURSIDAN LABORATORIYA VA MUSTAQIL ISHLARNI BAJARISH UCHUN
USLUBIY KO'RSATMA

MAVZU: «FOTOEFFEKT QONUNLARINI O'RGANISH. FOTOELEMENTNING SEZGIRLIGINI
ANIQLASH»

№1

Tuzuvchi:

dots. Sh.Omanov

Fizika fakulteti
o'quv-uslubiy kengashi
tomonidan tasdiqlangan

Taqrizchilar:

dots.Sh.X.Xushmurodov
dots. I.Suvanov

SAMARQAND – 2010

«FOTOEFFEKT QONUNLARINI O'RGANISH. FOTOELEMENTNING SEZGIRLIGINI ANIQLASH»

I. Kerakli asboblari:

Selenli fotoelement;
Mikroampermetr;
Fotometriya qonuniyatlarini o'rganuvchi asbob;
Tok manbai;
Voltmetr;
Ulagich simlar;

II. Ishning maqsadi:

Fotoeffekt xodisasi va uning qonuniyatlarini o'rganish.
Fotoelement sezgirligini aniqlash.

Ish haqida nazariy ma'lumotlar va qurilmaning tasviri.

Yorug'lik kvanti modda atomi bilan to'qnashganda, shu atomdan elektronni urib chiqarishi mumkin. Bunday yo'l bilan chiqarilgan elektron erkin bo'lib qoladi. Bunday elektronlarga fotoelektronlar ham deyiladi.

Yorug'lik kvanti ta'sirida atomdan elektronni urib chiqarish xodisasiga fotoelektrik xodisasi deyiladi. Fotoeffekt xodisasi elektr va optik xodisalar o'rtasida o'zaro bog'lanish mavjudligidan kelib chiqadi. Hosil bo'lgan fotoelektronni va shu modda o'rtasida bo'ladigan o'zaro ta'sirga qarab, fotoeffektni quyidagicha turlarga bulish mumkin:

Urish chiqargan fotoelektron modda atomidan ajralsa-yu, shu moddani to'liq tashlab chiqib ketmasa, bunday xodisaga ichki fotoeffekt deyiladi (kristallik fotoelement).

Agar urib chiqarilgan fotoelektron atomidan ajralishi bilan bir vaktida, shu modda sirtidan tuliq uzilib chiqsa, bunday xodisaga tashqi fotoeffekt deyiladi. (gaz tuldirilgan shisha balonli fotoelementlar).

Agar fotoelektron atomdan ajralsa-yu, ammo shu modda bilan chegaradosh qo'shni moddaga utsa, bunday fotoeffekt berkituvchi (ta'qiqlovchi) qatlamli fotoeffekt deyiladi. (fotoeffekt zapirayushim sloym). Bunday fotoeffekt xodisasi qattiq xoldagi yarim o'tkazgichlarda, suyuq elektrolit qatlamlarida yuz berishi mumkin.

Fotoeffekt xodisasini ifodalaydigan asosiy tenglama energiyaning saqlanish qonuniga asoslanadi. Bu tenglama bevosita modda atomi bilan tuqnashadigan yorug'lik kvanti energiyasi ($E=h\nu$) bilan atomdan urib chiqarilgan elektroni chiqish ishi A va shu fotoelektorning olgan kinetik energiyasi $\frac{mv^2}{2}$ orasidagi bog'lanishni belgilaydi.

Tenglama quyidagi ko'rinishda bo'ladi

$$h\nu = A + \frac{mv^2}{2} \quad (1)$$

bu yerda

h - Plank doimiysi bo'lib, $h=6,210^{-34}$ Js;
 ν -tushadigan yorug'lik nurining chastotasi;
 A -elektronning chiqish ishi;
 m -elektronning massasi;

v -fotoelektronning olgan maksimal tezligi.

Fotoeffekt xodisasiga asoslanib ishlaydigan asbobga fotoelement deyiladi. Fotoelementlar o'zlarining tuzilishi va ishlatilishidan ko'zda tutilgan maqsadiga qarab turlicha bo'lishi mumkin. Tashqi fotoeffekt xodisasiga asoslanib ishlaydigan fotoelementlarga vakumli yoki gaz bilan to'ldirilgan fotoelementlar deyiladi.

Berkituvchi qatlamga ega bo'lgan fotoelementlar ham mavjud bo'lib, bunda yarim o'tkazgich moddalardan foydalaniladi. Xuddi shunday fotoelementga selenli fotoelement misol bo'la oladi.

Selenli fotoelementda temir plastinkasi M-ning sirti selen qatlam A bilan qoplangan bo'ladi. Buning sirtidan esa yarim tiniq oltin yoki boshqa modda S-yupqa qatlam surtiladi. Selen va oltin qatlamlari chegarasida biriktiruvchi V-qatlam xosil bo'ladi.

Agar oltin qatlami temir plastinka orqali galvonometrqa ulangan bo'lsa, selen qatlamiga yorug'lik kvantlari kelib tushishi natijasida selen atomlaridan fotoelektronlarni urib chiqarish kuzatiladi.

Bu elektronlar berkituvchi qatlam orqali oltin qatlamiga o'tishi mumkin. (1-rasm). Buning natijasi Galvonometr elektr zanjirida tok paydo bo'lganligini qayd qiladi. Bu tokka fototok deyiladi. Bunday fototokning xosil bo'lishining xarakterli xususiyati shundaki, elektron (fotoelektron)lar faqat bir tomonga (selen--oltin) tomonga xarakati uchun qatlam yopiq xisoblanadi. Shu sababga ko'ra bu qatlam berkituvchi (ta'qiqlovchi) qatlam deyiladi. Bunday fotoelementlar yordamida yorug'likning nurlanishi energiyasini to'g'ridan-to'g'ri elektr toki energiyasi ko'rinishiga o'tkaziladi.

FOTOELEMENT SEZGIRLIGINI ANIQLASH

Fotoelementning sezgirligi γ deb, fotoelementda xosil bo'ladigan fototok i ning kattaligining fotoelementga tushadigan yorug'lik oqimi Φ ga bo'lgan nisbatiga aytiladi.

$$\gamma = \frac{i}{\Phi} \quad (2)$$

formuladagi yorug'lik oqimi, $\Phi = ES$ ekanligidan foydalanamiz, E-yoritilganlik, S-yorug'lik tushadigan yuza. Yoritilganlik qonuniyatiga ko'ra

$$E = \frac{J}{r^2} \quad \text{ga teng bo'ladi.}$$

Agar yorug'lik okimi fotoelement yuzasiga normal bo'yicha tushadigan bo'lsa, (2) formulani quyidagicha ko'rinishda yozamiz:

$$\gamma = \frac{i}{\Phi} = \frac{i}{ES} = \frac{ir_0^2}{J \cdot S} \quad (2a)$$

Bu yerda

J- yorug'lik manbaining yorug'lik kuchi hisoblanadi;

r_0 - yorug'lik manbai bilan fotoelement orasidagi masofa;

S- fotoelementni yorug'likka sezgir bo'lgan qismining yuzasidir. Bu yuz kattaligini fragmani o'gartirish bilan turlicha qilish mumkin. Demak, S ni diafragma diametri orqali ifodalash mumkin, ya'ni:

$$\text{Diafragma diametri. } D=2sm; \quad S = \frac{\pi D^2}{4}$$

Bundan foydalanib (2) formulani quyidagicha ko'rinishda ifodalaymiz:

$$\gamma = \frac{4 ir_0^2}{J \pi D^2} \left(\frac{mkA}{kd} \right) \quad (3)$$

formula fotoelement sezgirligini tajribada aniqlashga imkon beradi.

O'LCHASH VA HISOBLASH ISHLARINI BAJARISH

Ishni bajarishdan oldin fotometriya qonunlarini o'rganuvchi asbob tuzilishi bilan qisqacha tanishib o'tmoq lozim.

Asbob gorizontall taglikka (stolik) o'rnatilgan, ochilish va (yopilish) imkoniyatiga ega bo'lgan plastmassa trubkadan iborat. Bu trubkaning chap tomonida, aloxida bo'lgan qismida selenli fotoelement o'rnatilgan. Bu fotoelementning ikkita qutbiga ulangan simlar orqali ikkita kontakt chiqarilgan bo'ladi. Ishni bajarish vaqtida shu ikki kantaklar juda mikroampermetrga ulanadi

Ochilib yopiladigan plastmassa trubkaning ichiga yorug'lik manbai sifatida elektr lampochkasi o'rnatilgan bo'ladi. Bu lampochkani trubka uzunligi chegarasida har tomonga siljitish mumkin. Bunday yorug'lik manbaini fotoelementdan turli xil uzoqliklarga o'rnatish. Fotoelement

yoritilishining masofaga bog'lanish qonuniyatlarini o'rganishga imkon beradi. Fotoelement bilan yorug'lik manbai orasidagi masofaning o'zgarishlari plastmassali trubka ostiga o'rnatilgan va santimetrli shkalaga bo'lingan qismidan aniqlab olinadi. Asbobda o'tkaziladigan barcha tajribalarni bajarishda xonani qorong'i qilishga ehtiyoj yo'q. Chunki shu plastmassali trubka tashqi tushadigan yorug'liklardan fotoelementni ishonchli himoya qila oladi. Shu sababli tashqi yorug'lik tushib turganida ham tajriba o'tkazish mumkin.

ISHNI BAJARISH TARTIBI

Yorug'lik manbai tok manbaiga ulanadi, unga ma'lum bir kuchlanish beriladi. Shu kuchlanishda yonadigan lampochkaning yorug'lik kuchi aniqlanadi. (laborant yoki o'qituvchi tomonidan aytiladi).

Fotoelement bilan yorug'lik manbaio'zaro ma'lum birmasofaga urnatiladi. Masofa shunday tanlanishi kerakki, mikroampermetr strelkali shkalasining yarmidan ko'prog'iga og'adigan bo'lsin.

Mikroampermetr strelkasiga qarab fototok kattaligi lampochka bilan fotoelement orasidagi r_0 -masofa aniqlab olinadi.

Fotoelement diafragmasining diametri D o'lchab olinadi. ($D=2sm$).

Fotoelement bilan lampochka orasidagi masofani juda ozgina bir necha millimetrdan-santimetrgacha uzgartirib, i va r_0 lar 5-7 marta takroriy aniqlanadi.

Olingan natijalar (3) formulaga quyiladi va har bir r_0 ham da i -ning qiymatlariga mos keladigan γ -qiymatlari hisoblab topiladi. Olingan natijalarning barchasi quyidagi jadvalga yoziladi.

№	I_0 (MA)	r_0 (sm)	$\gamma, \left(\frac{mkA}{kd} \right)$	$\Delta\gamma$	$\Delta\gamma$	$\Delta\gamma=\gamma\pm\Delta\gamma\cdot\tau$
1.						
2.						
3.						
4.						

γ - ning o'rtacha qiymati.

TAKRORLASH UCHUN SAVOLLAR

Fotoeffekt xodisasining ochilishi va uning qonuniyatlari haqida gapiring.

Fotoeffekt xodisasini nima sababga ko'ra yorug'likning tulkin tabiatiga ko'ra tushuntirib bulmaydi?

Elektronlar chikish ishining fizik mohiyatini tushuntiring.

Fotoeffektning kizil chegarasini tushuntiring.

Ichki va tashki fotoeffektrlarning o'zaro farki haqida gapiring.

Fotorezistor, fotoelektrlarda bo'ladigan xodisalarni tushuntiring.

Fotoeffekt uchun Eynshteyn formulasi va uning tadbiklari haqida.

Ishning bajarilish tartibini tushuntiring.

ADABIYOTLAR

Майсова Н.Н., Практикум по курсу общей физики.-Ростов, Росвузиздат, 1963.-с.331-337.

Шпольский Э.В. Атом физикаси, I том,-Тошкент, Укитувчи, -1974.-с.374-380.

Рипкин С.М. Фотоэлектрические явления в полупроводниках. М.,1963.

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI
ALISHER NAVOIY NOMIDAGI SAMARQAND
DAVLAT UNIVERSITETI

FIZIKA FAKULTETI

YADRO FIZIKASI KAFEDRASI

ATOM FIZIKA KURSIDAN LABORATORIYA VA MUSTAKIL ISHLARNI BAJARISH UCHUN
USLUBIY KO'RSATMA

MAVZU: «OPTIK PIROMETR YORDAMIDA CTEFAN - BOLSMAN
DOIMIYSINI ANIQLASH»

№2

Tuzuvchi: dots.Sh.Omanov

Fizika fakulteti
o'quv-uslubiy kengashi
tomonidan tasdiqlangan

Taqrizchilar: dos.G.Axmedova

SAMARQAND – 2010

Kerakli asboblari:

Optik pirometr.
Qizdiriladigan nixrom sim.
Transformator (pasaytiruvchi)
Voltmetr.
Ampermetr.
Reostat.

Ishning maqsadi: 1. Temperaturali nurlanish qonunlari bilan tanishish
2. Stefan - Bolsman doimiylikini aniqlash.

Ishni bajarishga doir nazariy ma'lumotlar

Barcha jismlar qizdirilgan holatda nurlanish orqali energiya chiqaradi. Qizdirish temperaturasi ortishi bilan nurlanish energiyasi intensivligi oshib boradi. Temperatura ortishiga bog'liq ravishda sodir bo'ladigan nurlanishlarga temperaturali nurlanishlar deyiladi.

Barcha qizdirish natijasida chug'langan qattiq yoki suyuq xolatdagi jismlarning nurlanishi tufayli chiqargan spektri tutash (yalpi) spektrdan iborat bo'ladi. Ammo spektrda chiqargan nurlanishning to'liq uzunligini har bir soxasida nurlanish temperaturasi bog'liq bo'ladi. Temperatura 600-700°S da va undan yuqoriroq bo'lganda chiqargan spektr qizil va infrakizil sohalariga mos keladi. Temperaturani yanada oshirish natijasida nurlanish energiyasining ko'pgina qismi, spektrning ko'rinish sohasiga mos keladi va natijada oqarganroq ko'rinishga o'ta boshlaydi.

Demak nurlanish spektrida turli xil ranglarga mos keluvchi to'liq uzunliklari orasida energiyaning turlicha taksimlanganligini ko'ramiz. Agar jisimga energiya nurlanish natijasida kelib tushsa, bu energiyaning bir qismi jism tamonidan yutiladi. Nurlanishda qizdirilgan jism tamonidan yutiladi. Nurlanishda qizdirilgan jism muvozanat holatini olganida uning temperaturasi uzgarmay koladi. Chunki qizdirishdan olgan energiya bilan nurlanish natijasida yo'qotgan energiyasi bilan muvozanatlashadi. Agar qizdirish uchun energiyani oshirsak yana qandaydir yuqoriroq temperaturada qizdirilgan jism muvozanat holatiga o'tadi.

Qizdirilgan jismning nurlanish qobiliyati uning integral va monoxramatik nurlanishlarning intensivligini karakterlaydi. Integral nurlanish intensivligi deganda son jihatdan, yuza birligidan chiquvchi nurlanishlar oqimining energiyasiga teng bo'lgan fizik kattalik tushuniladi, ya'ni

$$R(T) = \frac{\Phi(T)}{S} \quad (1)$$

Bu yerda $R(T)$ – integral nurlanishlar intensivligi

$\Phi(T)$ -nurlanish energiya oqimi, ya'ni qizdirilgan jismin 1 sekundda nurlatgan energiya miqdori, bu energiya oqimi qizdirilgan jismning tabiatiga va uning temperaturasi T ga bog'liq bo'ladi. S – qizdirilgan jismning nurl chiqaruvchi yuzasi. Monoxramatik nurlanishlar uchun intensivlik $R(\lambda, T)$ esa son jihatidan quyidagicha karakterlanadi. funksiya miqdori

$$R(\lambda, T) = \frac{d\Phi(\lambda, T)}{d\lambda} \cdot \frac{1}{S} \quad (2)$$

$d\Phi(\lambda, T)$ – kattalik T temperaturada to'liq uzunligi λ dan $\lambda+d\lambda$ gacha bo'lgan chegarasiga mos keladigan nurlanish energiyasining oqimidir. $R(\lambda, T)$ funksiya nurlanuvchi jismning tabiatiga uning temperaturasi va chiqargan nurlanishning to'liq uzunligiga bog'liq bo'ladi. Integral va monoxramatik nurlanishlarning intensivligi o'zaro quyidagicha bog'lanishda bo'ladi.

$$R(T) = \int_{m=0}^{m=\infty} R(\lambda, T) d\lambda$$

Jismlarning nur yuta olish qobiliyatini harakterlovchi koeffisientni onohramatik nurlarni yutish uchun quyidagicha belgilaymiz. (λ, T) – bu nurlanish oqimi energiyasining qanday monoxromatik qismi yutilganligini harakterlaydi.

Bu kattalik ham tushadigan nurlanishlarning to'liq uzunligiga uning temperaturasi bog'liq bo'ladi. Barcha jismlar uchun bo'ladi. Demak, barcha jismlar uchun monohramatik nurlanishlarni yutish qobiliyati birdan kichik bo'ladi.

Tabiatda absalyut qora jism yo'q, ammo shunga yaqin qora jismlar bor masalan, qora, kuya, qora «teshik». Absalyut qora jismga yaqin bo'lgan moddani (jismlarni) sun'iy hosil qilish mumkin. Ammo tabiatda $d(\lambda, T)=1$ bo'lgan jismlar bor deb tasavvur qiladigan bo'lsak, bunday jismlarga absalyut qora jismlar deyiladi.

Bir xil sharoitda bo'lishiga qaramasdan, turli xil jismlar uchun nur chiqarish va nur yutish qobiliyatlari turlicha bo'lishlari mumkin. Ammo berilgan temperatura ma'lum to'liq uzunligidagi nurlanish, nurlanishlar uchun barcha jismlarda nur chiqarish qobiliyatining, nur yutish qobiliyatiga bo'lgan nisbati bir xilda bo'ladi. Bunga temperaturali nurlanuvchi jismlar uchun Kirxgof qonuni deyiladi.

$$\frac{R(\lambda, T)}{a(\lambda, T)} = f(\lambda, T) \quad (4)$$

Bu yerda $f(\lambda, T)$ - kattalik Kirxgof funksiyasi deyiladi, bu funksiya barcha jismlar uchun bir xilda bo'ladi Kirxgof qonuni absalyut qora jism uchun $R(\lambda, T) = R_0(\lambda, T)$ va $a(\lambda, T) = 1$ deb olsak. (4) formulamiz quyidagicha bo'ladi.

$$\frac{R_0(\lambda, T)}{1} = f(\lambda, T)$$

Demak, Kirxgof funksiyasi son jihatdan absalyut qora jismlar monoxromatik nurlanishlarning intensivligiga teng bo'ladi. Shunga ko'ra, quyidagini hosil qilamiz.

$$\frac{R(\lambda, T)}{a(\lambda, T)} = f(\lambda, T)$$

Kvant nazariyasiga asoslariga Plank $R_0(\lambda, T)$ funksiyaning analitik ko'rinishini chiqarishga muvofiq bo'ladi. Bu ko'rinish quyidagicha ifodalanadi

$$R_0(\lambda, T) = \frac{C_1}{\lambda^5} \left(l^{\frac{C_2}{\lambda T}} - 1 \right)^{-1} \quad (6)$$

Bu yerda $S_1 = 3,74 \cdot 10$ (egr sm)/sek

$S_2 = 1,438$ sm.grad

l = natural logorifmning asosi:

Plak funksiyasini (6) formuladan barcha nurlanish chegarasidagi to'liq uzunliklari (spektr) sohasi bo'yicha integrallash natijasida quyidagi hosil qilinadi.

$$R_0(T) = \int_{\lambda=0}^{\lambda_0=\infty} R(\lambda, T) d\lambda = \sigma T^4 \quad (7)$$

Bu Stefen – Bolsman qonuni deyiladi, ya'ni

$$R_0(T) = \sigma T^4$$

Absalyut qora jism uchun nurlanishlarning barcha to'liq uzunliklari uchun yig'indi quvvati 1 sekunda 1 m^2 yuzaga to'g'ri keladigan qismi, temperaturaning to'rtinchi darajasiga to'g'ri proporsional bo'ladi.

Bu yerda, σ - Stefan – Bolsman doimiysi.

$$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Wt/m}^2\text{K}^4$$

ga teng bo'ladi. Plank funksiyasi (6) λ - ga nisbatan xosila olsak va uni nolga tenglashtirib olinsa u xolda Vinning birinchi qonuni hosil bo'ladi.

$$T=2000^\circ\text{K}; P. T=1600^\circ\text{K}; \text{ Sh. } T=1200^\circ\text{K}; \text{ IU. } T=800^\circ\text{K}$$

Bu qonunga ko'ra to'lqin uzunligining maksimal qiymati absolyut qora jism uchun monoxramatik nurlanishlarning maksimal qiymatiga to'g'ri va absolyut qora jism temperaturasi teskari proporsional bo'ladi.

$$\lambda_{\max} = \frac{C}{T} \quad (8)$$

S' – doimiy qiymat bo'lib, $=0,2897 \text{ sm/grad}$. (8) dagi λ_{\max} ni (6) formuladagi λ o'rniga qo'yib quyidagini hosil qilamiz.

$$R(\lambda, T)_{\max} = C^4 T^5 \quad (9)$$

$$\text{Bu yerda } S^4 = 1,2810 \text{ (egr/sm}^3\text{K}^5\text{)}$$

(9) formula Vintning ikkinchi qonuni ifodalanadi. Monoxramatik nurlanuvchi absolyut qora jism uchun maksimal nurlanishlar intensivligi $R_0(\lambda, T)$ – absolyut temperaturaning beshinchi darajasiga to'g'ri proporsional bo'ladi.

Ishni bajarish tartibi

Stefan – Bolsman qonuni (7) dan $R(T) = \sigma T^4$

Bu yerda, T – absolyut temperatura

$R(T)$ – yig'indi nurlanish quvvati

σ - Stefan – Bolsman doimiyligi bo'lib, o'zgarmas kattalikdir.

Agar nurlanishlar temperaturasi T bo'lgan muhitda sodir bo'lsa bu nurlanishga sarflangan issiqlik miqdori:

$$\theta = \sigma(T^4 - T_0^4) \quad (10)$$

Bu yerda, T_0 – qizdirishdan oldingi absolyut temperatura,

T – nurlanish paytidagi absolyut temperatura.

Berilgan sharoitda nurlanishning tabiati va nurlanish tufayli qizdirilgan jism tamonidan chiqarilgan energiya jismning qanday temperaturada qizdirilganiga bog'liq bo'ladi. Shu tufayli berilgan ishda qizdirilgan jismning temperaturasi bilib olish muhim ahamiyatga ega.

Berilgan ishda qizdirilgan jismning temperaturasi o'lchash uchun optik pirometrdan foydalaniladi. Bunday optik pirometrlar boshqa ko'p maqsadlarda ham ishlatiladi. Temperaturani o'lchash chegaralari, chegarasi $700 - 800^\circ\text{S}$ dir. Bunday optik pirometrlarning kuzatish trubasi va trubaga qo'yilgan linza, fokus masofasida o'rnatilgan, qizdiriladigan tolasi bo'lgan etalon L lampochkadan iborat bo'ladi P kuzatish trubasi qizdirilgan nixrom tolaga (simga) to'g'rilanadi, obyektivdagi linza orqali qizdirilgan tola (sirtmoq shaklida) ga tushiriladi. Kuzatuvchiga O_2 – okulyar trubadagi l_2 linza yordamida tola va Ni qizdirilgan sim tolasi kattalashtirilib ko'rsatiladi.

P–piometr lampochkasi to'g'rilagich orqali energiya bilan ta'minlanadi. Bu tolaning qizdirish darajasi (temperaturasi) D reostat orqali boshqarilib turiladi. Reostat yordamida piometrda, lampochkaning yoritilishini sekinlik bilan oshirish yoki kamaytirish mumkin.

Ni tola esa boshqa manba bilan bizning ishimiz LATR va TRANSFORMATOR qo'llanilgan qizdirilishi, undan o'tadigan tok esa reostat R orqali boshqarilishi mumkin. Ni toladan o'tadigan tok A ampermetr bilan, unig uchlaridagi kuchlanish voltmeter bilan o'lchanadi. Piometrda D va nixrom tola bilan tutashtirilgan U reostatlar yordamida, nixrom tola bilan, piometr lampochkasidagi sirtmoq tolasining ravshanligini moslashtirib olish mumkin. Bu toladan chiqadigan nurlardan monoxramatik nur olib kuzatish maqsadida O_2 okulyar trubasiga SK – qizil filtr qo'yilgan. Piometr etalon lampochkasidagi sirtmoq tola temperaturasi qilchash maqsadida bu lampaga paralell temperaturalar bo'yicha gradirovka qilingan (bevosita Selziy shkalasi bo'yicha) termometr vazifasini bajaruvchi o'lchagich asbob V_T ulangan bo'ladi. Ni nixrom tolani temperaturasi, shu tariqa optik etalon lampochkasi sirtmoq tola bilan ravshanligini bir xil darajaga keltirib olib, o'lchov asbobidan Ni tolaning qizigan temperaturasi yozib olishimiz mumkin.

Ishimizdan maqsad Stefan – Bolsman doimiymini aniqlash bo'lganligi tufayli Ni tolaning temperaturasi bilsak, (7) formuladagi T ni bilgan bo'lamiz. T_0 – qizdirishdan oldingi uy temperaturasi mos keladi. 2a. – rasmdagi o'lchash sxemasiga ko'ra Ni nixrom toladan o'tadigan J tok va uning uchlaridagi kuchlanish ampermetr va voltmeter yordamida o'lchab olinadi.

Qizdirilgan Ni toladan nurlanadigan energiyaning vaqt birligiga to'g'ri keladigan quvvati.

$$Q = JUt \text{ quvvat } N = JU \text{ bo'ladi. } Q = NT$$

Qizdirilgan tolaning yuza birligidan vaqt birligida ajraladigan energiya:

$$Q = \frac{JUt}{S}, \text{ bundan } Q = \frac{JU}{S}$$

Bu formula bilan (10) ni taqqoslasak,

$$JU = \sigma S(T^4 - T_0^4)$$

ni hosil qilamiz.

S – qizdirilgan nixrom tolasining nurlanadigan yon sirtidir.

$$\sigma = \frac{JU}{S(T^4 - T_0^4)} \quad (11)$$

Takrorlash uchun savollar

1. Qanday nurlanishlar temperaturali nurlanishlar deyiladi.
2. Temperaturali nurlanishlar qonunlarini ayting.
3. Atomda temperaturali nurlanishlar va rentgen nurlanishlarining hosil bo'lish mexanizmini tushunring.
4. Asolyut qora jism haqida tushuncha bering. Optik nurlanishlarning hosil bo'lgan mexanizmini tushunring.
5. Ishni bajarish tartibini gapirib bering.

Adabiyotlar

1. Майцова Н.Н. Практикум по курсу общей физики – Ростов: Восвуиздат. 1903 – С 321 – 325
2. Шпольский Э.В. Атом физикаси, I том Тошкент: Ўқитувчи, 1974 108-11 ва 374-376 стр.
3. Фриш С.Э., Тиморова А.В. Курс общей физики III том – М: 1952, - С. 297 – 315.
4. Кортнев А.В., Рублев Ю.В., Кученко А.Н. Практикум по физике М: Высшая школа, 1965 С – 402-408.
5. Матвеев А.Н. Атомная физика М. “Высшая школа”, 1989г.

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI
ALISHER NAVOIY NOMIDAGI SAMARQAND
DAVLAT UNIVERSITETI

FIZIKA FAKULTETI
YADRO FIZIKASI KAFEDRASI

ATOM FIZIKA KURSIDAN LABORATORIYA VA MUSTAQIL ISHLARNI BAJARISH UCHUN
USLUBIY KO'RSATMA

MAVZU: «ELEKTRONLAR DASTASINI MAGNIT MAYDONDA FOKUSLASH ASOSIDA
ELEKTRONING SOLISHTIRMA ZARYADINI ANIQLASH»

№3

Tuzuvchi: dots. Sh.Omanov

Fizika fakulteti
o'quv-uslubiy kengashi tomonidan
tasdiqlangan

Taqrizchilar: dos.Sh.X.Xushmurodov

SAMARQAND – 2010

«ELEKTRONLAR DASTASINI MAGNIT MAYDONDA FOKUSLASH ASOSIDA ELEKTRONING SOLISHTIRMA ZARYADINI ANILASH»

Kerakli asboblari:

1. UIP (universal tok manbai);
Elektron nurli trubka;
Yuqori kuchlanish tok manbai;
VS-24 M markali to'g'rilagich;
Reostat;
Ampermetr;
Elektron nurli trubkani energiya bilan ta'minlovchi moslama;

Ishning maqsadi:

Elektronlarning elektromagnit maydonida fokuslashni o'rganish;
Elektron – nurli trubka yordamida elektronning solishtirish zaryadini aniqlash.

Ishni bajarishga doir metodik nazariya va qurilmadan foydalanish tartibi

Ko'pgina fizik hodisalarda elektronning zaryadi va massasini bilishning o'rniga, uning zaryadini massasiga bo'lgan nisbati, ya'ni solishtirma zaryadni bilish muhim ahamiyatga ega. Solishtirma zaryad – elektromagnit maydonida zaryadli zarrachalarning harakatini belgilovchi asosiy kattalik hisoblanadi. Biz ko'radigan metod asosida solishtirma zaryad e/m – ni hisoblash elektronlar dastasini elektromagnit maydonida fokuslash yo'li bilan aniqlashning fizik mohiyatini tushunishga imkon beradi.

Induksiya vektori bo'lgan magnit maydonida xarakatlanadigan elektr zaryadiga ta'sir etuvchi Lorens kuchi quyidagicha bo'ladi:

$$\vec{F} = e \left[\vec{v} \cdot \vec{B} \right] \quad (1)$$

bu yerda

v - harakatdagi zaryadning tezligi,

e -elektronning zaryadi

F -Lorens kuchi bo'lib, bu kuchning yo'nalishi magnit

V -magnit maydon induksiya vektori.

Maydon yo'nalishi V ga, tezlik yo'nalishi V ga nisbatan o'zaro perpendikulyardir. Agar elektronning harakat tezligi v -bursa, bu tezlikni magnit induksiya vektorining yo'nalishiga nisbatan ikkita tashkil etuvchiga ajratish mumkin.

Bir yo'nalishga perpendikulyar, ikkinchisiga esa parallel tashkil etuvchilari bo'ladi.

Bunda:

$$\begin{aligned} V_1 &= \sin \alpha \\ V_{II} &= \cos \alpha \end{aligned} \quad (2)$$

formulani skalyar ko'rinishda yozamiz:

$$F = eBv \sin \alpha = eBv \quad (3)$$

Bundan ko'rinadiki, Lorens kuchining kattaligi faqat tezlikning tashkil etuvchisigagina bog'liq bo'ladi. Elektronning magnit maydonidagi qilinadigan harakatini murakkab harakatdan iborat deb qarash bo'ladi. Lekin bunday maydonida harakat qiladigan zaryadli zarracha uchun ta'sir qiladigan Lorens kuchining kattaligi faqat tezlikning normal tashkil etuvchisi v - ning qiymatiga bog'liq bo'lib, M_{II} - tezlikni parallel tashkil etishiga Lorens kuchi ta'sir etmaydi. Lorens kuchi tezlik yo'nalishiga hamma vaqt perpendikulyar ta'sir etishini hisobga olsak, zarrachaning tezlik yo'nalishiga mos ravishda Lorens kuchi yunalishi ham o'zgarib turadi. Natijada zaryadli zarracha Lorens kuchi ta'sirida aylanma harakat qiladi. Agar zaryadli zarracha Lorens kuchi ta'sirida aylanma harakatda ishtirok etsa va zarracha qo'yilgan elektr maydoni energiyasi hisobiga ilgarilanma harakatda ham ishtirok etsa, natijalovchi xarakat vint chizig'idan iborat bo'ladi.

Harakat tekisligiga perpendikulyar yo'nalishdagi magnit maydonida aylanma bo'ylab harakatlanadigan zaryadli zarracha uchun Lorens kuchi va qarshi yo'nalishda bo'lgan markazdan ko'chirma kuch xosil bo'ladi.

Demak,

$$eBV_1 = \frac{mv_1^2}{R} \quad (4)$$

$$V_1 = \frac{2\pi R}{T}; \quad T = \frac{2\pi R}{V_1} \quad (5)$$

va (5) dan quyidagini xosil qilamiz.

$$T = \frac{2\pi m}{eB} \quad (6)$$

Elektron bir aylanish davomida katod va anod orasida xosil qilingan elektr maydon kuchlari ta'sirida ishtirok etadi. Natijada magnit maydon bo'ylab vint qadamiga masofaga siljiydi.

$$\eta = v_{11} T \quad (7)$$

yuqoridagi (2), (6), (7) formulalardan foydalanib quyidagicha erishamiz:

$$\eta = \frac{2\pi mv}{eB} \quad (8)$$

amaliy ish uchun eng muhim bo'lgan burchak juda kichik bo'lgani xol uchun $\cos^2 = 1$ shartni qanoatlantirsa (8) formulamiz quyidagicha ko'rinishni oladi.

$$\eta = \frac{2\pi mv}{eB} \quad (9)$$

shunday qilib, magnit maydoni bo'ylab elektronlarni to'liq bir aylanish davridagi kuchish masofasi juda kichik burchaklar uchun bir xilda bo'lar ekan. Demak, bir nuqtadan chiqqan kichik burchakdagi elektronlar bir aylanish davrida nuqtaga to'planishar ekan.

Magnit maydonidagi elektronlarning fokuslanish asosini shu tezlik xodisa tashkil etadi. (9) formuladan elektronlarning solishtirma zaryadi ye/m ni quyidagi cha ifodalash mumkin bo'ladi:

$$\frac{e}{m} = \frac{2\pi v}{B \eta} \quad (10)$$

Tajribada buni amalga oshirish uchun potentsiallar farqi bo'lgan maydonda elektronlar tezlashtirildi. Elektron olgan kinetik energiya maydon energiyasiga teng bo'ladi.

$$\frac{mv^2}{2} = eU \quad (11)$$

(10) va (11) formulalarga ko'ra quyidagini hosil qilamiz:

$$\frac{e}{m} = \frac{8\pi^2 u}{B^2 h^2} \quad (12)$$

(12) formulaga kirgan kattaliklarni tajribadan aniqlash qiyin emas:

u- elektron trubkani katod va anod orasiga beriladigan kuchlanish (yuqori voltli)

h-trubka anodi bilan ekran oralig'idagi masofa (bizda $h=10$ sm)

V-elektron trubkasi ustiga uralgan tokli solenoid tomonidan xosil qilinadigan magnit induksiya vektori bo'lib,

$$B = M_0 M J n \quad (13)$$

bu yerda $M_0=4\pi \cdot 10^{-7}$ vakum uchun magnit kirituvchanligidir.

$M=I$ havo uchun magnit kirituvchanligi.

N =solenoiddan o'tuvchi o'zgarmas tok kattaligi

h =solenoidning uzunlik birligiga to'g'ri keladigan uramlar soni.

(13) dan foydalanib, (12) ni quyidagicha ifodalaymiz:

$$\frac{e}{m} = 8 \left(\frac{\pi}{M_0 M J n h} \right)^2 \cdot U \quad (14)$$

(14) formulaga ko'ra elektronning solishtirma zaryadini tajribada aniqlash mumkin.
Tajriba o'tkazish qurilmasi haqida ma'lumot

Biror manbadan elektronlarni generatsiyalash, ularga ma'lum tezlik berish va fokuslash maqsadida diametri kichik bo'lgan ekranli elektron nurli trubkadan foydalaniladi. Bunday nurli trubka yordamida elektronlarning qisqa dastasi xosil qilinadi va og'diruvchi magnit maydoni orqali o'tkaziladi. Elektron nurli trubka asosan, havosi 10^{-7} mm sim.ust.darajasiga qadar siyraklashtirilgan shisha balondan iborat bo'lib, uning bir tomoniga fluorensiyalanuvchi ekran ikkinchi tomonga elektornlar chiqaradigan manba o'rnatilgan bo'ladi. Elektronlar manbai qizdirilgan kattoddan iborat bo'lib, undan qisqa elektronlar dastasi xosil qilinadi. Bunday trubka osilografga o'xshash sxema asosida moslamaga o'rnatilgan bo'ladi. Bundan tashqari elektron nurli trubka g'altak ichiga joylashtiriladi. Bunday g'altakdan o'zgarmas tok o'tkazilsa, g'altak ichida doimiy magnit maydon xosil qilinadi. G'altak kartondan karkes ustiga sirti izolyasiyalangan mis o'tkazgich uramlardan iboratdir (bizni qurilmamizda ikki qavat qilib uralgan bo'lib, har bir sm da 10 uram bor ($n=10$ uram/sm)). G'altak VS 24 M markali to'g'rilagichga uralgan bo'ladi. Undan o'tadigan tok kattaligi R-reostat orqali o'zgartirilishi mumkin, tok kattaligi esa A-ampermetr yordamida o'lchanadi. Elektron nurli trubka uchun tok manbai sifatida yuqori kuchlanishli manbadan, universal tok ta'minlovchi moslamadan foydalaniladi.

O'lchash usullarini bajarish tartibi

Sxemaga mos ravishda ulash ishlarini bajaring.

Elektron nurli trubkani energiya bilan ta'minlovchi moslama orqali tok manbaiga ulang, u vaqtda trubka ekranda yorug' shu'la xosil qiladi.

G'altakni VS-24 M to'g'rilagich orqali tok manbaiga ulang va reostat orqali g'altakdan o'tadigan tokni boshqarib ko'ring. Siz ekranda kuzatgan yorug' shu'la kichik nuqta shakliga erishing. Bu paytda elektronlar dastasi trubka ekranida fokuslangan bo'ladi.

Shu vaziyatdagi tok kuchini ampermetrdan yozib oling.

Yuqori kuchlanishning qiymati esa yuqori kuchlanish beradigan manbaga ulangan voltmetrdan yozib oling. Olingan natijalarni jadval ko'rinishda oling va tajribani turlicha tok kuchlari uchun takrorlang. Bizning hal qiluvchi (14) formulamiz elektronlar birgina vint natijasida fokuslanganligi uchun to'g'ridir. Agar g'altakdagi tokni oshiraversangiz, ekrandagi yorug' shu'la yana yoyiladi. Demak, ikkinchi fokuslanganda elektornlar dastasi ikkita vint siljigan bo'ladi. Agar vint kadam siljishlariga ko'ra fokuslashga erishgan bulsak, vint qadami doimiy bo'lib, trubka katodi bilan ekran orasidagi masofaga teng olishga imkon yaratiladi. Natijalar yozilishdan oldin g'altakdagi tok necha marta o'zgartirib, ekranda fokuslanish bir vint qadamiga siljish natijasida xosil bo'lgandagina ishonch xosil qilamiz

Olingan natijalarni (14) formulaga qo'ying va xisoblash ishlarini SI sistemasida bajaring.

Tajriba va hisoblash ishlarini kamida 5 marta takrorlang.

Olingan natijalar asosida o'rtacha kvadratik xatolarini hisoblang.

Barcha natijalar asosida yozma hisobot tayyorlang.

Tekshirish uchun savollar

Elektronlarning ochilish tarixi va uning xarakteristikasi.

Turli element atomlarining tuzilishi.

Rezerford tajribasi. Atomning (tuzilishi) o'lchami.

Solishtirma zaryad va uni aniqlash metodlari.

Zaryadli zarrachalarning elektromagnit maydonidagi harakati.

Elektrozaryadning kvantlanishi

Ishni bajarish tartibi. Ishchi formulani chiqarish.

Adabiyotlar:

Ye.V.Shpolskiy «Atom fizikasi», 1974 yil.

С.Г.Калашников «Электр», изд. 4., 1974г.

И.А.Авдус, М.М. Архангелский, Н.И. Кошкин и др. «Практикум общей физики» изд. «Проведение» Москва, 1971г.

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI
ALISHER NAVOIY NOMIDAGI SAMARQAND
DAVLAT UNIVERSITETI

FIZIKA FAKULTETI
YADRO FIZIKASI KAFEDRASI

ATOM FIZIKA KURSIDAN LABORATORIYA VA MUSTAQIL ISHLARNI BAJARISH UCHUN
USLUBIY KO'RSATMA

MAVZU: "REZERFORD TAJRIBASINI KOMPYUTERDA
MODELLASHTIRISH"

№4

Tuzuvchi:

Prof. R.M.Ibadov

Fizika fakulteti
o'quv-uslubiy kengashi tomonidan
tasdiqlangan

Taqrizchilar:

Dos.Sh. Omanov

“Atom fizikasi” fanidan laboratoriya ishi

“Rezerford tajribasini kompyuterda modellashtirish”

Fizikaning «Atom fizikasi» bo'limi bo'yicha yozilgan mazkur laboratoriya ishi bakalavrlar uchun mo'ljallangan bo'lib, unda atom fizikasi fanidagi tarixiy Rezerford tajribasini kompyuterlarda modellashtirib, talabalarga atom yadrosi musbat zaryadli ekanligi ochib berilgan.

Ishning maqsadi: Rezerford tajribasining mohiyatini o'rganish va uni kompyuterda modellashtirib, atom yadrosi musbat zaryadli ekanligini aniqlash.

Kerakli asbob va jihozlar: Kompyuter, “Mapple” dasturi.

Nazariy qism:

Rezerford o'z tajribasida radioaktiv elementdan chiqayotgan α -zarralardan foydalandi. Alfa-zarralar geliy yadrosi bo'lib, musbat $2e$ zaryadga va massa jihatidan proton massasidan taxminan to'rt marotaba katta qiymatga egadir.

m_1 -ikki sistema uchun keltirilgan massa.

Sochilishlar ko'p marotabali bo'lmisligi uchun mishen sifatida juda yupqa qatlamli folga olinishi lozim. Mishen atomlaridan sochilgan α -zarralarni maxsus qayd etuvchi hisoblash uskunalarida bajariladi.

> restart;

> sys:=diff(x(t),'\$(t,2))=1/4*q1*q2*x(t)/Pi/E0/massa/(x(t)^2+y(t)^2)^(3/2),
diff(y(t),'\$(t,2))=1/4*q1*q2*y(t)/Pi/E0/massa/(x(t)^2+y(t)^2)^(3/2);

$$\text{sys} := \frac{d^2}{dt^2} x(t) = \frac{q_1 q_2 x(t)}{4 \pi E_0 \text{massa} (x(t)^2 + y(t)^2)^{(3/2)}} \quad \frac{d^2}{dt^2} y(t) = \frac{q_1 q_2 y(t)}{4 \pi E_0 \text{massa} (x(t)^2 + y(t)^2)^{(3/2)}}$$

> q1:=2*1.6e-19: q2:=79*1.6e-19: massa:=4*1.67e-27: E0:=8.89e-12: a:=4e-13: p:=5e-15:
T:=4e5.7*1.6e-19: V0x:=sqrt(2*T/massa):

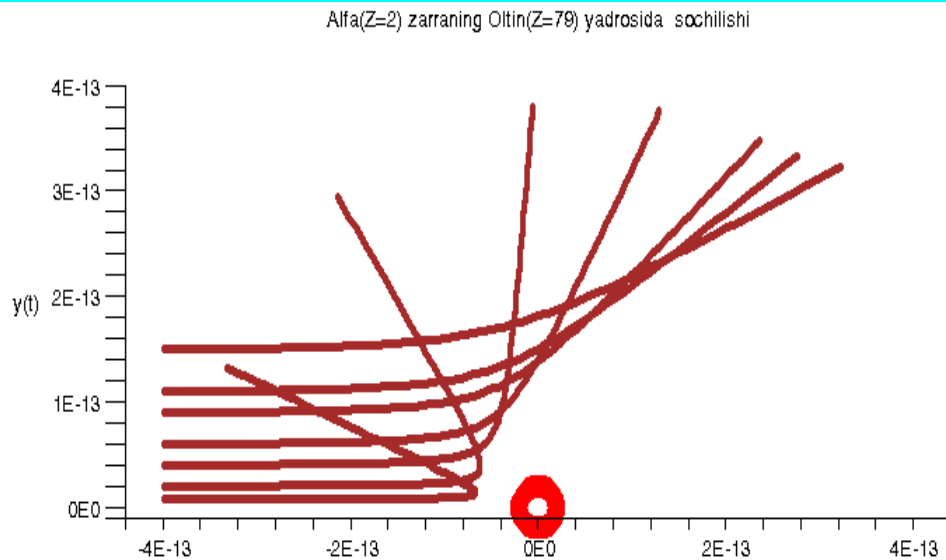
> with(DEtools):ss:=DEplot({sys},{y(t),x(t)},t=0..7e-20,[[x(0)=-
a,D(x)(0)=V0x,y(0)=p*1.5,D(y)(0)=0],[x(0)=-a,D(x)(0)=V0x,y(0)=p*4,D(y)(0)=0],[x(0)=-
a,D(x)(0)=V0x,y(0)=p*8,D(y)(0)=0],[x(0)=-a,D(x)(0)=V0x,y(0)=p*12,D(y)(0)=0],[x(0)=-
a,D(x)(0)=V0x,y(0)=p*18,D(y)(0)=0],[x(0)=-a,D(x)(0)=V0x,y(0)=p*22,D(y)(0)=0],[x(0)=-
a,D(x)(0)=V0x,y(0)=p*30,D(y)(0)=0]],x(t)=-a..a,scene=[x(t),y(t)],stepsize=1e-21,linecolor=brown):

> with(plottools):yy:=circle([0,0],2E-14,color=red,thickness=9):

> ss2:=PLOT(TEXT([1,-0.6e-22],'+'),FONT(HELVETICA,OBLIQUE,8)):

> with(plots):

> display([ss,yy,ss2], title='Alfa(Z=2) zarraning Oltin(Z=79) yadrosida sochilishi',axes=framed);



Rasm 1. Alfa (Z=2) zarraning Oltin(Z=79) yadrosida sochilishi

Endi Alfa (Z=2) zarraning Temir (Z=26) yadrosida sochilishini ko'raylik. Bunda Temir yadrosidagi musbat zaryadli protonlar soni Z=26, shuning uchun Alfa zarraning Oltin (Z=79) yadrosidan sochilishiga ko'ra farq etadi.

> restart;

> sys:=diff(x(t),'\$'(t,2))=1/4*q1*q2*x(t)/Pi/E0/massa/(x(t)^2+y(t)^2)^(3/2),
diff(y(t),'\$'(t,2))=1/4*q1*q2*y(t)/Pi/E0/massa/(x(t)^2+y(t)^2)^(3/2);

$$\text{sys} := \frac{d^2}{dt^2} x(t) = \frac{q_1 q_2 x(t)}{4 \pi E_0 \text{massa} (x(t)^2 + y(t)^2)^{(3/2)}}, \quad \frac{d^2}{dt^2} y(t) = \frac{q_1 q_2 y(t)}{4 \pi E_0 \text{massa} (x(t)^2 + y(t)^2)^{(3/2)}}$$

> q1:=2*1.6e-19: q2:=26*1.6e-19: massa:=4*1.67e-27: E0:=8.89e-12: a:=4e-13: p:=5e-15:
T:=4e5.7*1.6e-19: V0x:=sqrt(2*T/massa):

> with(DEtools):ss:=DEplot({sys},{y(t),x(t)},t=0..7e-20,[[x(0)=-
a,D(x)(0)=V0x,y(0)=p*1.5,D(y)(0)=0],[x(0)=-a,D(x)(0)=V0x,y(0)=p*4,D(y)(0)=0],[x(0)=-
a,D(x)(0)=V0x,y(0)=p*8,D(y)(0)=0],[x(0)=-a,D(x)(0)=V0x,y(0)=p*12,D(y)(0)=0],[x(0)=-
a,D(x)(0)=V0x,y(0)=p*18,D(y)(0)=0],[x(0)=-a,D(x)(0)=V0x,y(0)=p*22,D(y)(0)=0],[x(0)=-
a,D(x)(0)=V0x,y(0)=p*30,D(y)(0)=0]],x(t)=-a..a,scene=[x(t),y(t)],stepsize=1e-21,linecolor=brown):

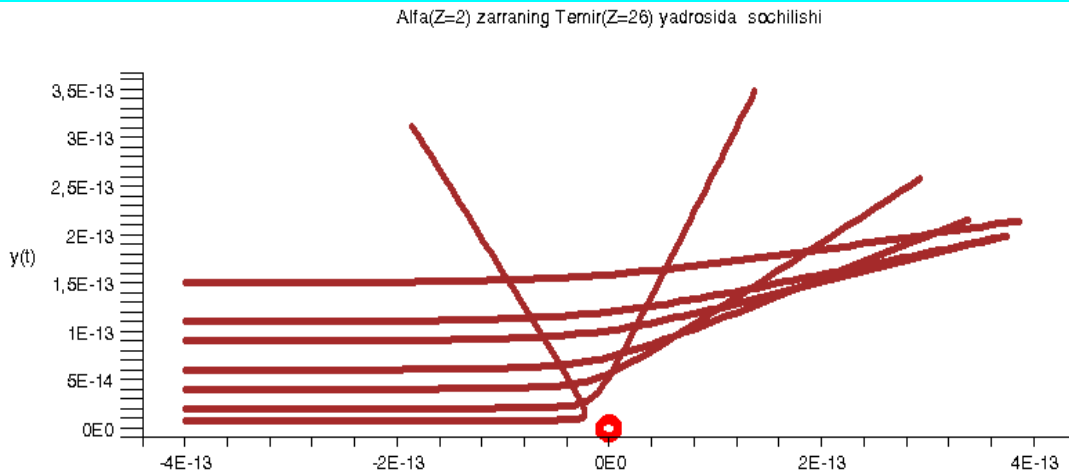
> with(plottools):yy:=circle([0,0],9E-15,color=red,thickness=5):

Warning, the name translate has been redefined

> ss2:=PLOT(TEXT([1,-0.6e-22],'+'),FONT(HELVETICA,OBLIQUE,8)):

> With(plots):

> display([ss,yy,ss2], title='Alfa(Z=2) zarraning Temir(Z=26) yadrosida sochilishi',axes=framed);



Rasm 2. Alfa(Z=2) zarraning Temir(Z=26) yadrosida sochilishi.

Ushbu qismda Alfa (Z=2) zarraning Litiy (Z=3) yadrosida sochilishi ko'rsatildi.

> restart;

> sys:=diff(x(t),'\$(t,2))=1/4*q1*q2*x(t)/Pi/E0/massa/(x(t)^2+y(t)^2)^(3/2),
diff(y(t),'\$(t,2))=1/4*q1*q2*y(t)/Pi/E0/massa/(x(t)^2+y(t)^2)^(3/2);

$$\text{sys} := \frac{d^2}{dt^2} x(t) = \frac{q_1 q_2 x(t)}{4 \pi E_0 \text{massa} (x(t)^2 + y(t)^2)^{(3/2)}}, \quad \frac{d^2}{dt^2} y(t) = \frac{q_1 q_2 y(t)}{4 \pi E_0 \text{massa} (x(t)^2 + y(t)^2)^{(3/2)}}$$

> q1:=2*1.6e-19: q2:=3*1.6e-19: massa:=4*1.67e-27: E0:=8.89e-12: a:=4e-13: p:=5e-15:
T:=4e5.7*1.6e-19: V0x:=sqrt(2*T/massa):

> with(DEtools):ss:=DEplot({sys},{y(t),x(t)},t=0..7e-20,[[x(0)=-
a,D(x)(0)=V0x,y(0)=p*1.5,D(y)(0)=0],[x(0)=-a,D(x)(0)=V0x,y(0)=p*4,D(y)(0)=0],[x(0)=-
a,D(x)(0)=V0x,y(0)=p*8,D(y)(0)=0],[x(0)=-a,D(x)(0)=V0x,y(0)=p*12,D(y)(0)=0],[x(0)=-
a,D(x)(0)=V0x,y(0)=p*18,D(y)(0)=0],[x(0)=-a,D(x)(0)=V0x,y(0)=p*22,D(y)(0)=0],[x(0)=-
a,D(x)(0)=V0x,y(0)=p*30,D(y)(0)=0]],x(t)=-a..a,scene=[x(t),y(t)],stepsize=1e-21,linecolor=brown):

> with(plottools):yy:=circle([0,0],3E-15,color=red,thickness=6):

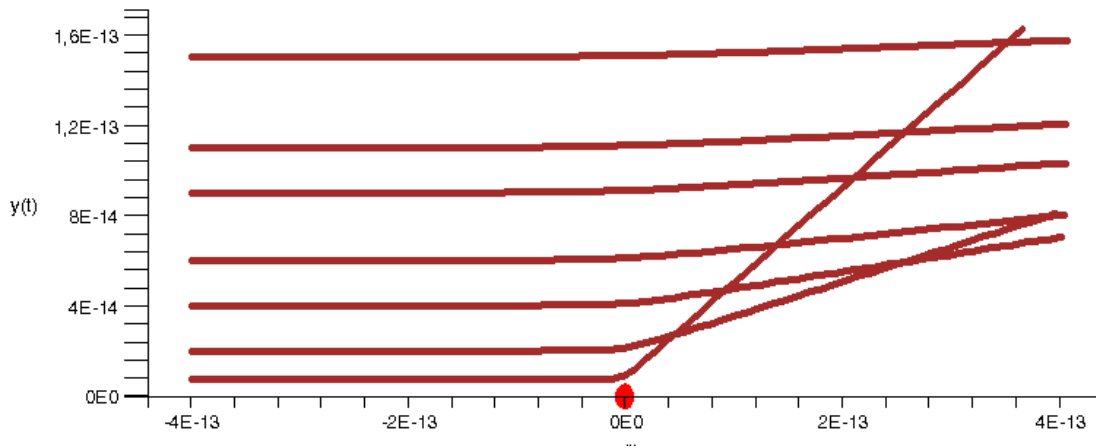
Warning, the name translate has been redefined

> ss2:=PLOT(TEXT([1,-0.6e-22],'+'),FONT(HELVETICA,OBLIQUE,8)):

> with(plots):

Warning, the names arrow and changecoords have been redefined

> display([ss,yy,ss2], title='Alfa(Z=2) zarraning Litiy(Z=3) yadrosida sochilishi',axes=framed);



Rasm 3. Alfa(Z=2) zarraning Litiy(Z=3) yadrosida sochilishi.

Agarda Oltin (Z=79) yadrosini Oltin (Z=79) yadrosida sochilishini ko'rsak, manzara butunlay boshqacha bo'ladi.

> restart;

> sys:=diff(x(t),'\$(t,2))=1/4*q1*q2*x(t)/Pi/E0/massa/(x(t)^2+y(t)^2)^(3/2),
diff(y(t),'\$(t,2))=1/4*q1*q2*y(t)/Pi/E0/massa/(x(t)^2+y(t)^2)^(3/2);

$$\text{sys} := \frac{d^2}{dt^2} x(t) = \frac{q_1 q_2 x(t)}{4 \pi E_0 \text{massa} (x(t)^2 + y(t)^2)^{(3/2)}} \quad \frac{d^2}{dt^2} y(t) = \frac{q_1 q_2 y(t)}{4 \pi E_0 \text{massa} (x(t)^2 + y(t)^2)^{(3/2)}}$$

> q1:=79*1.6e-19: q2:=79*1.6e-19: massa:=4*1.67e-27: E0:=8.89e-12: a:=4e-13: p:=5e-15:
T:=4e5.7*1.6e-19: V0x:=sqrt(2*T/massa):

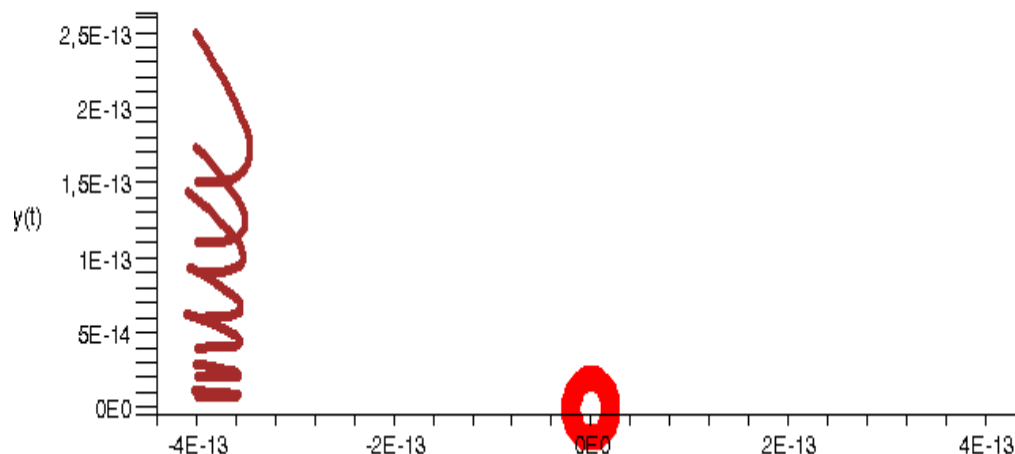
> with(DEtools):ss:=DEplot({sys},{y(t),x(t)},t=0..7e-20,[[x(0)=-a,D(x)(0)=V0x,y(0)=p*1.5,D(y)(0)=0],[x(0)=-a,D(x)(0)=V0x,y(0)=p*4,D(y)(0)=0],[x(0)=-a,D(x)(0)=V0x,y(0)=p*8,D(y)(0)=0],[x(0)=-a,D(x)(0)=V0x,y(0)=p*12,D(y)(0)=0],[x(0)=-a,D(x)(0)=V0x,y(0)=p*18,D(y)(0)=0],[x(0)=-a,D(x)(0)=V0x,y(0)=p*22,D(y)(0)=0],[x(0)=-a,D(x)(0)=V0x,y(0)=p*30,D(y)(0)=0]],x(t)=-a..a,scene=[x(t),y(t)],stepsize=1e-21,linecolor=brown):

> With(plottools):yy:=circle([0,0],2E-14,color=red,thickness=9):

> ss2:=PLOT(TEXT([1,-0.6e-22],'+'),FONT(HELVETICA,OBLIQUE,8)):

> With(plots):

> display([ss,yy,ss2], title='Oltin(Z=79) yadrosini Oltin(Z=79) yadrosida sochilishi',axes=framed);



Rasm 4. Oltin (Z=79) yadrosini Oltin (Z=79) yadrosida sochilishi

Elektron (Z=-1) zarrasining Oltin (Z=79) yadrosida sochilishida orqaga qaytish kuzatilmaydi.

```
> restart; sys:=diff(x(t), `t`)=1/4*q1*q2*x(t)/Pi/E0/massa/(x(t)^2+y(t)^2)^(3/2), diff(y(t), `t`)=1/4*q1*q2*y(t)/Pi/E0/massa/(x(t)^2+y(t)^2)^(3/2);
```

$$\text{sys} := \frac{d}{dt} x(t) = \frac{q_1 q_2 x(t)}{4 \pi E_0 \text{massa} (x(t)^2 + y(t)^2)^{(3/2)}}, \quad \frac{d}{dt} y(t) = \frac{q_1 q_2 y(t)}{4 \pi E_0 \text{massa} (x(t)^2 + y(t)^2)^{(3/2)}}$$

```
> q1:=-1.6e-19: q2:=79*1.6e-19: massa:=4*1.67e-27: E0:=8.89e-12: a:=4e-13: p:=5e-15:
T:=4e5.7*1.6e-19: V0x:=sqrt(2*T/massa):
```

```
> with(DEtools): ss:=DEplot({sys}, {y(t), x(t)}, t=0..7e-20, [[x(0)=-a, D(x)(0)=V0x, y(0)=p*1.5, D(y)(0)=0], [x(0)=-a, D(x)(0)=V0x, y(0)=p*4, D(y)(0)=0], [x(0)=-a, D(x)(0)=V0x, y(0)=p*8, D(y)(0)=0], [x(0)=-a, D(x)(0)=V0x, y(0)=p*12, D(y)(0)=0], [x(0)=-a, D(x)(0)=V0x, y(0)=p*18, D(y)(0)=0], [x(0)=-a, D(x)(0)=V0x, y(0)=p*22, D(y)(0)=0], [x(0)=-a, D(x)(0)=V0x, y(0)=p*30, D(y)(0)=0]], x(t)=-a..a, scene=[x(t), y(t)], stepsize=1e-21, linecolor=yellow):
```

```
> with(plottools): yy:=circle([0,0], 2E-15, color=red, thickness=5):
```

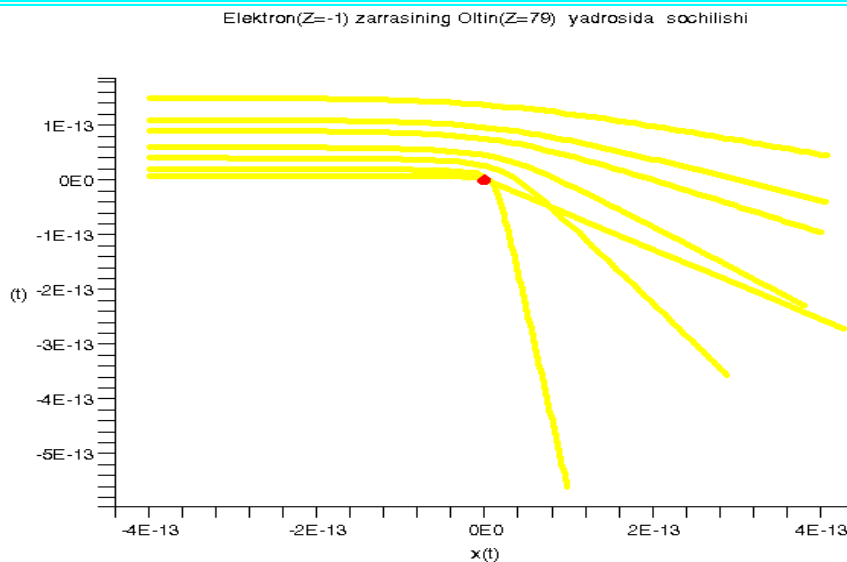
Warning, the name translate has been redefined

```
> ss2:=PLOT(TEXT([1,-0.6e-22], '+'), FONT(HELVETICA, OBLIQUE, 8)):
```

```
> with(plots):
```

Warning, the names arrow and changecoords have been redefined

```
> display([ss, yy, ss2], title='Elektron(Z=-1) zarrasining Oltin(Z=79) yadrosida sochilishi', axes=framed);
```

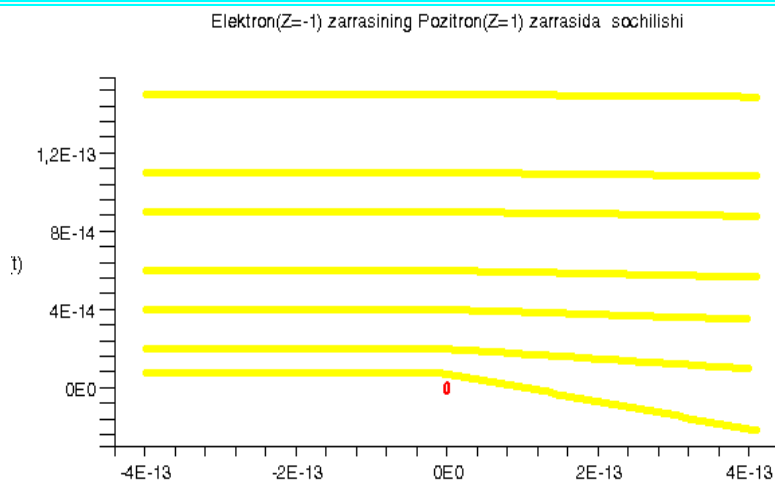


Rasm 5. Elektron(Z=-1) zarrasining Oltin(Z=79) yadrosida sochilishi.

```
> restart;
> sys:=diff(x(t),`$`(t,2))=1/4*q1*q2*x(t)/Pi/E0/massa/(x(t)^2+y(t)^2)^(3/2),
diff(y(t),`$`(t,2))=1/4*q1*q2*y(t)/Pi/E0/massa/(x(t)^2+y(t)^2)^(3/2);
```

$$\text{sys} := \frac{d^2}{dt^2} x(t) = \frac{q_1 q_2 x(t)}{4 \pi E_0 \text{massa} (x(t)^2 + y(t)^2)^{(3/2)}} \quad \frac{d^2}{dt^2} y(t) = \frac{q_1 q_2 y(t)}{4 \pi E_0 \text{massa} (x(t)^2 + y(t)^2)^{(3/2)}}$$

```
> q1:=-1.6e-19: q2:=1.6e-19: massa:=4*1.67e-27: E0:=8.89e-12: a:=4e-13: p:=5e-15: T:=4e5.7*1.6e-19: V0x:=sqrt(2*T/massa):
> with(DEtools):ss:=DEplot({sys},{y(t),x(t)},t=0..7e-20,[[x(0)=-a,D(x)(0)=V0x,y(0)=p*1.5,D(y)(0)=0],[x(0)=-a,D(x)(0)=V0x,y(0)=p*4,D(y)(0)=0],[x(0)=-a,D(x)(0)=V0x,y(0)=p*8,D(y)(0)=0],[x(0)=-a,D(x)(0)=V0x,y(0)=p*12,D(y)(0)=0],[x(0)=-a,D(x)(0)=V0x,y(0)=p*18,D(y)(0)=0],[x(0)=-a,D(x)(0)=V0x,y(0)=p*22,D(y)(0)=0],[x(0)=-a,D(x)(0)=V0x,y(0)=p*30,D(y)(0)=0]],x(t)=-a..a,scene=[x(t),y(t)],stepsize=1e-21,linecolor=yellow):
> with(plottools):yy:=circle([0,0],3E-15,color=red,thickness=2):
> ss2:=PLOT(TEXT([1,-0.6e-22],`+`),FONT(HELVETICA,OBLIQUE,8)):
> with(plots):
> display([ss,yy,ss2], title='Elektron(Z=-1) zarrasining Pozitron(Z=1) zarrasida sochilishi',axes=framed);
```



Rasm 6. Elektron($Z=-1$) zarrasining Pozitron($Z=1$) zarrasida sochilishi.

Adabiyotlar:

- Э.В. Шпольский. Атомная физика. Т.1.2.М.: Наука, 1983.
 А.Н. Матвеев. Атомная физика. М.:Наука, 1989.
 R.Bekjonov, B. Axmadxujayev. Atom fizikasi.T.:O'qituvchi, 1979.
 И.Е. Иродов .Сборник задач по атомной и ядерной физике.М.:
 Атомиздат, 1971
 А.И.Наумов. Физика атомного ядра и элементарних частиц.
 М.,1984

“ATOM FIZIKASI» FANIDAN NAZORAT SAVOLLARI

ORALIQ NAZORAT SAVOLLARI

1-Oraliq baholash uchun savollar.

1. Atom fizikasi fanining asosiy maksadi.
2. Atom fizikasi fanining tarixi haqida.
3. Atom fizikasida kattaliklar o'lchov birliklari.
4. Kovakda muvozanat nurlanish.
5. Kirxgof qonuni. Stefan-Bolsman qonuni va Vin siljish qonuni.
6. Reley-Jins qonuni. Plank gipotezasi. Plank fomulasi.
7. Elektromagnit nurlanishning korpuskulyar xususiyatlari.
8. Rentgen spektrning to'liq chegarasi. Tashqi fotoeffekt. Fotonlar. Kompton effekti.
9. Zarralar va to'liqlar.
10. De-Broyl gipotezasi.
11. Zarralar to'liq xususiyatlari.
12. Devisson-Jermer va Tomson tajribalari.
13. De-Broyl to'liqlari.
14. To'liq paketi.
15. De-Broyl fazaviy va gruppaviy tezliklari.
16. Noaniklik prinsipi
17. Vodorod atomining Bor nazariyasi.
18. Vodorod atomi spektridagi qonuniyatlar.
19. Tomson atom modeli.
20. Rezerford tajribalari.
21. Kombinasion prinsip.
22. Bor postulatalari.
23. Frank va Gers tajribalari.
24. Kvant mexanikasining asoslari.
25. To'liq funksiyasi va uning xususiyatlari.
26. Shryodenger tenglamasi.
27. Stasionar va nostatsionar holat.
28. Ehtimollik zichligi va ehtimollik zichligining oqimi.
29. Fizik kattaliklarning operatorlari.
30. Operatorlarning xususiy qiymatlari va xususiy funksiyalari.
31. Fizik kattaliklarning o'rtacha qiymati va dispersiyasi.
32. Gamilton operatori.
33. Mikrozarxalarning erkin harakati.
34. To'g'ri burchakli potensial chuqurlik.
35. Garmonik ossillyator.
36. Zarrachalarning potensial to'siqdan o'tishi.
37. Tunnel effekti.
38. Yadrolarning alfa parchalanishi.
39. Avtoelektron emissiya
39. Bir elektronli atomlar.
40. Markaziy-simmetrik maydon potentsiali.
41. Shryodenger tenglamasi.
42. L^2 , L_z operatorlari, ularning xususiy qiymatlari va sathlari.
43. Kvant sonlari.
- 44 Vodorod atomi.
45. Elektronning oprbital mexanik va magnit momentlari.
49. Bor magnetoni.

2-Oraliq baholash uchun savollar.

1. Shtern va Gerlax tajribasi.
2. Ulunbek va Gaudsmit gipotezasi.
3. Elektron spini.
4. Elektronning xususiy magnit momenti.
5. Spin giromagnit qo'shish qoiyidasi haqida tushuncha.
6. Spin-orbital o'zaro ta'sir.
7. Vodord atomi spektrining nozik strukturasi.
8. Nozik struktura (Dirak) formulasi.
9. Klassik fizika va optikaga chegaroviy o'tish.
10. G'ala-euonlrni kvantmexanik nazariya asoslari.
11. Aynan o'xshash zarralar.
12. Bozonlar va fermionlar.
13. Pauli prinsipi.
14. Fermi va boze zarralar sistemalari.
15. Ko'p elektronli atomlar.
16. Ko'p elektronli atomlarni tavsiflash umumiy prinsipi.
17. Atomda hajmiy zaryadning va elektrostatik potensialining taqsi-moti haqida tasavvur.
18. Bir elektronli holat.
19. Atom holatlarini elektronlar bilan to'ldirilish.
20. Rentgen spektrlari.
21. Atomdagi ichki elektronlar o'tishi.
22. Xarakteristik rentgen nurlanish.
23. Mozli qonuni.
24. Oje effekti.
25. Atom tashqi kuchlar maydonida.
26. Atom magnit maydonda.
27. Kuchli va kuchsiz maydon lande faktori.
28. Zeeman va Pashen-Bak effektlari.
29. Elektron paramagnit rezonans. (EPR) atom elektr maydonda.
30. Shtark effekti.
31. Molekulalar.
32. Adibatini yaqinlashish.
33. Vodород molekulyar ioni..
34. Vodород molekulasi.
35. Gaymer-London nazariyasi.
36. Elektronlar juftlashishi.
37. Ikki atomli molekulalar termlari.
38. Kimyoviy bog'lanish.
39. Kavalent va ion bog'lanishlar.
40. Valentlik.
41. Ximiyozviy bog'lanishlarning tuyinishi.
42. Orbitalar gibridizatsiyasi.
43. Stereoximiya elementlar.
44. Molekulyar orbital.
45. Molekulalarda yadro tebranma va aylanma harakati haqida tasavvur.
46. Frank-kondon prinsipi.
47. Ikki atomli molekulalar holatlarini sistematikasi haqida ba'zi bir ma'lumotlar

YAKUNIY NAZORAT SAVOLLARI

Fizika fakulteti yadro fizika kafedrası «Atom fizika» kursidan
III-kurs talabalariga yakuniy nazorat savollari

VARIANT-1

Atomning yadroviiy tuzilishi. T.s: Atom, yadro, modda, element, Prout, vakuum, trubka, katod, elektron, massa.

Zarralar sochilishning impuls diagrammasi. T.s: Impuls, diagramma, energiya, sochilish, vektor, burchak, alfa, kesim, trayektoriya, Rezerford.

Xarakteristik rentgen nurlarining yadro zaryadiga bog'liqligi. T. s: Mozeli, spektr, chastota, gorizantal, to'lqin, siljish, kvadrat, davriy, lantanoidlar, vodorod, strukturasi.

Plank formulasini Eynshteyn usulida keltirib chiqarish. T.s: Detal, prinsip, termodinamik, atom, elektromagnit, spontan, Bolsman, statistik, reley-jins, koefitsiyent.

De-Broyl to'lqinlari faza tezligi v_f va guruxiy tezlik v o'rtasida

$V_e = v_f - \lambda \frac{dv_f}{d\lambda}$, shuningdek $v_e = v$ (v -zarraning xarakat tezligi) tengliklarning o'rinli ekanligini isbotlang.

Kafedra mudiri:

Prof. R.M.Ibadov

Fizika fakulteti yadro fizika kafedrası «Atom fizika» kursidan
III-kurs talabalariga yakuniy nazorat savollari

VARIANT-2

1.Tomsonning atom modeli. T.sr: Izolyasiya, atom, spektr, elektron, garmonik, tebranma, Tomson, musbat, sfera, neytral, zaryad, model.

2.Rentgen nurlari spektral chiziqlarining to'lqin uzunligini aniqlash. T.s: interferatsion, Vulf-Bregg, nurlar, kristall, kub, molekula, yacheyka, qirra.

3. Fotosamara va uning qonuniyatlari. T.s: Gers, Stoletov, elektrod, plastika, Galvanometr, tok, fototok, Leonard, Tomson, magnit, sirt, potensiometr.

4. Elektronning orbital magnit momenti. T.s: Mumtoz, mexanika, magnit, orbital, aylanma, koordinata, yadro, qutb, markaziy, mexanik.

5.Massasi 0,14 kg bo'lgan futbol tupi zarb bilan tepilganda 50 m/s tezlikka erishsa, bu tup xarakati bilan bog'liq bo'lgan de Broyl to'lqini uzunligi boxolansin. Shuningdek $v=59$ m/s tezlik bilan xarakat qilayotgan elektron uchun ham shunday to'lqin uzunligi hisoblansin.

Kafedra mudiri:

Prof. R.M.Ibadov

Fizika fakulteti yadro fizika kafedrası «Atom fizika» kursidan
III-kurs talabalariga yakuniy nazorat savollari

VARIANT-3

Sochilishning samarali kesimi. T.s.: Elektron, zarra, fazo, musbat, manfiy, shar, extimol, integral, fizik, kesim.

Rentgen nurlarining sochilishi. T.s: Optik, spektr, o'lchash, zangori, Reley, element, samara, massaviy, koefitsiyent, Tomson, yadro kuchlari.

3. Induksiyalangan nurlanish va uning xususiyatlari. T.s.: Eynshteyn, nurlanish, impuls, nazariya, foton,energiya, yutish, majburiy, fotometr.

Larmor teoremasi. T.s.: Atom, magnit, maydon, koordinata, manfiy, parallel, prosessiya, orbita, chastota, sistema, teorema.

Dekart koordinata sistemasida yozilgan Shryodinger tenglamasini sferik koordinata sistemasiga o'tkazing.

Kafedra mudiri:

Prof. R.M.Ibadov

Fizika fakulteti yadro fizika kafedrası «Atom fizika» kursidan
III-kurs talabalariga yakuniy nazorat savollari
VARIANT-4

Alfa-zarralarning moddada sochilishi. T.s.: Radioaktiv, geliy, nuklid, Rezerford, kurgoshin, tuknashish, modeli, kvadrati, Kulon, markaz.

Rentgen nurlarinig turlari va spektri. T.s.: kislorod, spektr, sxema, optik, k-seriya, tabiiy.

Vodorod atomining izotoplari. Izotopik siljishi. T.s.: Ridberg, yadro, atmosfera, azot, ximiyaviy, vodorod, Berdj, spektrografik, Bolsman.

E+ lik bosimi. T.s.: maksvell, elektromagnit, bosim, vektor, metall, Lorens, sirt, qaytish, koeffitsiyenti, tajriba, qurilma.

5. Erkin zarra uchun $\psi(x, t) = A \cos\left(kx - \frac{E}{\hbar}t\right) + A \sin\left(kx - \frac{E}{\hbar}t\right)$ funksiyaning Shryodinger tenglamasini yechimi hisoblanishi isbotlansin. Bu yerda

$$k = \sqrt{\frac{2mE}{\hbar^2}}$$

Kafedra mudiri:

Prof. R.M.Ibadov

Fizika fakulteti yadro fizika kafedrası «Atom fizika» kursidan
III-kurs talabalariga yakuniy nazorat savollari
VARIANT-5

1. Kompton samarasi. T.s.: kvant, Eynshteyn, foton, Kompton, xodisa, tajriba, chastota, burchaksiz, nishon, tuknashish, energiya, elektron, doimiysi.

2. Mozli qonuni. T.s.: Vodord, individualligi, zaryadi, izotop, spektr, yadro, struktura, davriy, monoizotopik.

Gazli lazerlarning faol qismi. Spontan nurlanish. T.s.: Gazli, diametr, atom, trubka, nurlanish, mexanizm, chastota, energiya.

4. Elektromagnit to'liqlarining korpuskulyar xususiyatlar. T.s.: Elektromagnit, Plank, yutish, Eynshteyn, foton, yeruglik, inkilob, mumtoz, to'liq, inkilob.

5. Koffitsiyenti k bo'lgan kvazikayishqoq kuch ta'sirida harakat qilayotgan zarra uchun Shryodinger tenglamasini yozing.

Kafedra mudiri:

Prof. R.M.Ibadov

Fizika fakulteti yadro fizika kafedrası «Atom fizika» kursidan
III-kurs talabalariga yakuniy nazorat savollari
VARIANT-6

1. Atomning planetar modeli va uning kamchiliklari. T.s.: Alfa, zarra, nishon, masofa, sochilish, fazoviy, burchak, sfera sirt, soxa, og'ish.
2. Atomdagi xarakat miqdor momentlar. T.s.: Mumtoz, mexanika, radius, vektor, koordinata, proyeksiya, operator, koordinata, funksiya, yulduz.
3. Vodorodsimon ionlar spektri. Piking seriyasi. T.s. Puppis, Balmer, seriya, Gurux, Ridberg, yarim kiymatlari, vodorod, geliy.
4. Atom energetik xolatlar uchun mumtoz Bor nazariyasi. T.s. Gaz, kinetik, Kulon, kvantlanish, vodorod, orbita, umumlashgan, Ridberg, spektroskopik.
5. Induksiyasi $B=5 \text{ Tl}$ bo'lgan magnit maydonida ^1D term ajralishining to'liq kattaligi (eV larda va to'lqin sonlarida) topilsin.

Kafedra mudiri:

Prof. R.M.Ibadov

Fizika fakulteti yadro fizika kafedrası «Atom fizika» kursidan
III-kurs talabalariga yakuniy nazorat savollari
VARIANT-7

1. Sochilishning samaraliy kesimi. T.s.: Tassavurlar, atom, yadro, tizim, to'qnashish, extimoliyat.
2. Alfa zarralarning moddada sochilishi. T.s.: Geliy, atom, radioaktiv, tajriba, folga, neytral, elektron, ekran.
3. Xarakteristik rentgen nurlaning yadro zaryadiga bog'liqligi. Mozeli qonuni. T.s.: Rentgen, chastota, chiziq, spektr, to'lqin uzunlik, qonuniyat, davriy, sistema, struktura.
4. Frank-Gers tajribasi. T.s.: Bor, Frank, Gers, molekula, bombardimon, elastik, potensial, bosim, trubka, tok.
5. Proton kuchlanganligi $3 \cdot 10^5 \text{ V/m}$ bulgan buylama bir jinsli elektr maydonida tezlatilayotgan bulsa, uning kinetik energiyasi 1 keV bo'lgan momentdagi de Broyl to'lqin uzunligining o'zgarish tezligi $\left(\frac{d\lambda}{dt}\right)$ xisoblansin.

Kafedra mudiri:

Prof. R.M.Ibadov

Fizika fakulteti yadro fizika kafedrası «Atom fizika» kursidan
III-kurs talabalariga yakuniy nazorat savollari
VARIANT-8

1. Bir jinsli muxitga yassi monoxromatik to'lqin. T.s.: To'lqin, monoxromatik, garmonik, uyg'onish kattaligi, elastik, muvozanit, vaziyat, chetlanish, faza.
2. Atomning yadroviiy tuzilishi. T.s.: Modda, Empedokl, Aristotel, materiya, element, Lomonosov, Dalton, Vodorod, gazlar, elektron.
3. Rentgen nurlarining turlari va spektri. T.s.: Kislorod, urangacha, rentgen, optik, to'lqin, K-seriya, strukturasi, K_α , K_β , K_γ , ravshan.
4. To'lqin tenglamasi. T.s.: Yassi, to'lqin, bushliq, maydon, Maksvel, elektrodinamika, dispersiya qonuni, Laplas, operator, superpozitsiya.
5. To'g'richizikli trayektoriya bo'ylab xarakat qiluvchi elektron koordinatasini o'lchashda yo'l qo'yilgan aniqsizlik 10 A^0 bo'lsa, uning a) impulsini, v) kinetik energiyasini o'lchashdagi aniqsizliklar hisoblansin.

Kafedra mudiri:

Prof. R.M.Ibadov

Fizika fakulteti yadro fizika kafedrası «Atom fizika» kursidan III-kurs talabalariga
yakuniy nazorat savollari
VARIANT-9

To'lqin tenglamasi. T.s.: Yassi, to'lqin, bushliq, maydon, Maksvell,

elektrodinamika, dispersiya qonuni, Laplas operator, superpozitsiya.

2. Rentgen nurlari spektral chiziqlarining to'liq uzunligi aniqlash. T.s.: Vulf-Bregg, elektronni klassik radiusi, Tomson, sochilishning massaviy koeffitsiyent.

3. Bor kvant postulatlari. T.s.: Atom, sistema, xolatda-stasionar, zaryad, diskret, chastotali, nurlanish, mumtoz, davriy.

4. To'liqlarda guruxiy va fazoviy tezliklar. T.s.: impuls, energiya, zarra, to'liq, faza, xarakat, vektor, to'liq paketi, amplituda, chastota, faza.

5. Relyativistik elektron $U=49$ kV tezlatuvchi potentsiallar farkidan o'tganda uning de Broyl to'liq uzunligi nimaga teng bo'ladi?

Kafedra mudiri:

Prof. R.M.Ibadov

Fizika fakulteti yadro fizika kafedrası «Atom fizika» kursidan III-kurs talabalariga
yakuniy nazorat savollari

VARIANT-10

1. De-Broyl gipotezasi. T.s.: To'liq, zarra, dualizm, yoruglik, optik, gipoteza, monoxromatik, tezlik, massa, relyativistik.

2. Elastik va noelastik toqnashishlar. T.s.: Frank, Gers, elektron, energiya, tezlik, taqsimot, tur, plastinka, potentsiometr, egri chiziq.

3. Devison-Jermer va Tomson-Tartakovskiy tajribalari. T.s.: Nikel, nishon, elektron, suyuq xavo, taqsimot, tezlatgich, taqsimlanish.

4. Uyg'otilgan atomlarning nurlanishi. T.s.: Elektron, atom, Bor, monoxromatik, kvant, energiya, bombardimon, chiziq, spektr.

5. Energiyasi 1 eV bo'lgan elektronning balandligi $U_0=4\text{eV}$, kengligi $2,0 \text{ \AA}$ bulgan to'g'ri burchakli potentsial to'siq orqali o'tish extimolini hisoblang.

Kafedra mudiri:

Prof. R.M.Ibadov

Fizika fakulteti yadro fizika kafedrası «Atom fizika» kursidan III-kurs talabalariga
yakuniy nazorat savollari

VARIANT-11

1. Yadro zaryadi va uni o'lchash uslublari. Chadvik tajriba. T.s.: Rezerford, yadro, elementar, zaryad, fluoressensiya, tajriba, plastina, kumush, mis.

2. Induksion nurlanishlar va uning xususiyatlari. T.s.: Eynshteyn, yorug'lik, radiofizika, radiotexnika, foton, energiya, parallel, uzluksizlik, yurish, majburiy.

3. Eynshteyn formulasi. Elektronlarning metaldan chizish ishi. T.s.: Yorug'lik, to'liq, foton, energiya, metall, elektron, fotosamara, «qizil chegara»

4. Spektral termlar. Kombinatsion prinsip. T.s.: Vodorod, spektr, kombinatsion, term, atom, to'liq, chiziqli, Layman g'alati, Bor, chastota.

5. Litiy uchun $2R \rightarrow 2S$ o'tishga tegishli bo'lgan rezonans chiziq 6708 \AA to'liq uzunlikka ega, R-term uchun Ridberg tuzatmasi $-0,04$ ga teng bo'lsa,

a) rezonans potentsial va ionizatsiya potentsiali qiymati,

b) rezonans chiziq bilan boshlanadigan seriyaning chegaraviy chiziqlarining to'liq uzunligi hisoblansin.

Kafedra mudiri:

Prof. R.M.Ibadov

Fizika fakulteti yadro fizika kafedrası «Atom fizika» kursidan III-kurs talabalariga
yakuniy nazorat savollari

VARIANT-12

1. Aniqsizlik munosibatlar. T.s.: De-Broyl to'liqlari, zarra, to'liq, monokristal, fazo, vaziyat, makroskopik, paket, paket kengligi Geyzenber.

2. Ionizatsion potentsiallarni aniqlash. T.s.: Simob, atom, energiya, absolyut, qiymat, fazo, ayirma, ultrabinafsha, termoelektron tok, rezonans.

3. Shredinger tenglamasi-kvant mexanizmining asosiy tenglamasi. T.s.: norelyativistik, postulat, De-Broyl, to'lqin, energiya, impuls, yorug'lik.

4. Atom nurlanish spektridagi qonuniyatlar. Balmerning umumlashgan formulasi, layman, Pashen, Breket, Pfund seriyalari. Ridberg doimiysi. T.s.: Vodorod, atom, spektral, yulduz, chegara, ko'rinadigan, to'lqin uzunligi, farq.

5. Atomar dastada atomlarning tezliklar bo'yicha taqsimlanishi

$$f(u) = u^3 e^{-u^2} \quad (1)$$

formulasiga bo'ysunadi (bu yerda $u = \frac{v}{v_{xx}}$ -dastadagi atomlar tezligining manbada Maksvell taqsimoti

bo'yicha eng ehtimolli tezlikka nisbati). Bu formuladan kelib chiqib,

a) (I)taqsimot funksiyasini de Broyl to'lqin uzunligi bo'yicha ifodalang ,

b) atomlar dastasi 300 K haroratda joylashgan geliy atomlari bo'lsa, uning eng ehtimolli de – Broyl to'lqin uzunligini hisoblansin.

Kafedra mudiri:

Prof. R.M.Ibadov

Fizika fakulteti yadro fizika kafedrası «Atom fizika» kursidan III-kurs talabalariga yakuniy nazorat savollari

VARIANT-13

1. Uyg'ongan potentsiallarda birdaniga aniqlash. T.s.: Mak-millan, elektron, energiya, monometr, nasos, pagona, sxema, zambarak, geliy, silindr, metall.

2. Zarralarning erkin harakati. T.s.: mikrozarra, De-Broyl, to'lqin mumtoz, kvant, Shredinger, Geyzenberg, Diran, funksiya, normalangan funksiya, energiya.

3. Spektral termlar. Kombinasion prinsip. T.s.: To'lqin soni, funksiya, seriya, chiziq, emperik, g'alati, son, Bor, kvant, postulat, Ridberg.

4. Zarralarning bir o'lchamli potentsial o'rtadagi xarakati. T.s.: maydon, elektron, potentsial, urta, metall, ion, energiya, diskret, satx, Pauli, spin.

5. Uy haroratidagi tezlikka ega bo'lgan va massasi $m = 2 \cdot 10^{-27}$ kg bo'lgan molekulaning holatini aniqlashda xatolik 10^{-10} m atrofida bo'lsa, uning impulsini aniqlashdagi xato, shuningdek nisbiy xato xisoblansin.

Kafedra mudiri:

Prof. R.M.Ibadov

Fizika fakulteti yadro fizika kafedrası «Atom fizika» kursidan III-kurs talabalariga yakuniy nazorat savollari

VARIANT-14

1. Doiraviy orbitallarni kvantlash. T.s.: Bor, nazariya, postulat, yadro, doiraviy, orbita, mumtoz, mexanika.

2. Kvant sonlari va ularning fizik ma'nosi. T.s.: Pauli, atom, elektron, qobiq, orbital, magnit, spin, spektral, xolat, stasionar.

3. Energetik xolatlar uchun Bor nazariyasi. T.s.: Gaz, nazariya, Kulon, «kvantlash qoidasi», orbita, moment, karrali, harakat, miqdor, moment, kvanti.

4. Mikrozarralarning potentsial to'siqdan o'tishi. T.s.: zarra, xarakat, potentsial, tunnel samarasi, turg'un, amplituda, qaytish ko'effitsiyenti, shaffofligi.

5. Uyg'ongan xolatda atomning yashash vaqti 10^{-8} s. Atom nurlangan vaqtda nurlanadigan foton energiyasidagi chetlanish qisoblansin. Agar nurlanuvchi foton spektrning ko'zga ko'rinadigan qismiga mansub bo'lsa ($\lambda = 4000$ A), spektral chiziq kengligi qanday bo'ladi ?

Kafedra mudiri:

Prof. R.M.Ibadov

Fizika fakulteti yadro fizika kafedrası «Atom fizika» kursidan III-kurs talabalariga
yakuniy nazorat savollari

VARIANT-15

1. Tunnel samarasi. T.s.: zarra, xarakat, potensial, turg'un, amplituda, qaytish ko'effitsiyenti, o'tish ko'effitsiyenti.
2. Energetik xolatlar uchun Bor nazariyasi. T.s.: kinetik, atom, kulon, kvanlash, spektroskopik, yadro, elektron, vodorod, massa, chekli.
3. Oddiy va murakkab Zeyeman samaralari. T.s.: normal, anomal, spektr, magnit, maydon, orbital, dipol, siljish, o'tish.
4. Atom planetar modelining kamchiliklari. T.s.: musbat, elektrodinamika, ossillyator, stasionar, mumtoz, Bor, spektral, elektron.
5. Chastotasi ω bo'lgan minimal energiyasini mumkin bo'lgan minimal energiyasini aniqsizlik munosabatlari asosida baholang.

Kafedra mudiri:

Prof. R.M.Ibadov

Fizika fakulteti yadro fizika kafedrası «Atom fizika» kursidan III-kurs talabalariga
yakuniy nazorat savollari

VARIANT-16

1. Kvant sonlari va ularning fizik ma'nosi. T.s.: pauli, atom, elektr, kobik, orbital, magnit, spin, spektral, xolat, stasionar.
2. Larmor teoremasi. T.s.: Atom, magnit, maydon, koordinata, manfiy, parallel, prinsiya orbita, chastoat.
3. Tunnel samarasi. T.s.: zarra, xarakat, potensial, turgun, amplituda, kaytish ko'effitsiyenti, o'tish ko'effitsiyenti, shaffofligi.
4. Frank va Gers tajribasi. T.s.: Bor, kvant, gaz, molekula, atom elektron taqsimlanish, elastik, potensial, tok kuchi, kuchlanish.
5. Agar quvvati 2,0 GVt bo'lgan impulsli rubin lazer 10 nc vaqt davom etadigan impuls hosil qilsa, lazer energiyasini o'lchashda yo'l qo'yiladigan aniqsizlik hisoblansin.

Kafedra mudiri:

Prof. R.M.Ibadov

Fizika fakulteti yadro fizika kafedrası «Atom fizika» kursidan III-kurs talabalariga
yakuniy nazorat savollari

VARIANT-17

1. Shredinger tenglamasi kvant mexanikasining asosiy tenglamasi. T.s.: Norelyativistik, postulat, De-Broyl to'lqini, energiya, impuls, yorug'lik, laplas.
2. Mumtoz, mexanika, magnit, orbital, aylanma, dipol, koordinata, yadro, ellipsimon, markaziy, mexanik.
3. De-Broyl gipotezasi. T.s.: to'lqin, zarra, dualizm, yoruglik, optik, gipoteza, monoxromatik, tezlik, massa, relyativistik.

4. Elastik va noelastik to'liqlanishlar. T.s.: elektron, energiya, kristal, atom, to'liqligi, tezlik, potensial, termoelektron, tok.
5. Massasi m , tezligi $v(v \ll c)$, bo'lgan erkin zarra x o'qining musbat yo'nalishi bo'ylab harakat qiladi. Bu zarra uchun Shryodinger tenglamasining yechimi topilsin.

Kafedra mudiri:

Prof. R.M.Ibadov

Fizika fakulteti yadro fizika kafedrası «Atom fizika» kursidan III-kurs talabalariga
yakuniy nazorat savollari

VARIANT-18

1. To'liq tenglamasi. T.s.: yassi, to'liq, bushlik, maydon, Maksvell, Laplas operatori, superpozitsiya.
2. Kompton samarasi. T.s.: kvant, Eynshteyn, foton, kompton, energiya, chastota, burchak nishon, to'liqlanish, energiya, elektron, domiy.
3. Aniqlik munosibatlari. T.s.: De-Broyl to'liqlari, zarra to'liq, monokristal fazo, vaziyat, tezlik, makroskopik, paket, paket kengligi, Geyzenberg, noaniqlik.
4. Yorug'lik bosimi. T.s.: elektromagnit, bosim, vektor, metall, Lorens, sirt, qaytish, koeffitsiyent, parran, tajriba, qurilma.
5. Geliy atomi uchun Shryodinger tenglamasini yozing.

Kafedra mudiri:

Prof. R.M.Ibadov

Fizika fakulteti yadro fizika kafedrası «Atom fizika» kursidan III-kurs talabalariga
yakuniy nazorat savollari

VARIANT-19

1. Alfa zarralarning moddada sochilishi. T.s.: geliy, atom, radioaktiv, tajriba, folga, neytral, elektron, surib, ekran.
2. Yassi to'liqlarni quyishi. T.s.: monoxramatik, to'liq, fazo, yorug'lik, garmonik, interferensiya, amplituda, fazoviy tezlik, guruxiy tezlik.
3. Atomdagi xarakat miqdor momenti. T.s.: Mumtoz, mexanika, radius, vektor, koordinata, proyeksiya, operator, funksiya, yulduz.
4. Mikrozarralarning potensial to'siqdan o'tishi. T.s. Zarra, xarakat, potensial, tunnel samarasi, turgin, amplituda, kaytish koeffitsiyent.
5. Energiyasi $E > 0$, massasi m bo'lgan zarraning

$$U(x) = 0, \quad 0 < x < L$$

$$\infty, \quad x \leq 0, \quad x \geq L$$

potensial maydonda bir o'lchamli harakati qaralsin.

Kafedra mudiri:

Prof. R.M.Ibadov

Fizika fakulteti yadro fizika kafedrası «Atom fizika» kursidan III-kurs talabalariga
yakuniy nazorat savollari

VARIANT-20

1. Atomning planetar modeli va uning kamchiliklari. T.s.: model, yadro, elektron, orbita, zaryad, sistemasi, trayektoriya, nurlanish, N.Bor, diskret.
2. Devison Jermer va Tomson-Tartakovkiy tajribalari. T.s.: nikel, nishon, elektron, suyuq xavo, taqsimot, modda, pekristal, tezlatgich, taqsimlanish.
3. Eynshteyn formulasi. Elektronlarning metaldan chiqish ishi. T.s.: Yorug'lik, to'liq, foton, energiya, metall, elektron, fotosamara, qizil chegara.
4. De-Broyl gipotezasi tajribada tasdiqlanishi. T.s.: to'liq, xossa, interferensiya, to'liq uzunligi, atom, gipoteza, moddiy zarra, proton, neytron.

5. Energiyasi E , massasi m , bo'lgan zarraning $U(x) = \frac{kx^2}{2}$ potensial maydonda harakati tekshirilsin.

Kafedra mudiri:

Prof. R.M.Ibadov

Fizika fakulteti yadro fizika kafedrası «Atom fizika» kursidan III-kurs talabalariga
yakuniy nazorat savollari

VARIANT-21

1. De-Broyl gipotezasi. T.s.: to'liq, zarra, dualizm, yorug'lik, optik, gipoteza, monoxromatik, tezlik, massa, relyativistik.
2. Rentgen nurlarining turlari va spektri. T.s.: kislorod, uran, rentgen, to'liq, k-seriya, struktura, K_E , K_V , K_γ ravish.
3. To'liqlarning guruxiy va fazoviy tezliklari. T.s.: impuls, energiya, zarra, to'liq, fazo, xarakat, vektor, amplituda, chastota, vaqt.
4. Kompton samarasi. T.s.: kvant, Eynshteyn, foton, Kompton, xodisa, tajriba, chastota, burchak, nishon, tuqnashish, energiya, elektron.
5. Vodorod atomi uchun $\Psi_2(r) = (1 - \frac{r}{2a})e^{-r/2a}$ to'liq funksiya Shredinger tenglamasining yechimi hisoblansa, bu holatda atom energiyasi hisoblansin.

Kafedra mudiri:

Prof. R.M.Ibadov

Fizika fakulteti yadro fizika kafedrası «Atom fizika» kursidan III-kurs talabalariga
yakuniy nazorat savollari

VARIANT-22

1. Rentgen nurlarining yutilishi. T.s.: rentgen, modda, optik, yorug'lik, shaffof, muxit, sindirish ko'rsatkich, absorbsiya.
2. De-Broyl to'liqlarining xususiyatlari. T.s.: De-Broyl, yassi, to'liq, fazoviy tezlik, energiya, xarakat, impuls, vektor, guruxiy tezlik, gurux, to'liq paketi.
3. Yorug'lik bosimi. T.s.: Maksvell, elektromagnit, bosim, vektor, metal, sirt, qaytish, tajriba qurilma.
4. Atom tuzilishining Rezerford modeli. T.s.: atom, yadro, model, zarkogoz, qurg'oshin, γ -zarra sochilishi, ekran, mikroskop, nishon, metall.
5. Massasi m , energiyasi $E = \frac{1}{2}U_0$ zarraning $U(x) = U_0\left(1 - \frac{x^2}{a^2}\right)$ potensial to'siq orqali o'tish ehtimoli hisoblansin.

Kafedra mudiri:

Prof. R.M.Ibadov

Fizika fakulteti yadro fizika kafedrası «Atom fizika» kursidan III-kurs talabalariga
yakuniy nazorat savollari

VARIANT-23

1. To'liq va zarralar. T.s.: to'liq, monoxromatik, yassi, differensial, tenglama, yechish, funksiya, amplituda, faza, korpuskulyar, xususiyat, proton, atom, neytron.
2. Atom planetar modelining kamchiliklari. T.s.: musbat, elektrodinamika, ossillyator, statsionar, mumtoz, Bor, spektral, elektron.

3. Kvant soni va ularning fizik ma'nosi. T.s.: Pauli, atom, elektron, kobik, orbital, magnit, spin, spektral, xolat, stasionar.
4. Yorug'lik bosimini kvant tasvvurlar asosida tushuntirish. T.s.: Sirt, normal, yassi, yoruglik, monoxromatik, dasta, yuza, foton, impuls, bosim, massa.

Kafedra mudiri:

Prof. R.M.Ibadov

Fizika fakulteti yadro fizika kafedrası «Atom fizika» kursidan III-kurs talabalariga
yakuniy nazorat savollari

VARIANT-24

1. Induksiyanlangan nurlanish va uning xususiyatlari. T.s.: Eynshteyn , nurlanish, impuls, nazariya, foton, energiya, yutish, majburiy, fotometriya, intensivlik.
2. De-Broyl gipotezasining tajribada tasdiqlanishi. T.s.: Mikrozarra, to'liq, interferensiya, difraksiya, to'liq uzunligi, energiya, elektron, kristall.
3. Uyg'otilgan atom nurlanishi. T.s.: Elektron, energiya, atom, N.Bor, postulat, simob, potentsial, bombardirmon, spektr.
4. Oddiy va murakkab Zeyeman samarasi. T.s.: Normal, anomal, spektr, magnit, maydon, orbital, dipol, siljim, ajralish, o'tish, qoplash.
5. Natriy atomi S-,P-,D -termlar uchun Ridberg tuzatmalari mos ravishda $-1,37$, $-0,9$, $-0,01$ qiymatlarga ega. Termlarni $R(Z - a)^2 / n^2$ ko'rinishida olib (Z - atomning tartib soni) 3S, 3P, 3D termlar uchun a -tuzatmaning qiymatini hisoblang.

Kafedra mudiri:

Prof. R.M.Ibadov

Fizika fakulteti yadro fizika kafedrası «Atom fizika» kursidan III-kurs talabalariga
yakuniy nazorat savollari

VARIANT-25

1. Bor-kvant postulatları. T.s.: Atom, sistema, xolat, stasionar, zaryad, diskret, chastota, nurlanish, mumtoz, davriy.
2. Shtern-Gerlax tajribasi. T.s.: atom, induksiya, magnit, maydon, ichki, energiya, to'liq, moment, xolat, kvant, chastota, Lande, o'tish.
3. Plank formulasini Eynshteyn usulida keltirib chiqarish. T.s.: Detal, prinsip, termodinamik, atom, elektromagnit, spontan, Bolsman, statistik, Reley-Jins, koeffitsiyent.
4. Vodorod va vodorod simon atomlar. T.s.: atom, Mendeleyev, element, elektron, yadro, maydon, sistema, proton, neytron, zaryad.
5. Ionlashgan geliy atomi spektri Pashen tomonidane tekshirilganda vodorod atomi spektrida kuzatiladigan $H_{\alpha}(\lambda_{\alpha}=6562 \text{ \AA})$, $H_{\beta}(\lambda_{\beta}=4861,3 \text{ \AA})$, $H_{\gamma}(\lambda_{\gamma}=4340,5 \text{ \AA})$ chiziqlari orasida joylashgan yangi 3 ta spektral chiziq kuzatilgan. Pikering formulasidan foydalanib, bu chiziqlarning to'liq uzunliklari hisoblansin.

Kafedra mudiri:

Prof. R.M.Ibadov

Fizika fakulteti yadro fizika kafedrası «Atom fizika» kursidan III-kurs talabalariga
yakuniy nazorat savollari

VARIANT-26

1. Zarralarning erkin xarakati. T.s.: Mikrozarra, De-Broyl, to'liq, mumtoz, kvant, Shryodinger, Geyzenberg, Dirak, funksiya, norlamangan funksiya, energiya.
2. Alfa-zarralar sochilishning nazariyasi. T.s.: Zarra, massa, yadro, tezlik, nishonga olish, masofasi, ogish burchagi, statistik, fazoviy, burchak.

3. Elektron spini. T.s.: Gaudsmit, Ulenbek, xarakat, moment, magnit, xususiy, spin, struktura, proyeksiya, kvant.
4. Fotosamara va uning qonuniyatlari. T.s.: Gers. Stoletov, elektrod, plastinka, galvanometr, Tomson, sirt, potensiometr.
5. Agar natriy atomi S-, P-termolari uchun Ridberg tuzatmalari mos ravishda $-1,37$ va $-0,9$ kiyamatga ega bo'lsa, bu atomning 4S-uygongan xolatdan 3S-asosiy xolatga o'tishida yuzaga keladigan spektral chiziqlar to'lqin uzunliklari hisoblansin.

Kafedra mudiri:

Prof. R.M.Ibadov

Fizika fakulteti yadro fizika kafedrası «Atom fizika» kursidan III-kurs talabalariga
yakuniy nazorat savollari

VARIANT-27

1. Spektral termilar. Kombinasion prinsip. T.s.: Vodorod, spetr, kombinatsion, term, atom, to'lqin, Layman, Bor, chastota.
2. Zarralarning bir o'lchamli potensial o'radagi xarakati. T.s.: Maydon, elektron, potensial, metall, ion, energiya, diskret, satx, Pauli, spin, antiparallel
3. Bor-kvant postulatları. T.s.: Atom, sistema, xolat, stasionar, zaryad, diskret, chastota, nurlanish, mumtoz, davriy.
4. To'lqin paket. T.s.: to'lqin, chastota, amplituda, tezlik, xarakat, gurux, fazo, energiya.
5. Xolati bosh kvant sonning $n=3$ qiymati bilan aniqlanadigan vodorod atomi uchun elektron to'liq momentining maksimal va minimal qiymatlari topilsin va elektron spektral xolatlari yozilsin.

Kafedra mudiri:

Prof. R.M.Ibadov

Fizika fakulteti yadro fizika kafedrası «Atom fizika» kursidan III-kurs talabalariga
yakuniy nazorat savollari

VARIANT-28

1. Mikrozararlarning potensial to'siqdan o'tishi. T.s.: Zarra, xarakat, potensial, amplituda, o'tish koeffitsiyenti.
2. Yadroning zaryadi va uni o'lchash usullari. T.s.: Rezerford, yadro, elementar, musbat.
3. Shryodinger tenglamasi-kvant mexanikasining asosiy tenglamasi. T.s.: Postulat, De-Broyl to'lqini, energiya, doza, impuls, Laplas, operator.
4. Majburiy nurlanish va uning xususiyatlari. T.s.: Enshteyn, yorug'lik, radiofizika, radiotexnika, parallel, majburiy.
5. Uyg'ongan geliy atomida elektronlardan biri p-xolatda, ikkinchisi d-xolatda joylashgan. Bu atomning mumkin bo'lgan orbital kvant soni va unga mos keluvchi orbital momentlari hisoblansin.

Kafedra mudiri:

Prof. R.M.Ibadov

Fizika fakulteti yadro fizika kafedrası «Atom fizika» kursidan III-kurs talabalariga
yakuniy nazorat savollari

VARIANT-29

1. Sochilishning samarali kesimi. T.s.: Tassavurlar, atom, yadro, tizim, tuqnashish, ehtimoliyat.
2. Mikrozararlarning koordinata va impulslerini bir vaqtda aniqlash. T.s.: Dualizm, elektron, impuls, mikrozarra, ekran, difraksion manzara, tirkish.

3. Energetik xolatlar uchun Bor nazariyasi. T.s.: Kinetik, atom, Kulon, kvantlash, spektroskop, yadro, elektron, vodorod, massa, chekli.
4. Tunnel samarasi. T.s.: Zarra, xarakat, potensial, amplituda, uytish koeffitsiyenti, qaytish koeffitsiyenti.
5. Qalingini d-ga teng bo'lgan moddadan o'tayotgan rentgen nurlarining 2 marta susayishiga to'g'ri keluvchi qalinlik uchun $d_{1/2} = \frac{0,693}{\left(\frac{\mu}{\rho}\right)\rho}$ munosabat o'rinli ekanligi isbotlansin.

Kafedra mudiri:

Prof. R.M.Ibadov

Fizika fakulteti yadro fizika kafedrası «Atom fizika» kursidan
III-kurs talabalariga yakuniy nazorat savollari
VARIANT-30

1. Gazli lazerning aktiv qismi. Spontan nurlanish. T.s.: Gaz, diametr, atom, trubka, nurlanish, mexanizm, energiya, chastota, etimoliyat.
2. Zarralarning bir o'lchash potensial o'radagi xarakati. T.s.: Maydon, elektron, potensial, o'ra, metall, ion, energiya, diskret, satx, Pauli, spin, antiparallel.
3. Xarakteristik rentgen nurlarining yadro zaryadiga bog'liqligi. Mozeli qonuni. T.s.: Mozeli, spektr, chastota, gorizont, kvadrat, davriy, vodorod, strukturasi.
4. To'lqin paket. T.s.: to'lqin, chastota, amplituda, tezlik, xarakat, gurux, vaqt.
5. Muayyan to'lqin uzunlikdagi rentgen nurlarining yarim susayish uchun alyuminiy qalinligi bo'lmog'i lozim?. Bu to'lqin uzunlik uchun alyuminiyning massali yutilish koeffitsiyenti $\frac{\tau}{\rho} = 5,3M^2 / \kappa^2$

Kafedra mudiri:

Prof. R.M.Ibadov

«ATOM FIZIKA» FANIDAN

TEST SAVOLLARI

1. Majburiy va induksiyalangan nurlanish qanday holda sodir bo'ladi?

*Tizim quyiroyq energetik holatga biror tashqi ta'sir tufayli majburan o'tganda

Tizim yuqoriroyq energetik holatga biror tashqi ta'sir tufayli o'tganda

Tizim yuqoriroyq energetik holatga ta'sirsiz o'tganda

Tizim eng yuqoriroyq energetik holatga tashqi ta'sir natijasiz o'tganda

2. Lazer (Mazer) larni ixtiro etgan olimlar kimlar?

*Basov, Proxorov, Tauns

Basov, Eynshteyn, Vavilov

Vavilov, Cherenkov, Landau

Cherenkov, Tauns, Tamm

3. Fotosamara hodisasi ta'rifi qaysi javobda to'g'ri berilgan?

*Yorug'lik ta'sirida metall sirtidan elektronlarning ajralib chiqishi

Rentgen nurlari ta'sirida metall sirtidan elektronlarning ajralib chiqishi

Pozitronlar ta'sirida metall sirtidan elektronlarning ajralib chiqishi

Protonlar ta'sirida metall sirtidan elektronlarning ajralib chiqishi

4. Fotosamara hodisasi 1887 yili kim tomonidan kuzatildi?

*G.Gers

A.Eynshteyn

Rentgen

Lebedev

5. Fotosamara hodisasi plastinkaning qanday xossalariga bog'liq?

*Kimyoviy tarkibi va plastinka sirtining tozaligiga

Kimyoviy tarkibi va plastinka sirtining nosilliqligiga

Biofizik tarkibi va plastinka qanday elementdan tuzilganligiga

Plastinka element tartib raqami (Z) ga, plastinka qalinligiga

6. Yorug'likning kvant nazariyasi kim tomonidan, qachon yaratildi?

*1905 yilda M.Plank

1905 yilda A.Eynshteyn

1903 yilda G.Gers

1903 yilda A.G. Stoletov

7. Tashqi fotosamara uchun Eynshteyn formulasini ko'rsating.

$$* h\nu = A + \frac{m_e g^2}{2}$$

$$h\nu = A_{\pm} + mgh$$

$$h\nu = A_q - \frac{m_e c^2}{2}$$

$$h\nu = A_q + E$$

8. Fotosamara hodisasida foton bilan elektronning ta'sirlashuvi jarayonida fotonning $h\nu$ energiyasi qaysi zarraga o'tadi?

*Elektronga

Protonga

Neytronga

Pozitronga

9. Tashqi fotosamara deb nimaga aytiladi?

*Elektronlar metallardan tashqariga ajralib chiqsa

Fotopozitronlar metallardan tashqariga ajralib chiqsa

Protonlar metallardan tashqariga ajralib chiqsa

Neytronlar moddadan tashqariga ajralib chiqsa

10. Ichki fotosamara hodisasiga qaysi javobda to'g'ri izoh berilgan?

* Elektron metallardan chiqmasdan uning ichida qolsa

Pozitron metallardan chiqmasdan uning ichida qolsa

Elektron metallardan tashqariga chiqsa

Pozitron metallardan tashqariga chiqsa

11. Fotosamara hodisasining «qizil chegarasi» qaysi tenglikda to'g'ri berilgan?

$$*h\nu_0 = A$$

$$2h\nu_0 = A$$

$$h\nu_0 \approx A^2$$

$$h\nu_0 \neq A$$

12. Fotosamara hodisasi qaysi holda kuzatilgan?

*Yorug'lik to'lqin uzunligi «Qizil chegaradan» kichik (yorug'lik intensivligi nihoyatda kuchsiz) bo'lgan hollarda

Yorug'lik to'lqin uzunligi «Qizil chegaradan» katta (yorug'lik intensivligi nihoyatda kuchsiz) bo'lgan hollarda

Yorug'lik to'lqin uzunligi «Qizil chegaradan» katta (yorug'lik intensivligi nihoyatda katta) bo'lgan hollarda

Yorug'lik to'lqin uzunligi «Qizil chegaradan» juda katta (yorug'lik intensivligi nihoyatda juda katta) bo'lgan hollarda

13. Kompton effektining ta'rifi kaysi javobda to'g'ri berilgan?

*Fotonning erkin elektronlardan sochilishida nurlanishning to'lqin uzunligi o'zgarishiga Kompton effekti deyiladi

Rentgen nurlarini qattiq jismlarda yutilishida nurlanishning to'lqin uzunligining o'zgarishi Kompton effekti deyiladi

Rentgen nurlarini qattiq jismlarda sochilishida nurlanishning to'lqin uzunligi o'zgarmay kolishiga Kompton effekti deyiladi

Rentgen nurlarini qattiq jismlarda yutilishida nurlanishning to'lqin uzunligi o'zgarmay qolishiga Kompton effekti deyiladi

14. Kristallga tushayotgan rentgen nurlarining chastotasi bilan sochilgan nurlanishlar chastotasi o'rtasida qanday farq bor?

*Sochilgan nurlar chastotasi ν' tushayotgan nurlar chastotasidan ν kichik

Sochilgan nurlar chastotasi tushayotgan nurlar chastotasidan katta

Tushayotgan nurlar chastotasi sochilgan nurlar chastotasidan kichik

Tushayotgan nurlar chastotasi sochilgan nurlar chastotasi bilan teng

15. Tushayotgan va sochilgan rentgen nurlari to'lqin uzunliklari farqi $\Delta\lambda = \lambda' - \lambda$ ning sochilish burchagiga bog'liqligi qaysi formulada to'g'ri berilgan?

$$* \Delta\lambda = 2K \sin^2\left(\frac{\Theta}{2}\right)$$

$$\Delta\lambda = 2K \sin^2(\Theta).$$

$$\Delta\lambda = 4K \sin(\Theta)$$

$$\Delta\lambda = 4K \sin(\Theta/2).$$

16. Rentgen nurlarining kristalldan sochilish hodisasi fotonlarning erkin elektronlar bilan to'qnashuvi natijasida sochilishi qaysi javobda to'g'ri berilgan?

*Tushuvchi foton, nishon elektron, sochilgan elektron va sochilgan foton

Tushuvchi foton, sochilgan elektron, nishon yelektron va sochilgan foton

Tushuvchi elektron, sochilgan foton, nishon elektron va sochilgan foton

Tushuvchi foton, nishon foton, sochilgan elektron va sochilgan foton

17. Maksvell nazariyasiga asosan yorug'lik bosimi qaysi javobda o'rinli berilgan:

$$*r = \omega(1 + \rho)$$

$$r = \omega(1 - \rho)$$

$$r = \omega(\rho)$$

$$r = \omega\left(\frac{1}{\rho}\right)$$

18. Mumtoz mexanikada impuls momentining kvadrati uning koordinata o'qlaridagi proyeksiyalari kvadratining yig'indisiga teng ekanligi qaysi javobda to'g'ri berilgan?

$$*M^2 = M_x^2 + M_y^2 + M_z^2$$

$$M^2 = M_x^2 - M_y^2 + M_z^2$$

$$M^2 = M_x^2 - M_y^2 - M_z^2$$

$$M = M_x + M_y + M_z$$

19. Elektron orbital magnit momenti qaysi ifodada o'z aksini topgan?

$$*\mu_\ell = -\frac{\hbar}{2m_e} \frac{e}{c}$$

$$\mu_\ell = +\frac{e}{2m_e c} M_\ell$$

$$\mu_\ell = \frac{e}{2m_e c} M_\ell$$

$$\mu_e = -\frac{e}{2m_e c} m_p$$

20. Bor magnetoning o'lchov birligi to'g'ri berilgan javobni aniqlang.

$$*[\mu_B] = \text{erg} / G_s$$

$$[\mu_B] = \text{жюль} / G_c$$

$$[\mu_B] = .H / G_c$$

$$[\mu_B] = \mathfrak{A} p \mathfrak{z} /_{.cm}$$

21. Lormor teoremasi formulasi qaysi javobda to'g'ri berilgan?

$$* \omega = \frac{\mathfrak{A}}{2\mathfrak{O}\mathfrak{N}} \dot{I}$$

$$\omega = \frac{h\mathfrak{A}}{2\mathfrak{O}_a\mathfrak{N}} \dot{I}$$

$$O = \frac{e}{2mc} E$$

$$O = -\frac{e}{2mc} H$$

22. Korpuskulyar nazariyada zarra energiya (E) va impuls (p) orqali ifodalanadi. Bu qaysi ifodalarda to'g'ri berilgan?

$$* E = h\nu \quad \text{va} \quad p = \frac{h}{\lambda}$$

$$E = h\nu \quad \text{va} \quad p = \frac{hm}{\lambda}$$

$$E = h\nu^2 \quad \text{va} \quad p = \frac{hm}{\lambda}$$

$$E = \frac{hm}{\lambda} \quad \text{va} \quad p = \frac{hm}{\lambda}$$

23. U -potensiallar farqida tezlashtirilgan elektronning de-Broyl to'liqin uzunligi qanday ko'rinishga ega?

$$* \lambda = \frac{h}{\sqrt{2m_e eU}}.$$

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2m_n eV}}$$

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2m_h eV}}$$

$$\lambda = \lambda_0 \frac{h}{\sqrt{2m_e eV}}$$

24. Kristaldan qaytgan nur interferensiyasi maksimumlarining vaziyati Bregg- Vulf formulasi qaysi ko'rinishda to'g'ri berilgan?

$$* 2d \cos \Theta = n\lambda$$

$$2d \cos \frac{\Theta}{2} = n\lambda$$

$$2d \cos^2 \Theta = n\lambda$$

$$2d \cos^2 \Theta = n\lambda$$

25. Sindirish ko'rsatkichi n -hisobga olinganda Vulf-Brett formulasining umumiy ko'rinishi qanday?

$$* 2d\sqrt{n^2 - \cos^2 \Theta} = k\lambda$$

$$2d\sqrt{(n^2 + \cos^2 \Theta)} = k\lambda$$

$$2d(n^2 - \cos^2 \Theta) = k\lambda$$

$$2d\sqrt{(n^2 + \cos^2 \Theta)} = k\lambda$$

26. Geyzenbergning noaniqlik munosabatlari qaysi ko'rinishda to'g'ri berilgan?

$$* \Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{1}{2} \hbar$$

$$\Delta x \cdot \Delta p \leq \frac{1}{2} \hbar$$

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{1}{2} mc$$

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{1}{2} \hbar^2$$

27. Mikroobyektlar bir vaqtning o'zida ham zarra, ham to'lqin xossalriga ega bo'la oladimi?

* Ega bo'la oladi

Ega bo'la olmaydi

Bir vaqtning o'zida to'lqin xususiyatini ko'rsatsa, zarra xususiyatini ko'rsata olmaydi

28. Mikrozarra xolati de-Broyl yassi to'lqin funksiyasi orqali qaysi ko'rinishda to'g'ri berilgan?

$$* \Psi(\vec{r}, t) = A \cdot e^{-\frac{i}{\hbar}(Et - \vec{p} \cdot \vec{r})}$$

$$\Psi(\vec{r}, t) = A \cdot e^{-i(k \cdot \vec{r} - \omega t)}$$

$$\Psi(\vec{r}) = A \cdot e^{i(k \cdot \vec{r})}$$

$$\Psi(\vec{r}, t) = A \cdot e^{-i(k \cdot \vec{r} - \omega t)}$$

29. Zarra tezligi yorug'lik tezligidan kichik bo'lganda ($V \ll c$) zarraning to'lqin energiyasi qanday aniqlanadi?

$$* \hat{A} = \frac{p^2}{2m} + eU$$

$$\hat{A} = \frac{p^2}{2m} - V$$

$$\hat{A} = \frac{p^2}{2m} + V_{ik}$$

$$\hat{A} = \frac{p^2}{2\hbar m} + V$$

30. Mikrozarra holatining vaqtga bog'liqligini ifodalovchi Shredinger tenglamasi qaysi ko'rinishda o'rinli? (Shredingerning vaqtga bog'liq tenglamasi):

$$* -\frac{\hbar}{i} \frac{\partial \Psi(\vec{r}, t)}{\partial t} = (-\frac{\hbar^2}{2m} \Delta \Psi(\vec{r}, t) + U) \Psi(\vec{r}, t)$$

$$-\frac{\hbar}{i} \frac{\partial \Psi(\vec{r}, t)}{\partial t} = (-\frac{\hbar^2}{2m} \Delta^2 \Psi(\vec{r}, t) + U) \Psi(\vec{r}, t)$$

$$-\frac{\hbar}{i} \frac{\partial \Psi(\vec{r}, t)}{\partial t} = (-\frac{\hbar^2}{2m} \Delta \Psi(\vec{r}, t) + U) \Psi^2(\vec{r}, t)$$

$$-\frac{\hbar}{i} \frac{\partial \Psi(\vec{r}, t)}{\partial t} =$$

$$= \left(-\frac{\hbar^2}{2m} \Delta \Psi(\vec{r}, t) + U \right) \Psi(\vec{r}, t)$$

31. Mikrozarraning vaqtga bog'lik bo'lmagan stasionar holatini ifodalovchi formulani toping. (Shredingerning stasionar formulasi)?

$$* \Delta \Psi(\vec{r}) + \frac{2m}{\hbar^2} (E - U) \Psi(\vec{r}) = 0$$

$$\Delta^2 \Psi(\vec{r}) + \frac{2m}{\hbar^2} (E - U) \Psi(\vec{r}) = 0$$

$$\Delta \Psi(\vec{r}) + \frac{2m}{\hbar} (E + U) \Psi(\vec{r}) = 0$$

$$\Delta \Psi(\vec{r}, t) + \frac{2m}{\hbar^2} (E - U) \Psi(\vec{r}, t) = 0$$

32. Shredingerning stasionar tenglamasi qaysi ko'rinishda to'g'ri keltirilgan?

$$* \hat{H} \Psi = E \Psi$$

$$H \Psi = U \Psi$$

$$H \Psi = E \Psi$$

$$H \Psi = E \Psi$$

33. Atom o'lchamini aniqlashda qaysi formuladan foydalaniladi?

$$* R = (e^2 / m \omega^2)^{1/3}$$

$$R = (e / m \omega)$$

$$R = (e^2 / m \omega)^{1/3}$$

$$R = (e^2 / m \omega^2)^2$$

34. Alfa-zarraning sochilishi uchun Rezerford formulasi qaysi ko'rinishda to'g'ri berilgan?

$$* \frac{dN}{N} = n \left(\frac{2Ze^2}{m_\alpha \vartheta^2} \right)^2 \frac{d\Omega}{\sin^4(\Theta/2)}$$

$$\frac{dN}{N} = n \left(\frac{2Ze^2}{m_\alpha \vartheta^2} \right) \frac{d\Omega}{\sin^3(\Theta/2)}$$

$$\frac{dN}{N} = n \left(\frac{2Ze^2}{m_\alpha \vartheta^2} \right)^{-2} \frac{d\Omega}{\sin^8(\Theta/2)}$$

$$\frac{dN}{N} = n \left(\frac{2Z^4 e^2}{m_\alpha \vartheta} \right)^2 \frac{d\Omega}{\sin^4(\Theta/2)}$$

35. $n\sigma$ –ko'paytma makroskopik kesim deyiladi va uning o'lchov birligi qanday birliklarda o'lchanadi (Hajm birligidagi samarali kesim)?

$$* \frac{1}{cm^3} \cdot cm^2 = \frac{1}{cm}$$

$$\frac{1}{cm^2} \cdot cm^3 = cm$$

$$\frac{1}{cm^3} \cdot cm$$

$$cm^3 \cdot cm^2 = cm^5$$

36. r_{\min} -alfa-zarra va yadro markazlari orasidagi minimal masofa qaysi formulada to'g'ri berilgan?

$$* r_{\min} = \frac{4Ze^2}{m_\alpha \vartheta^2}$$

$$r_{\min} = \frac{4Ze^2}{m_e \vartheta}$$

$$r_{\min} = \frac{2Ze}{m_\alpha \vartheta^2}$$

$$r_{\min} = \frac{4Z \cdot e}{m_\alpha \vartheta}$$

37. N.Borning ikkinchi postulatiga binoan nurlanayotgan chiziqli spektral chastotasi qaysi formulada to'g'ri keltirilgan?

$$* \nu = E_n / h - E_m / h$$

$$\nu = E_n / \hbar - E_m / \hbar$$

$$\nu = E_n / h - E_m / h$$

$$\nu = E_n / \hbar - E_m / \hbar$$

38. Chedvik qaysi elementlar zaryadlarining (Z) qiymatlarini topishga muvaffaq bo'ldi?

*Pt, Ag, Cu

Pt, Au, Zn

Au, Ag, Cu

Pt, Ta, Cu

39. Tormozlanish rentgen nurlanishi qachon hosil bo'ladi?

*Tez elektronlar bilan metall plastinkalar bombardimon qilinganda

Sekin elektronlar bilan metall plastinkalar bombardimon qilinganda

Alfa-zarralar bilan metall plastinkalar bombardimon qilinganda

Protonlar bilan metall plastinkalar bombardimon qilinganda

40. Tormozlanish rentgen nurlanishi qanday spektr beradi?

*Tutash

Uzlukli

Tutash va uzlukli

Yalpi

41. Optik va rentgen nurlari spektrlarining farqlari nimada?

*Optik spektrlar murakkab, (bir necha yuzlab chiziqlardan iborat), rentgen nurlari spektrlari esa oddiy

Optik spektrlar oddiy, rentgen nurlari spektrlari murakkab, (bir necha yuzlab chiziqlardan iborat)

Optik spektrlar bir necha chiziqlardan, rentgen nurlari spektri esa minglab chiziqlardan iborat

Optik spektrlar juda ham oddiy, rentgen nurlari spektri esa o'ta murakkab

42. Kuchsizlanish koeffitsiyenti μ qanday koeffitsiyentlardan iborat?

* $\mu = \tau$ (haqiqiy yutilish koef.) + σ (sochilish koeffitsiyenti).

$$\mu = \tau - \sigma$$

$$\mu = \tau \cdot \sigma$$

$$\mu = \tau / \sigma$$

43. Rentgen nurlarining moddada sochilishining atom koeffitsiyenti uchun qaysi formula o'rinli?

$$* \sigma_a = \frac{8\pi}{3} \frac{e^4}{m^2 c^4} Z$$

$$\sigma_a = \frac{2\pi}{3} \frac{e^2}{m^2 c^4} Z$$

$$\sigma_a = \frac{4\pi}{3} \frac{e^4}{m^2 c^2} Z$$

$$\sigma_a = \frac{4\pi}{5} \frac{e^4}{m^2 c^4} Z$$

44. Rentgen nurlarining interferension qaytishi uchun qaysi javobdagi shart bajarilishi kerak?

$$* 2d \sin \Theta = n\lambda, \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

$$2d \sin^2 \Theta = n\lambda, \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

$$2d \sin \Theta = n^2 \lambda, \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

$$2d \sin \Theta = n\lambda, \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots$$

45. Xarakteristik rentgen nurlarining yadro zaryadiga bog'liqligi qaysi olim tomonidan topildi?

*Mozeli

Vulf-Bregg

Avagadro

Rentgen-Mozeli

46. 1 sm^3 hajmdagi elektronlar sonini qaysi formula yordamida aniqlash mumkin?

$$* n = \frac{NZ}{M} \rho$$

$$n = \frac{NZ}{M} P$$

$$n = \frac{N\sigma}{A} \rho$$

$$n = \frac{N\sigma}{M} P$$

47. Ushbularning qaysi birida elektronning solishtirma zaryadi qiymati va birliklari to'g'ri berilgan?

$$* \frac{e}{m} = 1,7601 \cdot 10^{-12} \frac{K\lambda}{\kappa\mathcal{Z}}$$

$$\frac{e}{m} = 1,7601 \cdot 10^{12} \frac{K\lambda}{\kappa\mathcal{Z}}$$

$$\frac{e}{m} = 1,7601 \cdot 10^{-12} \frac{\kappa\mathcal{Z}}{K\lambda} \cdot \mathcal{M}/c$$

$$\frac{e}{m} = 176,01 \cdot 10^{-12} \frac{K\lambda}{\mathcal{Z}} \cdot \mathcal{M}$$

48. E_m holatdan E_n holatga o'tishda chiqariladigan yoki yutiladigan nurlanish chastotasi (ν) qaysi formulada to'g'ri berilgan?

$$* \nu = \frac{E_m - E_n}{h}$$

$$\nu = \frac{E_m + E_n}{h}$$

$$h\nu = E_m - 2 \cdot E_n$$

$$h\nu = E + E_n$$

49. N.Borning kvant postulatlari qaysi olimlarning tajribalarida tasdiqlandi?

* Frank va Gers

J. Frank va Rentgen

G. Gers va Ridberg

Mozeli va Frank

50. 1885 yili Balmer topgan spektrning ko'rinadigan qismida yotuvchi (N_α , N_β , N_γ , N_δ) to'rtta chiziq to'liq uzunligini ifodalovchi empirik formula qaysi javobda to'g'ri berilgan?

$$* \lambda = B \frac{n^2}{n^2 - 4}$$

$$\lambda = B \frac{n^2 - 4}{n^2}$$

$$\lambda = B \frac{n}{n - 4}$$

$$\lambda = B \frac{n^2}{n - 2}$$

51. Balmer seriyasining odatdagi ko'rinishi qaysi birida to'g'ri berilgan?

$$* \nu = R(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}); (n = 3, 4, 5)$$

$$\nu = R(\frac{1}{2} - \frac{1}{n}); (n = 3, 4, 5)$$

$$\nu = R(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^4}); (n = 3, 4, 5)$$

$$\nu = R(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2}); (n = 4, 5)$$

52. Breket seriyasi to'g'ri berilgan javobni ko'rsating.

$$* \nu = R(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2}); (n = 5, 6, \dots)$$

$$\nu = R(\frac{1}{4} - \frac{1}{n}); (n = 5, 6, \dots)$$

$$\nu = R(\frac{1}{4} - \frac{1}{n^2}); (n = 5, 6, \dots)$$

$$\nu = R(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{n}); (n = 5, 6, \dots)$$

53. Pfund seriyasi mazkur javoblarning qaysi birida to'g'ri?

$$* \nu = R(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{n^2}); (n = 6, 7, \dots)$$

$$\nu = R(\frac{1}{5} - \frac{1}{n}); (n = 6, 7, \dots)$$

$$\nu = R(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{n^3}); (n = 6, 7, \dots)$$

$$\nu = R\left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{n^4}\right); (n = 6, 7, \dots)$$

54. Vodorod atomining barcha ma'lum seriyalari qaysi formula bilan to'g'ri ifodalaniladi?

$$* \nu = R\left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2}\right)$$

$$\nu = R\left(\frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right)$$

$$\nu = R\left(\frac{1}{m^4} - \frac{1}{n^4}\right)$$

$$\nu = R\left(\frac{1}{m^3} - \frac{1}{n^3}\right)$$

55. Vodorod atomining birinchi orbitasi qaysi formula bilan hisoblanadi?

$$* \alpha_0 = \frac{h^2}{4\pi^2 m e^2}$$

$$\alpha_0 = \frac{h^2}{2\pi m e^2}$$

$$\alpha_0 = \frac{\hbar^2}{2\pi m e^2}$$

$$\alpha_0 = \frac{h^2}{4\pi^2 m e}$$

56. Ridberg doimiysi R ni quyidagi formula $R = \frac{2\pi^2 m e^4}{h^3 c}$ yordamida hisoblab, qaysi qiymat va birlik to'g'ri ekanligini ko'rsating.

$$* R = 109737,303 \text{ cm}^{-1}$$

$$R = 109737,303 \text{ nm}^{-1}$$

$$R = 109737,303 \text{ nm}^{-2}$$

$$R = 109737111,303 \text{ nm}^{-1}$$

57. Ionlashgan Ne^+ geliyning spektral seriyasi formulasining qaysi ko'rinishdagisi to'g'ri?

$$* \nu = 4R_{\text{He}} \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2}\right)$$

$$\nu = 2R_0 \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

$$\nu = 2R \left(\frac{1}{m} - \frac{1}{n} \right)$$

$$\nu = 4R_{i\dot{a}} \left(\frac{1}{m} - \frac{1}{n} \right)$$

58. Piking seriyasi formulasi qaysi javobda to'g'ri berilgan?

$$* \nu = 4R_{i\dot{a}} \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{(n/2)^2} \right)$$

$$\nu = 2R_{i\dot{a}} \left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{(n/2)^2} \right)$$

$$\nu = 2R_{i\dot{a}} \left(\frac{1}{2^3} - \frac{1}{(n/4)^2} \right)$$

$$\nu = 4R_{i\dot{a}} \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{(n/2^2)^2} \right)$$

59. Layman spektrining chetki ultrabinafsha qismida kashf qilingan seriya qaysisida to'g'ri berilgan?

$$* \nu = R \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2} \right); (n = 2, 3, \dots)$$

$$\nu = \frac{R}{2} \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2} \right); (n = 2, 3, \dots)$$

$$\nu = \frac{R}{4} \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2} \right); (n = 2, 3, \dots)$$

$$\nu = \frac{R}{2} \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n} \right); (n = 2, 3, \dots)$$

60. Pashen spektrining seriyasi ushbu javoblarning qaysi birida to'g'ri?

$$* \nu = R \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2} \right); (n = 4, 5, \dots)$$

$$\nu = R \left(\frac{1}{3} - \frac{1}{n} \right); (n = 4, 5, \dots)$$

$$\nu = R \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2} \right); (n = 4, 5, \dots)$$

$$\nu = R \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^4} \right); (n = 4, 5, \dots)$$

61. Borning chastotalar sharti qaysi javobda to'g'ri berilgan?

$$* \nu = \frac{E_n}{h} - \frac{E_m}{h}$$

$$\nu = \frac{E_n}{\hbar c} - \frac{E_m}{\hbar c}$$

$$\nu = \frac{E_n}{hc} - \frac{E_m}{hc}$$

$$\nu = \frac{E_n^2}{\hbar c} - \frac{E_m^2}{\hbar c^2}$$

62. Metalldan elektronni ozod qilish uchun unga qanday energiya berish kerak?

*Unga eng katta potensial ura chuqurligi va kritik satxning kinetik energiyasi orasidagi ayirmaga teng bo'lgan energiya berish kerak

Unga potensial ura chuqurligidan katta bo'lgan energiya berish kerak

Unga kritik satxning kinetik yenergiyasidan katta energiya berish kerak

Unga potensial ura chuqurligi va kritik satxning kinetik energiyalar yig'indisiga teng energiya berish kerak

63. Fotoeffektda namoyon bo'ladigan elektronning metalldan chiqish ishi qanday ko'rinishda to'g'ri berilgan?

$$* A = eU - E_k$$

$$A = eU + E_k$$

$$A = eU^2 - E_k$$

$$A = e\hbar U - E_k$$

64. Termoemissiya hodisasi vujudga keladi:

*Metalni kizdirish tufayli, elektron energiyasi tormozlovchi maydonni yengish va metall tashqarisiga chiqish uchun yetarli bo'lsa

Metalni qizdirish tufayli, elektron energiyasi tormozlovchi maydonni yenga olsa

Metalni sovutish tufayli, elektron energiyasi tormozlovchi maydonni yenga olmasa va metaldan tashkariga chikish uchun yetarli bulmasa

Metlga yoruglik nuri tushishi tufayli,elektron energiyasi tormozlovchi maydonni yengish va metal tashkarisiga chikish uchun yetarli bulsa

65. Tunnel effektining ta'rifi qaysi javobda to'g'ri berilgan?

*Zarralarning potensial tusiqdan sizib utish hodisasiga Tunnel effekti deyiladi

Zarralarning potensial tusiq balandligidan utishiga tunnel Effekti deyiladi

Zarralarning potensial tusikdan uta olmay potensial chuqurlik ichida qolib ketishiga tunnel effekti deyiladi

Og'ir yadrolarning potensial tusiq balandligidan sakrab o'tish hodisasiga tunnel effekti deyiladi.

66. Bosh kvant soni $n = 3$ bo'lganda, orbital kvant soni l qaysi qiymatlar qabul etadi?

* $n = 3, \quad l = 0, 1, 2$

$n = 3, \quad l = 0, 1, 2$

$n = 3, \quad l = 1, 2$

$n = 3, \quad l = 0, 1, 2, 3$

67. Bosh kvant soni $n = 3$ bo'lganda, orbital kvant soni l va spin kvant soni S qaysi qiymatlarni qabul etadi?

* $n = 3, \quad l = 0, 1, 2 \quad S = \pm \frac{1}{2}$

$n = 3, \quad l = 1, 2 \quad S = \pm \frac{1}{2}$

$n = 3, \quad l = 0, 1, 2, 3 \quad S = \pm \frac{1}{2}$

$n = 3, \quad l = 0, 1, 2 \quad S = \frac{1}{2}$

68. Garmonik ossillyator potensial energiyasi qaysi javobda to'g'ri keltirilgan?

* $U = \frac{1}{2} kx^2$

$U = \frac{1}{2} k - x^2$

$U = \frac{1}{2} k + x^2$

$U = \frac{1}{2} kx$

69. $U = \frac{1}{2}kx^2$ bo'lgan holda kvant mexanik ossillyator uchun Shredinter tenglamasining to'g'ri ko'rinishini belgilang:

$$* -\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2\Psi}{dx^2} + \frac{1}{2}kx^2\Psi = E\Psi$$

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2\Psi}{dx^2} + \frac{1}{2}kx^2\Psi^2 = E\Psi$$

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2\Psi}{dx^2} - \frac{1}{2}kx^2\Psi = V\Psi$$

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2\Psi}{dx^2} + \frac{1}{2}kx^2\Psi = 0$$

70. Kvant ossillyatorning eng kichik energiyasi ham nolga teng emasligi qaysi formulada o'z aksini topgan?

$$* E_0 = \frac{\hbar\omega}{2}$$

$$E_0 = 2\hbar\omega$$

$$E_0 = 2\hbar\sigma$$

$$E_0 = 2\hbar^2\sigma$$

71. 1928 yilda ishqoriy metallar atomlari spektrida birinchi marta o'ta nozik struktura qaysi olimlar tomonidan kuzatildi?

*Terenin va Dobresov

Ulenbek va Gaudsmen

Pauli va Fermi

Terenin va Ulenbek

72. 1925 yilda elektronlar tabiatini tushuntiradigan tamoyil qaysi olim tomonidan berildi?

*Pauli

Fermi

Shredinger

Dobresov

73. Atom elektroni birdan ortiq bo'lgan atomlar qanday atomlar deb ataladi?

*Ko'p elektronli atomlar

Bir elektronli atomlar

Ikki elektronli atomlar

Uch elektronli atomlar

74. Vodorodsimon atomlarda bosh kvant soni (n) bir xil va orbital kvant soni (L) turli xil bo'lgan energetik sathlar qanday energiya qiymatlariga ega bo'ladi?

*Bir xil energiya qiymatiga

Turli xil energiya qiymatiga

Har xil energiya qiymatiga

Ko'p turli energiya qiymatiga

75. Spin xarakteristikalarini hisobga olmasak, tizimning boshlang'ich va oxirgi holatlari nechta kvant soni bilan aniqlanadi?

*Uchta (n, ℓ, m_ℓ)

Ikkita (n, ℓ)

Bitta (n)

To'rtta (n, ℓ, m_ℓ, m_s)

76. Tanlash qoidalarida ruxsat etilgan o'tishlar qaysi ko'rinishda to'g'ri keltirilgan?

$$* \Delta \ell = 0 \pm 1 (\ell_{\text{boshli}} \neq 0; \ell_{\text{oxir}} \neq 0)$$

$$\Delta \ell = \pm 1 (\ell_{\text{boshli}} \neq 0; \ell_{\text{oxir}} \neq 0) \Delta m_e = 0, \pm 1$$

$$\Delta \ell = 0 \pm 1 (\ell_{\text{boshli}} = 0; \ell_{\text{oxir}} = 0)$$

$$\Delta \ell = \pm 1 (\ell_{\text{boshli}} = 0; \ell_{\text{oxir}} = 0) \Delta m_e = 0, \pm 1$$

$$\Delta \ell = 0 \pm 1 (\ell_{\text{boshli}} > 0; \ell_{\text{oxir}} > 0)$$

$$\Delta \ell = \pm 1 (\ell_{\text{boshli}} > 0; \ell_{\text{oxir}} > 0) \Delta m_e = 0, \pm 1$$

$$\Delta \ell = 0 \pm 1 (\ell_{\text{boshli}} < 0; \ell_{\text{oxir}} < 0)$$

$$\Delta \ell = \pm 1 (\ell_{\text{boshli}} < 0; \ell_{\text{oxir}} < 0) \Delta m_e = 0, \pm 1$$

77. Vodorod atomi nurlanishining magnit kvant soni uchun umumiy holda tanlash qaysi ko'rinishda to'g'ri berilgan?

$$* \Delta m_e = 0, \pm 1$$

$$\Delta m_e = 0, +1$$

$$\Delta m_e = 0, -1$$

$$\Delta m_e = 0, \pm 1, \dots, n-1$$

78. Bir elektronli atomlar uchun tanlov koidasi:

* Δn -istalgan qiymat, $\Delta l = \pm 1$

$$\Delta n = +1, \Delta l = \pm 1$$

$$\Delta n \text{ -istalgan qiymat, } \Delta l = 0, \pm 1$$

$$\Delta n \text{ -istalgan qiymat, } \Delta l = 0$$

79. Spektroskopiyada atom tashqi (valent) elektronlarning holatlari atomning qanday kvant soni bilan xarakterlanadi?

*Orbital kvant soni (ℓ)

Bosh kvant soni (n)

Orbital magnit kvant soni (m_ℓ)

Spin magnit kvant soni (m_s)

80. Atom holatlarini bildiruvchi lotin harflari qaysi tartibda to'g'ri berilgan?

*S, P, D, F, G, H

S, P, D, H, F

P, S, D, F, H

D, P, S, F, H

81. Atom spektroskopiyasida har bir term vodorod atomi uchun qaysi ko'rinishda to'g'ri berilgan?

* $T(n) = R/n^2$

$$T(n) = Rn^2$$

$$T(n) = R - n^2$$

$$T(n) = R/n$$

82. Atom spektroskopiyasida har bir term ishqoriy metallar uchun qaysi bo'limda to'g'ri berilgan?

* $T(n) = R/(n + \Delta)^2$

$$T(n) = R/(n - \Delta)^2$$

$$T(n) = R/(n * \Delta)^2$$

$$T(n) = R/(n/\Delta)^2$$

83. Atom spektrida har bir spektral chiziqli hosil bo'lishidagi atom nurlanish chastotasi spektral termlar kombinatsiyasi qaysi ko'rinishida to'g'ri?

$$*\omega = T(m) - T(n)$$

$$\omega = T(m) + T(n)$$

$$\omega = T(m) \cdot T(n)$$

$$\omega = T(m) - T(n)$$

84. Atomning to'liq momenti (I) atomning qanday momentlaridan iborat?

$$*I = L + S$$

$$I = L - S$$

$$I = L \times S$$

$$I = L/S$$

85. Nozik struktura doimiysi (α) qaysi formulada to'g'ri ko'rsatilgan?

$$*\alpha = \frac{e^2}{\hbar c}$$

$$\alpha = \frac{e^2}{\hbar c}$$

$$\alpha = \frac{e}{2\hbar c}$$

$$\alpha = \frac{em}{\hbar c}$$

86. Bor magnetoni to'g'ri berilgan ifodani ko'rsating:

$$*\mu_B = \frac{e\hbar}{2m_e c}$$

$$\mu_B = \frac{e\hbar}{2\pi m_e c}$$

$$\mu_B = \frac{e\hbar}{2m_p c}$$

$$\mu_B = \frac{eh}{2\pi m_p c}$$

87. Agar turli elektronlar orasida o'zaro ta'sir katta bo'lmasa, bunday hollarda bitta elektron bo'ladi. Demak, bunday hollarda orbital kvant soni ℓ bo'yicha tanlash qoidasi qanday ko'rinishda bo'ladi?

$$* \Delta l = \pm 1$$

$$\Delta l = \pm 1, \pm 2$$

$$\Delta l = 0, \pm 1$$

$$\Delta l = 0, \pm 1$$

88. Issiqlik nurlanishi qaysi vaqtda vujudga keladi?

* Modda atom va molekulalarining issiqlik harakati tufayli.

Havo tarkibidagi elementlar miqdorining o'zgarishida

Elektronlarning vakuumdagi harakatida

Rentgen nurlari elektronda sochilishida;

89. Absolyut qora jismning amaldagi modeli qanday?

* Juda kichik tirqishga ega va ichki sirti qoraga bo'yalgan deyarli berk bo'lgan kovak idishdan iborat qurilma

Ichkari qismi qora kuya bilan to'ldirilgan kub shaklidagi idish

Tashqi sirti qora rangdagi butunlay berk bo'lgan silindrsimon idishdan iborat

Tushgan nurlarni to'liq qaytaradigan shisha idish

90. Issiqlik nurlanishining spektridagi egri chiziqlar nimani ifodalaydi?

* Issiqlik nurlanishi energiyasining to'lqin uzunliklar bo'yicha taqsimlanishini ifodalaydi

Issiqlik nurlanishi energiyasining uzluksizligini ifodalaydi

Issiqlik nurlanishi impulsining chastotalar bo'yicha taqsimlanishini ifodalaydi

Issiqlik nurlanishi spektrining infraqizil sohasini ifodalaydi

91. Kirxgof qonuni qaysi formulada to'g'ri ifodalangan?

$$* \frac{E_{XT}}{A_{XT}} = E_{XT}$$

$$E_{\lambda} A_{\lambda} = \varepsilon$$

$$\varepsilon_{\lambda T} E_{\lambda T} = \frac{1}{\lambda_{\lambda T}}$$

$$\frac{E}{A} = eU$$

92. Stefan-Bolsman qonuni qaysi kattaliklar orasidagi bog'lanishni ifodalaydi va uning formulasi qanday ko'rinishda?

* Absolyut qora jismning to'la nur chiqarish qobiliyati bilan temperatura orasidagi bog'lanishni ifodalaydi

Jismning nur yutish qobiliyatining jism massasiga bog'liqligini ifodalaydi

Jismning impulsi va energiyasi orasidagi munosabatni ifodalaydi

Mikrozarralarning to'lqin va zarra xususiyatlari orasidagi bog'lanishni ifodalaydi

93. Vin qonuni qaysi javobda to'g'ri ifodalangan?

* $\lambda T = b$.

$$c = \lambda \nu$$

$$\frac{h}{\lambda} = \sigma$$

$$h \nu = E$$

94. Reley-Jins formulasi qaysi javobda ifodalangan?

* $\rho_v = \frac{8\pi\omega^2}{c^3} kT$

$$\rho_v = mV$$

$$\rho_v = nkT$$

$$\rho_v = \frac{3}{2} m \nu^2$$

95. Vin formulasi spektrning qaysi sohasini to'g'ri tushuntira oladi?

* Spektrning yuqori chastotali sohasini;

Spektrning infraqizil sohasini

Spektrning ko'zga ko'rinadigan sohasini

Spektrni to'liq ravishda tushuntira oladi

96. Plank formulasi qaysi javobda to'g'ri yozilgan?

$$* \rho_\nu = \frac{8\pi h \nu^3}{c^3} \cdot \frac{1}{e^{h\nu/kT} - 1}$$

$$\rho_\nu = \frac{h\nu}{kT}$$

$$\rho_\nu = \frac{me^4}{h^2 n^2}$$

$$\rho_\nu = \frac{h}{P}$$

97. Ridberg doimiysining nazariya va tajribadan olingan qiymatlari mos kelishi uchun elektron massasi o'rnida qanday massa olingan?

* Elektron massasi o'rnida elektron va yadroning keltirilgan massasi olingan

Elektron massasi o'rnida protonning keltirilgan massasi olingan

Elektron massasi o'rnida neytron massasi olingan

Elektron massasi o'rnida proton va yadroning keltirilgan massasi olingan

98. Balmerning umumlashgan formulasida m va n -lar qaysi kattaliklarni bildiradi?

* m va n lar elektron orbitalarining tartibini bildiradi

m va n lar kvant sonlarni bildiradi

m va n lar protonlar sonini bildiradi

m va n lar elektronlar sonini bildiradi

99. De-Broyl to'lqinlarining guruhliy tezligi qanday tezlik?

* Guruhliy tezlik zarrachaning o'z tezligidir

Guruhliy tezlik bu umumiy tezlikdir

Guruhliy tezlik bu fazoviy tezlikdir

Guruhliy tezlik bu mikrozarracha tezligidir

100. Balmer seriyasidagi spektral chiziqlar spektrning qaysi sohasida joylashgan?

* Spektrning ko'zga ko'rinadigan sohasida

Spektrning qisqa to'lqinli sohasida

Spektrning uzun to'lqinli sohasida

Spektrning ultrabinafsha sohasida

101. Pashen, Breket, Pfunda seriyalari spektrning qaysi sohasida yotadi?

* Spektrning infraqizil sohasida

Spektrning yuqori chastotali sohasida

Spektrning past chastotali sohasida

Spektrning ultrabinafsha sohasida

102. Issiqlik nurlanishi spektrining yuqori chastotali sohasida energiya taqsimlanishi zichligi qaysi formulada to'g'ri ifodalangan?

$$* \rho_\nu = \frac{8\pi h \nu^3}{c^3} e^{-h\nu/kT}$$

$$P = \frac{m g}{r} kT$$

$$P = \frac{4\pi^3 h}{c^2} kT^2 d\nu$$

$$P = \frac{2\pi^2 m e^4}{h^2} e^{-h\nu/kT_{av}}$$

103. Fotoeffekt qanday hodisa?

* Yorug'lik ta'sirida moddalardan elektronning uzilib chiqishi

Jismlarning issiqlikdan kengayishi

Yorug'likning turli sirtlardan qaytish hodisasi

Yorug'likning bir muhitdan ikkinchi muhitga o'tganida sinish hodisasi

104. Fotoeffektning qizil chegarasini qanday tushunasiz va uning formulasi qanday?

* Fotoeffekt hosil bo'lishi uchun chegaraviy energiyaga to'g'ri keladigan to'lqin uzunligi, $\lambda_0 = \frac{hc}{A}$;

Spektrdagi chiziqlarning eng chetki chizig'i

Modda yutadigan energiyaning maksimal qiymati

Eng oxirgi orbitadan elektronning uzilib chiqishi

105. Fotoeffekt hodisasi metallarda qaysi elektronlarda yuz beradi?

*Bog'langan elektronlarda;

Erkin elektronlarda

Manfiy elektronlarda;

Valent elektronlarda

106. Qaysi formulada fotoeffekt uchun Eynshteyn formulasi to'g'ri ifodalangan?

$$* h\nu = A + \frac{m g^2}{2}$$

$$h\nu = \frac{2\pi c}{\lambda}$$

$$E = h\nu + \frac{1}{2}P$$

$$E = A + m g$$

107. Kompton effektida qaysi kattalik o'zgarishi yuz beradi, uning formulasi qanday ko'rinishda?

$$* \text{To'lqin uzunligi, } \Delta\lambda = \lambda - \lambda_0 = 2k \sin^2 \frac{\theta}{2};$$

Elektron massasi;

Elektron zaryadi;

Elektron spini.

108. Kompton to'lqin uzunligi (Kompton doimiysi) qanday ifodalanadi?

$$* \lambda_K = \frac{h}{m_0 c}$$

$$\lambda = nh$$

$$\lambda = 2\pi \cdot h$$

$$\lambda = \frac{c}{\nu} h$$

109. De-Broyl gipotezasi qanday tajribalarda tasdiqlangan?

* Elektronlarning difraksiya va interferensiya hodisalarini hosil qilishda;

Elektronlarning moddada yutilishi hodisasida;

De-Broyl to'lqinlarining yoyilishi hodisasida;

De-Broyl to'lqinlarining tebranishida

110. Elektron uchun de-Broyl to'lqin uzunligi qaysi formula orqali hisoblanadi?

$$* \lambda_e = \frac{1,2254}{\sqrt{U}} \text{ nm};$$

$$\lambda = \frac{h}{m g}$$

$$\lambda = A + \frac{m g}{r}$$

$$\lambda = A + \frac{m g^2}{2}$$

111. Geliy atomi uchun de-Broyl to'liqin uzunligi qaysi formulada aniqlanadi?

$$* \lambda_{He} = \frac{1,26}{\sqrt{T}} \text{ nm}.$$

$$\lambda = \frac{h}{1 - e^{h\nu / kT}}$$

$$\lambda = \frac{1}{\sqrt{U}}$$

$$\lambda = \frac{2\pi Ze^2}{r}$$

112. Tormozlanish rentgen nurlanishi spektrining qisqa to'liqinli chegarasi qaysi formula orqali ifodalanadi?

$$* \lambda_{tin} = \frac{hc}{eU}$$

$$\lambda_{tin} = \frac{h}{\sqrt{E + U}}$$

$$\lambda_{tin} = \frac{h}{m v^2}$$

$$\lambda_{tin} = \frac{h}{2\pi^2 Ze^4}$$

113. Rentgen nurlari necha xil bo'ladi va qanday ataladi?

*Rentgen nurlari ikki xil bo'ladi, tormozlanish va xarakteristik rentgen nurlari.

Rentgen nurlari faqat ultrabinafsha nurlardan iborat bo'ladi;

Rentgen nurlari uch xil bo'ladi, infraqizil, ultrabinafsha va oq rentgen nurlari;

Rentgen nurlari bir xil bo'ladi, ko'zga ko'rinadigan nurlar;

114. De-Broyl to'liqin uzunligi qanday ifodalanadi?

$$* \lambda = \frac{h}{p}$$

$$\lambda = c \cdot \nu$$

$$\lambda = \frac{K}{P}$$

$$\lambda = 2\pi r$$

115. De-Broyl to'liqlari qanday tezliklar bilan tarqaladi?

* Fazaviy va guruh tezliklar bilan;

O'rtacha va katta tezliklar bilan;

Kosmik tezliklar bilan;

To'liqin tezliklari bilan.

116. Mikrozarachalar trayektoriyaga ega bo'ladimi?

* Mikrozarachalar trayektoriyaga ega bo'lmaydi;

Mikrozarachalar trayektoriyaga ega bo'ladi;

Mikrozarachalar aylana ko'rinishdagi trayektoriyaga ega bo'ladi;

Mikrozarachalar to'g'ri chiziqli trayektoriyaga ega bo'ladi.

117. $\psi = Ae^{-i(\omega t - kZ)}$ funksiya Shredinger tenglamasining yechimi bo'lishi uchun u qanday shartlarni qanoatlantirishi kerak?

* ψ -funksiya bir qiymatli, chekli va uzluksiz bo'lishi kerak;

ψ -funksiya ko'ndalang to'liqin funksiyasi bo'lishi kerak;

ψ -funksiya bo'ylama to'liqin funksiyasi bo'lishi kerak;

ψ -funksiya uzlukli bo'lishi kerak.

118. De-Broyl yassi to'liqin funksiyasi qanday ifodalanadi?

$$* \psi = A \cdot e^{-L(\omega t - kr)}$$

$$\psi = \psi_0 e^{-xT}$$

$$\psi = A \cdot e^{-kx}$$

$$\psi = \psi_0 \cos \omega t$$

119. Nozik struktura doimiyligining son qiymati qanchaga teng?

$$* \alpha^2 = \left(\frac{e^2}{hc} \right)^2 = \left(\frac{1}{137} \right)^2$$

$$C = \left(\frac{mZ}{hc} \right)^2 = \left(\frac{1}{100} \right)^2$$

$$b^2 = \left(\frac{m g^2}{e^2} \right)^2 = \left(\frac{1}{150} \right)^2$$

$$a^2 = \left(\frac{Ze^4}{n^2} \right)^2 = \left(\frac{1}{80} \right)^2$$

120. O'ta nozik struktura deganda nimani tushunasiz?

* Elektronlar magnit momenti bilan yadroning kuchsiz maydon momenti orasidagi o'zaro ta'sir natijasida energetik sathlar ajralishini.

Atomlarning o'zaro ta'sirlashuvida elektronlar ajralishini;

Atomlar elektr maydonlarining o'zaro ta'sirlashuvida energetik sathlar ajralishi;

Elektron bilan neytronning o'zaro ta'sirlashuvi natijasida energetik sathlar ajralishini;

121. Pauli prinsipi nimani ma'n qiladi?

* Bir kvant holatda (energetik sathda) to'rtta kvant sonlari bir xil qiymatga ega bo'lgan ikkita elektron bo'lishini.

Atomlarning asosiy holatlarda bo'lishini;

Atomlarning uyg'ongan holatlarda bo'lishini;

Bitta kvant holatda (energetik sathda) kvant sonlari har xil bo'lgan uchta elektron bo'lishini;

122. Simmetrik to'lqin funksiyasi bilan qaysi zarralar ifodalanadi?

* Spini butun songa teng bo'lgan zarralar – fotonlar, π - va K-mezonlar, geliy atomi yadrosi, α -zarralar;

Spini $\frac{1}{2}$ ga teng bo'lgan zarralar – elektronlar, protonlar, neytronlar;

Spini $\frac{3}{2}$ ga teng bo'lgan zarralar – adronlar;

Spini $\frac{5}{2}$ ga teng bo'lgan zarra – giperonlar.

123. Nozik struktura doimiyligi formulasi qaysi javobda to'g'ri ifodalangan?

$$* \alpha^2 = \left(\frac{e^2}{hc} \right)^2 = \left(\frac{1}{137} \right)^2$$

$$c = \left(\frac{mZ}{hc} \right)^2 = \left(\frac{1}{100} \right)^2;$$

$$b^2 = \left(\frac{m\mathcal{G}^2}{e^2} \right)^2 = \left(\frac{1}{150} \right)^2$$

$$a^2 = \left(\frac{Ze^4}{n^2} \right)^2 = \left(\frac{1}{80} \right)^2$$

124. Shredinger tenglamasi zarraning qaysi xususiyatini hisobga oladi?

* Shredinger tenglamasi mikrozzarrachaning to'liq xususiyatini hisobga oladi;

Shredinger tenglamasi mikrozzarrachaning tezligini ifodalaydi;

Shredinger tenglamasi mikrozzarrachaning harakat trayektoriyasini ifodalaydi;

Shredinger tenglamasi zarracha tezlanishini ifodalaydi.

125. Kompton effekti qaysi zarralar orasidagi to'qnashuvda hosil bo'ladi?

* Fotonning elektron bilan to'qnashuvda;

Elektronning yadro bilan to'qnashuvda;

Elektronning elektron bilan to'qnashuvda;

Yadroning yadro bilan to'qnashuvda.

126. Atom nurlaydigan yoki yutadigan energiya qaysi formulada to'g'ri yozilgan?

$$* E = h\nu$$

$$E = m\mathcal{G}r$$

$$E = \frac{k}{p}$$

$$E = \frac{m\mathcal{G}^2}{2}$$

127. Yadroning zaryadi va o'lchami qanday?

* Musbat, 10^{-13}sm ;

Manfiy, 10^{-5}sm ;

Musbat, 10^{-3}sm ;

Neytral, 10^{-6}sm .

128. Atomda elektron holatini nechta kvant sonlari xarakterlaydi?

* n, l, m_l, m_s – to'rtta kvant sonlari xarakterlaydi;

p, l – ikkita kvant sonlari xarakterlaydi;

p, l, s – uchta kvant sonlari xarakterlaydi;

n – bitta kvant sonlari xarakterlaydi.

129. Simob atomining «Rezonans potentsiali» qanchaga teng?

*4,9 eV ga;

8,8 eV ga;

6,8 eV ga;

9,5 eV ga.

130. Frank va Gers tajribasi nimani ifodalaydi?

* Atomda diskret energetik sathlarning mavjudligini isbotlaydi;

Atomda elektronlarning borligini isbotlaydi;

Yadroda proton va neytronning mavjudligini isbotlaydi;

Elektron va yadro orasida o'zaro ta'sirning mavjudligini isbotlaydi.

131. Atom tuzilishining Tomson modeli bo'yicha atom radiusini aniqlash qaysi formulada to'g'ri yozilgan?

$$* R = \left(\frac{e^2}{m\omega^2} \right)^{1/3}$$

$$R = \frac{h}{m g}$$

$$R = \frac{m g^2}{r^2}$$

$$R = \frac{e}{2\pi r}$$

132. Zarraning erkin harakati uchun Shredinger tenglamasi qaysi tenglamada to'g'ri yozilgan?

$$* -\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} = E \psi$$

$$E = \frac{p^2}{2m}$$

$$E = \frac{p^2}{2m} + \frac{m g^2}{2}$$

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} = 0$$

133. Chiziqli garmonik ossillyator energiyasi qaysi formulada to'g'ri ifodalangan?

$$* E_n = (n + \frac{1}{2}) h \nu$$

$$E_n = \frac{8\pi m Z e^2}{\hbar^2 n^2}$$

$$E_n = kx + m g^2$$

$$E_n = \sqrt{\frac{2mh}{k}}$$

134. Rezerford tajribalarida sochilgan alfa-zarralar soni metall folga elementi zaryadiga qanday bog'liq?

* Folga elementi zaryadi ortishi bilan sochilgan alfa-zarralar soni ortadi;

Element zaryadi kamayishi bilan sochilgan alfa-zarralar soni ortib boradi;

Sochilgan alfa-zarralar soni element zaryadiga bog'liq emas;

Sochilgan alfa-zarralar soni faqat zarralar tezligiga bog'liq

135. Qanday energiyalar xususiy energiyalar deyiladi?

* Shredinger tenglamasi yechimga ega bo'lgan diskret E_1, E_2, E_3, \dots energiya qiymatlari xususiy energiyalar deyiladi.

Vaqt o'tishi bilan o'zgarmaydigan energiyalar xususiy energiyalar deyiladi;

Zarraning potensial va kinetik energiyalari xususiy energiyalar deyiladi;

Zarralarning issiqlik harakatidagi energiyasi xususiy energiyalar deyiladi.

136. To'liqin funksiyasining normalash sharti qanday ma'noga ega?

*Zarraning fazoning biror nuqtasida bo'lishi ishonchli hodisa bo'lib, uning ehtimolligi birga teng bo'lishi kerak;

Zarraning mavjudligini va harakati tezligini bildiradi;

Zarraning mavjudligini va harakati tezligini bildiradi;

Zarraning hajm birligidan chiqib ketishi ishonchli hodisa ekanligini bildiradi.

137. Noaniqlik munosabatlari qanday ma'noga ega?

* Klassik fizikada mikrozzarralar uchun bo'lgan qonunlarni mikrozzarralarga tatbiq qilish chegarasini ifodalaydi;

Mikrozzarralar qonunlarini ifodalaydi;

Mikrozzarralarga klassik fizika qonunlarini tatbiq qilish mumkinligini ifodalaydi;

Kvant mexanikasida zarraning impulsini o'lchash mumkinligini ifodalaydi.

138. Tunnel effektini qanday tushunasiz?

* Mikrozzarralarning potensial to'siqdan yorib sizib o'tishiga tunnel effekti deyiladi;

Mikrozzarralarning potensial o'radan chiqa olmasligini bildiradi;

Mikrozzarralarning potensial to'siq devoriga urilishiga tunnel effekti deyiladi;

Mikrozzarralarning potensial o'ra devoriga urilib undan qaytishiga tunnel effekti deyiladi.

139. Atomning to'liq spin momenti qaysi formulada to'g'ri yozilgan?

$$* L_s = \hbar \sqrt{s(s+1)}$$

$$L_s = \mu_B H m ;$$

$$L_s = j + l + 1$$

$$L_s = \frac{h}{m g r}$$

140. Atomning to'liq orbital momenti qaysi formulada ifodalangan?

$$* L_l = \hbar \sqrt{L(L+1)} ;$$

$$L_l = \hbar 2\pi r ;$$

$$L_l = i s ;$$

$$L_l = \frac{\hbar}{2\pi \epsilon_0 l^2}$$

141. Bor magnetoni qaysi formulada to'g'ri ifodalangan?

$$* \mu_B = e\hbar / (2m_e) ;$$

$$\mu_I = \sum_{i \pm 1}^n j_i$$

$$\mu_I = g\mu_B \sqrt{I(I+1)}$$

$$\mu_I = \frac{\hbar}{m g}$$

142. n bosh kvant soni qiymati bilan aniqlanadigan elektronlarning energetik sathlaridagi maksimal soni qaysi formulada aniqlanadi?

$$* \sum_{l=0}^{l=n-1} 2(2l+1) = 2n^2$$

$$Z = 2n^2 + 1$$

$$N = n + l + k + 1$$

$$N = 2l + 2p + 2s$$

143. Elektron holatlardagi n va l kvant soni bilan aniqlanadigan elektronlarning maksimal soni qaysi ifodada to'g'ri yozilgan?

$$* 2(2l+1);$$

$$2(n+2)$$

$$2(h\nu+1)$$

$$\sum_{n=1}^{\infty} \left(h\nu + \frac{m g^2}{2} \right)$$

144. Molekula qanday zarra va u qanday hosil bo'ladi?

* Molekula berilgan moddaning eng kichik zarrasi bo'lib, shu moddaning asosiy kimyoviy xossalariga ega bo'ladi. Ma'lum sharoitlarda atomlar birlashib molekulani hosil qiladi;

Molekula moddaning ichki energiyasini aniqlaydigan zarra bo'lib, atom yadrosidagi proton va neytronlarning birlashishidan hosil bo'ladi.

Molekula moddani qizdirishda hosil bo'ladigan zarra bo'lib, moddaning issiqlik xossalarini ifodalaydi;

Molekula moddaning eng kichik zarrasi hisoblanadi va moddaning sovushida hosil bo'ladi.

145. Ionli molekula qaysi javobda to'g'ri ko'rsatilgan?

$$* \text{NaCl};$$

$$\text{H}_2, \text{Cl}_2;$$

$$\text{O}_2;$$

N₂.

146. Quyidagi javoblarning qaysi birida gomepolyar bog'lanishda hosil bo'lgan molekulalar ko'rsatilgan?

* H₂, O₂, N₂, Cl₂;

NaCl, HCl;

H₂SO₄;

CuSO₄.

147. Molekula potensial energiyasining formulasi qaysi javobda to'g'ri ifodalangan?

* $U = U_1 + U_2 + U'$;

$U = eU$

$U = mgh + \frac{mg^2}{2}$

$U = \frac{p^2}{2m}$

148. O'zaro ta'sirlashmaydigan ikki atomdan iborat sistemaning to'lqin funksiyasi qaysi javobda to'g'ri ifodalangan?

* $\psi_1 = \psi_a(1) \cdot \psi_b(2)$

$\psi = A^{-i(\omega t - kr)}$

$\psi = \psi_0 e^{-mga/2}$

$\psi = \psi_0 e^{-i(kr - \omega t)}$

149. Molekulaning energetik sathlarini necha turga ajratish mumkin?

* Uch turga ajratish mumkin: elektronlar energetik sathlariga, tebranish va aylanish energetik sathlariga.

Besh turga ajratish mumkin: ilgariylanma, aylanma, egri chiziqli, to'g'ri chiziqli va tebranma.

Ikki turga ajratish mumkin: ilgariylanma va aylanma

Bir xil energetik sath bo'ladi: elektronlarning aylanma harakati energetik sathi

150. Molekulaning energetik sathini necha turga ajratish mumkin va bu sathlar qanday sathlar?

* Molekulaning energetik sathini uch turga ajratish mumkin: elektronlar energetik sathlariga, tebranish va aylanish energetik sathlariga.

Molekulaning energetik sathlari ajralmaydi.

Ikki turga ajratish mumkin: r-holatdagi va d-holatdagi sathlar.

Molekulaning energetik sathini to'rt turga ajratish mumkin: elektronlar energetik sathlari, atomning, yadroning va protonning energetik sathlari.

151. Ikki atomli molekulaning energiyasi qanday energiyalar yig'indisidan iborat?

* Elektronning orbita bo'ylab harakati energiyasi E^e , molekulaning tebranma harakati energiyasi E^T va aylanma harakati energiyasi E^A – larning yig'indisidan iborat: $E=E^e+E^T+E^A$;

Atomning, yadroning, elektronning aylanma harakatidagi energiyalari yig'indisidan iborat: $E=E^A+E^{YA}+E^e$;

Elektronning, yadroga proton va neytronning energiyalarining yig'indisidan iborat: $E=E^e+E^p+E^n$;

Ikki elektronning orbita-dagi aylanma harakati energiyalarining yig'indisidan iborat: $E=E^e+E^e$.

152. Molekulalar orasida qanday o'zaro ta'sir kuchlari mavjud?

* Dispersion, oriyentasion va induksion o'zaro ta'sir kuchlari mavjud;

Molekula atomlari elektronlari orasida tortishish o'zaro ta'sir kuchlari mavjud;

Molekula atomlari yadrolari orasida tortishish o'zaro ta'sir kuchlari mavjud;

Molekula atomlari yadrosidagi neytronlar orasida o'zaro itarishish kuchlari mavjud.

153. Qattiq jismlar necha xil holatda bo'ladi va qanday holatda?

* Ikki xil holatda: kristall va amorf;

Uch xil holatda: gaz, suyuq, bug';

Bir xil holatda: qattiq holatda;

Besh xil holatda: qattiq, suyuq, gaz, amorf, yopishqoq.

154. Amorf jismlar qaysi javobda to'g'ri ta'riflangan?

* Amorf jismlar o'ta sovutilgan suyuqlik bo'lib, ular aniq kristall xossalari ega bo'la olmaydi;

Amorf jismlar qizdirilgan suyuqlik bo'lib, uning xossalari suyuqlik xossalari kabi bo'ladi;

Amorf jismlar kristallarning bir turi hisoblanadi;

Amorf jismlar qattiq jismlarning anizotropik xossasiga ega bo'lgan turi hisoblanadi

155. Kristall qattiq jismlarga qaysi javobda to'g'ri ta'rif berilgan?

* Kristallar tashqi ko'rinishdan to'g'ri geometrik shaklga ega bo'ladi. Kristallni tashkil qilgan zarralar joylashishi davriy ravishda takrorlanadi.

Kristallar elektr tokini o'tkazmaydigan qattiq jismlardir;

Kristallar aniq erish, qotish temperaturasi ega bo'lmagan qattiq jismlardir;

Kristallar issiqlikni uzluksiz ravishda o'tkazadigan qattiq jismlardir;

156. Kristallar necha xilda bo'ladi va qanday kristallar deyiladi?

* Kristallar to'rt xilda bo'ladi: ionli, valentli, molekulyar va metall kristallar

Kristallar bir xilda bo'ladi: qattiq kristallar.

Kristallar besh xilda bo'ladi: qattiq, suyuq, gaz, qizdirilgan, sovutilgan kristallar.

Kristallar ikki xilda bo'ladi: qattiq va yumshoq kristallar.

157. Dyulong va Pti qonuni qaysi formulada to'g'ri ifodalangan va u qanday temperaturalarda to'g'ri bo'ladi?

* $C_\mu = 3R = 6 \frac{Kal}{mol \cdot K}$. Bu qonun faqat qiyosan yuqori temperaturalarda to'g'ri bo'ladi;

$C_\mu = \frac{\partial U}{\partial T} \text{Re}^{\frac{h\nu}{kT}}$. Bu qonun past temperaturalarda to'g'ri bo'ladi;

$C_\mu = \frac{\partial Q}{\partial t} = 15 \frac{J}{mol \cdot K}$. Bu qonun barcha temperaturalarda ham to'g'ri bo'ladi;

$C_\mu = \frac{h}{1 + e^{h\nu/kT}} = 3 \frac{J}{mol \cdot g}$. Bu qonun absolyut nol temperaturada to'g'ri bo'ladi.

158. Qattiq jismlar issiqlik sig'imining kvant nazariyasida atomning har bir erkinlik darajasiga to'g'ri keladigan o'rta energiya qaysi formulada to'g'ri ifodalangan?

* $E = \frac{h\nu}{e^{h\nu/kT} - 1}$;

$E = h\nu$

$E = \frac{m g^2}{2}$

$E = \frac{m g^2}{2} + mgh$

159. Qattiq jismlar issiqlik sig'imining klassik nazariyasida uchta erkinlik darajasiga ega bo'lgan va issiqlik tebranma harakatda bo'lgan zarraning har bir erkinlik darajasiga to'g'ri keladigan energiya qaysi javobda to'g'ri keltirilgan?

* $E = kT$

$E = eU$

$$E = h\nu$$

$$E = m\mathcal{G}^2 + P$$

160. Qattiq jismlarning issiqlik sig'imi ularning temperaturasi bog'liqmi?

* Qattiq jismlar issiqlik sig'imi kvant nazariyasida ularning temperaturasi, ayniqsa, past temperaturalarga juda bog'liq;

Qattiq jismlar issiqlik sig'imi faqat uy temperaturasi bog'liq;

Qattiq jismlar issiqlik sig'imi absolyut nol temperaturaga bog'liq;

Qattiq jismlar issiqlik sig'imi juda yuqori temperaturalardagina temperaturaga boqliq bo'ladi.

161. Debayning xarakteristik temperaturasi formulasi qaysi javobda to'g'ri berilgan?

$$* T_D = \frac{h\nu_{\max}}{K}$$

$$T_D = t + 273$$

$$T_D = \frac{me^4}{h^2 n^2}$$

$$T_D = \frac{me^4}{h^2 n^2}$$

162. Debayning T^3 qonuni qaysi javobda to'g'ri ta'riflangan?

* Qattiq jismlar issiqlik sig'imi absolyut nol temperatura yaqinida temperaturaning uchinchi darajasiga proporsional o'zgaradi;

Qattiq jismlar issiqlik sig'imi temperaturaning kvadratiga to'g'ri proporsional;

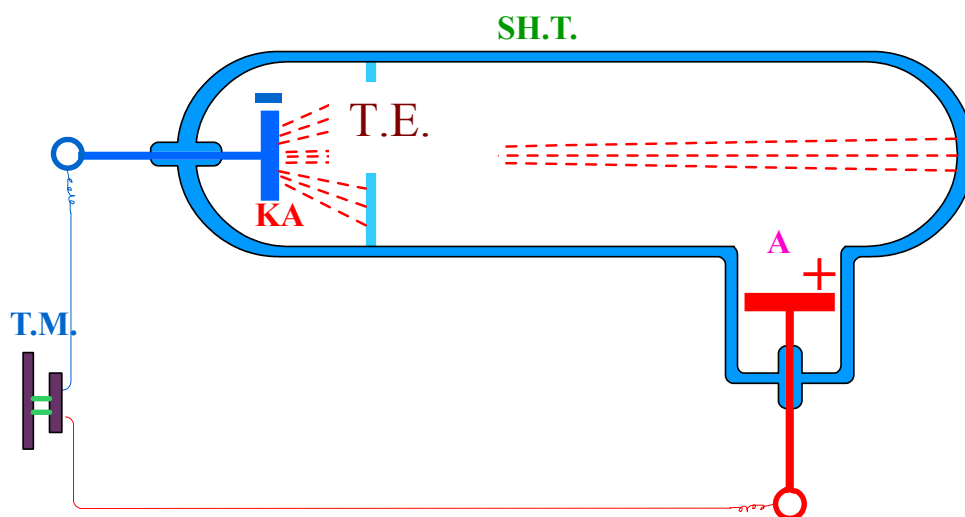
Qattiq jismlar issiqlik sig'imi temperaturaga bog'liq emas;

Qattiq jismlar issiqlik sig'imi temperaturaning beshinchi darajasiga proporsional bo'ladi.

Atom fizikasi» fanining axborot manbai va uning ta'minoti (fanga, mavzuga oid o'quv adabiyotlar bilan ta'binlanganligi)

Fan-ning nomi	OTM kutubxonasida mavjud darslik va o'quv qo'llanmalar nomi	Muallifi	Nashr qilingan yili	Qaysi vazirlik yoki kengash tomonidan qachon tavsiya etilgan	Kutubxonadagi soni	Talabalarning o'quv adabiyotlari bilan ta'minlanganligi		
						talabalar soni	Mezon talabi (6 talabaga kamida 1 ta o'quv adabiyoti)	Ta'minlangan% hisobida
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Atom fizikasi	1. Atom fizikasi. 1-2-tom. 1-tom o'zbek tili (o'quv qo'l), 2-tom rus tilida. (o'quv qo'l)	Шпольский Э.В	1970 1974	OUMTVM	25 60	98	16	100%
	2. Atom fizikasi (o'quv qo'l)	Bekjonov R.	1979	OUMTV	19			
	3. Общий курс физики, атомная и ядер. физика (o'quv qo'l)	Сивухин Д.В.	1986	M.	28			
	4. Атомная физика (o'quv qo'l)	Матвеев А.	1989	M.	30			
	5. Введение в атомную физику.	Гольдин А.	1988	M.	15			
	6. Основы о современной физики .перевед. с англ. (o'quv qo'l)	Акоста В.	1981	M.	1			
	7. Физика kursi. III tom (darslik)	Ахмеджанов О	1983	OUMTV	13			
	8. Задачник по общей физике. .	Иродов И.Е.	1979	M.	15			
	9. Задачник по физике. O'zbek va rus tillarida (o'quv qo'l)	Чертов А.Г. Воробьев.	1981	M.	12			
	10. Umumiy fizika kursi. III-tom (o'quv qo'l)	Савельев И.В.	1976	OUMTV	16			
	11. Атомная физика. (darslik)	Белый М.У.	1984	M.	16			
	12. Atomdan koinotgacha	Bekjonov R.	1990	OUMTV	1			
	13.Yadro fizikasidan ruscha-o'zbekcha terminlar.	Abdurazzonov A.A.	1988	OUMTV	15			
	14.Практикум по атомной физике	Л.И. Кисмвского	1989	M	15			
	15.Бузургҳои физикӣ ва системаи байналхалқии воҳидҳо (си)	Я.Ш.Самаркандӣ	1991	«Маориф» Душанбе	1			
Жами:					262	98	16	100%

ELEKTRON DARSLIK VA ELEKTRON QO'LLANMALAR UCHUN LOZIM BO'LADIGAN SXEMALAR VA RASMLAR



1 rasm

Katod nurlarining xosil qiluvchi trubka

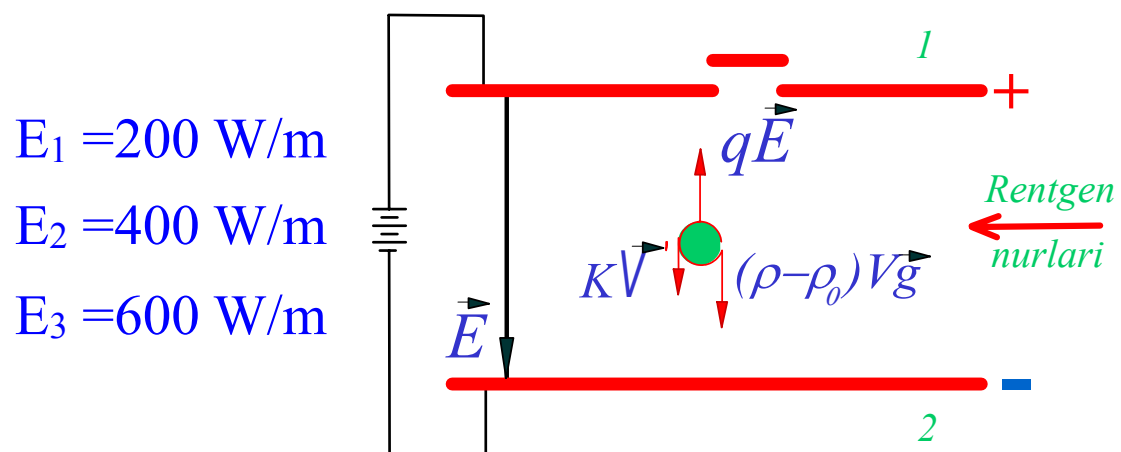
T.M.-O'zgarmas tok manbai.

KA - Katod

T.E.- Tirqishli ekran

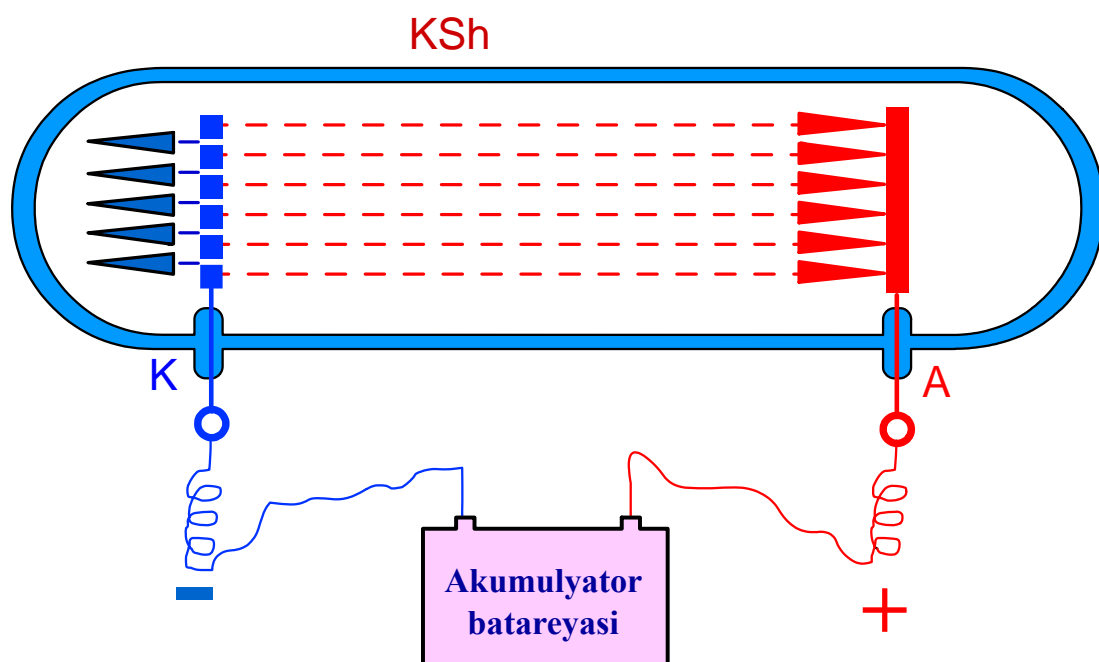
Sh.T. - Shisha trubka

A - Anod



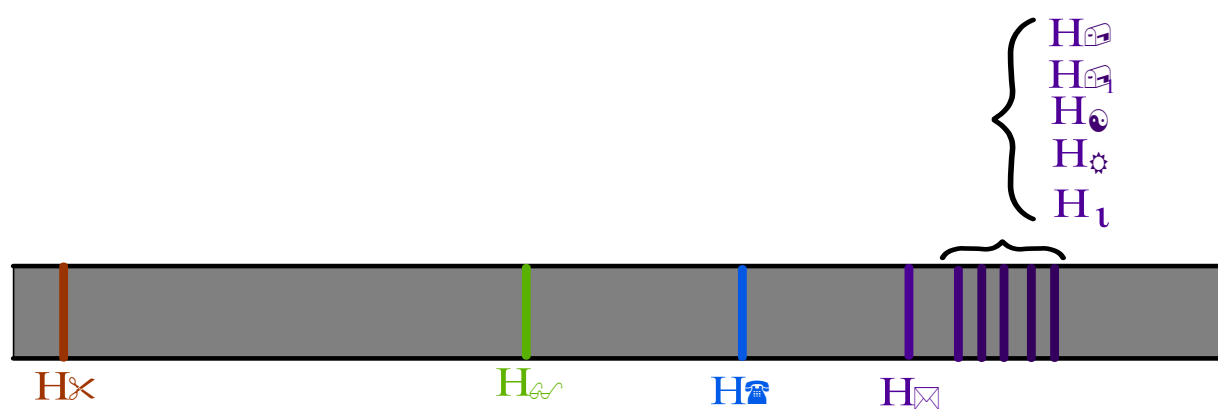
2 rasm

Elektron zarayadini aniqlashda Amerika fizigi
Milliken tajribasining sxemasi.



3 rasm

Termoelektronlar va musbat ionlar hosil etish trubkasi.



$$H_{\times} = 6562,79 \text{ \AA}$$

$$H_{\gamma} = 4861,33 \text{ \AA}$$

$$H_{\text{H}} = 4340,47 \text{ \AA}$$

$$H_{\boxtimes} = 4101,74 \text{ \AA}$$

$$H_{\epsilon} = 3970,07 \text{ \AA}$$

$$H_{\delta} = 3889,05 \text{ \AA}$$

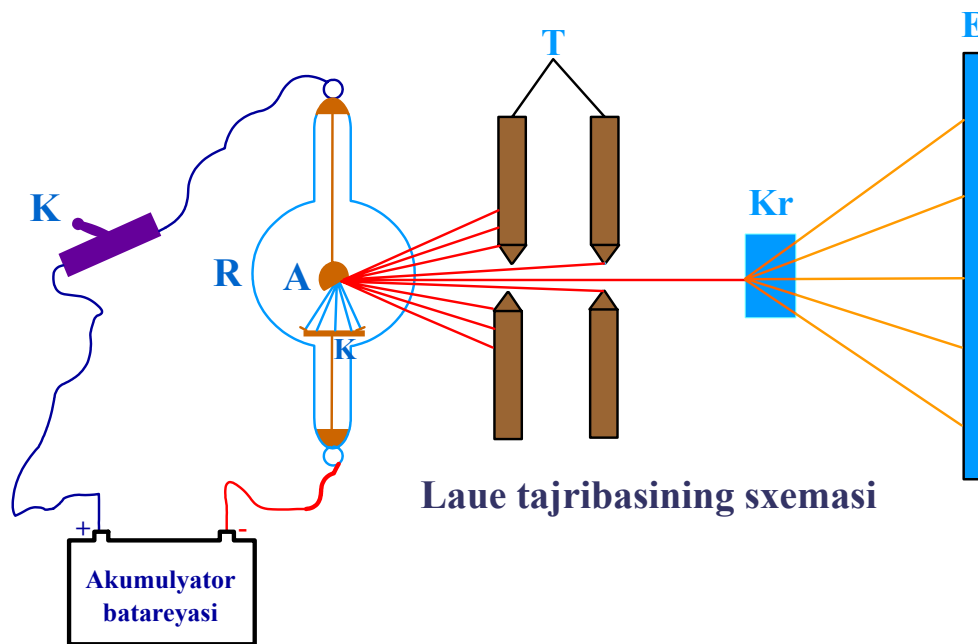
$$H_{\gamma} = 3835,39 \text{ \AA}$$

$$H_{\delta} = 3797,90 \text{ \AA}$$

$$H_{\epsilon} = 3770,63 \text{ \AA}$$

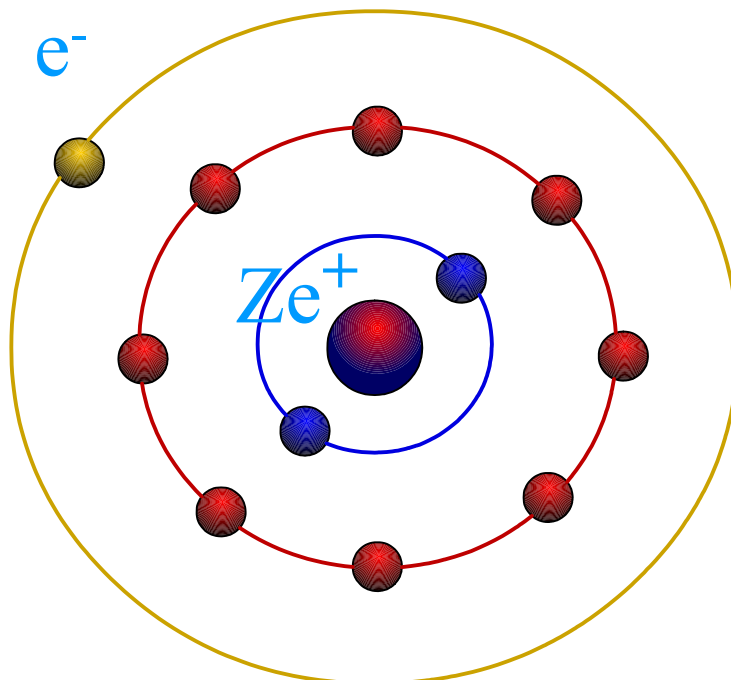
4 rasm

Vodorod atomining spektrlari.



5 rasm

Ka-Kalit, T-Tirqishlar, A-Anod, Kr-Kristall, K-Katod , E-Ekran, R-
Rentgen trubkasi



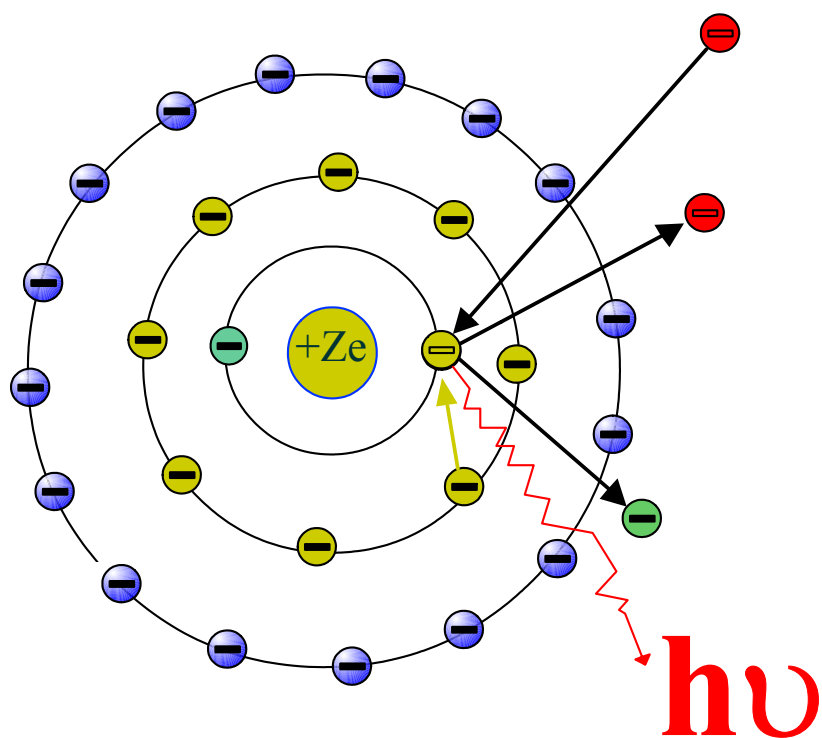
6 rasm

Na-atomning yadro va elektronlarning joylashishi.

e--elektron

Ze^+ -proton yoki atom yadrosi

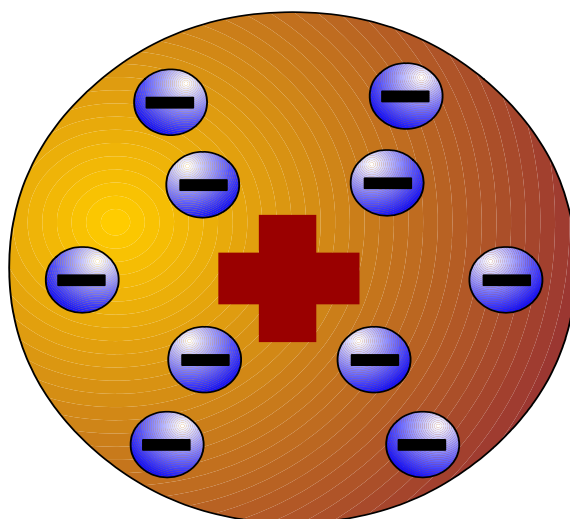
$Z=11$ - atom raqami



7 rasm

Xarakteristik spektrning hosil bo'lish sxemasi.

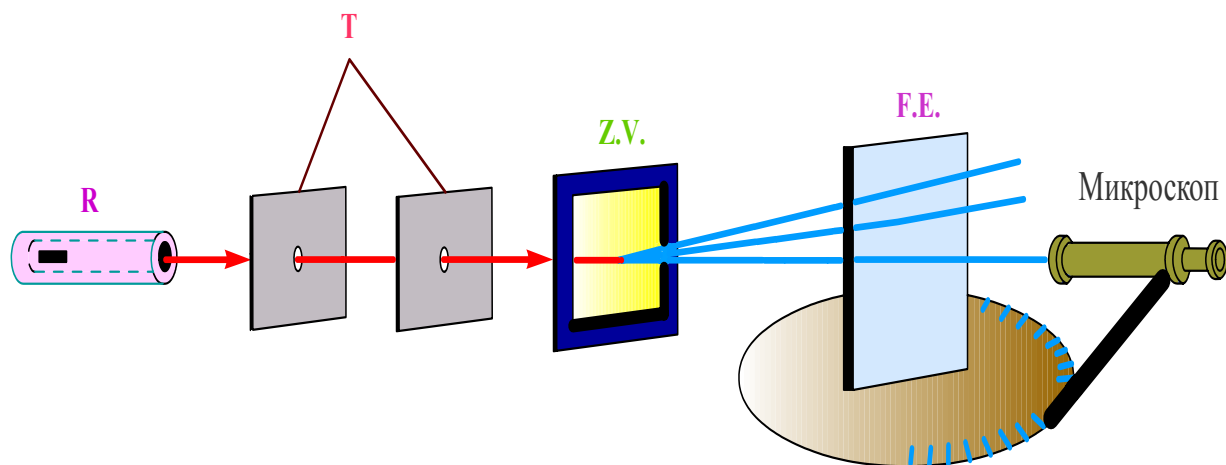
1 – elektron anod bilan to'qnashib, 2 – elektronni urib chiqaradi 2^1 .
Vaqt o'tishi bilan u joyga 3 – elektron o'tadi va $h\nu$ –kvant chiqaradi



8 rasm

Atomning Tomson modeli

Musbat zarralangan shar ichida manfiy zarralar suzib yuradi.



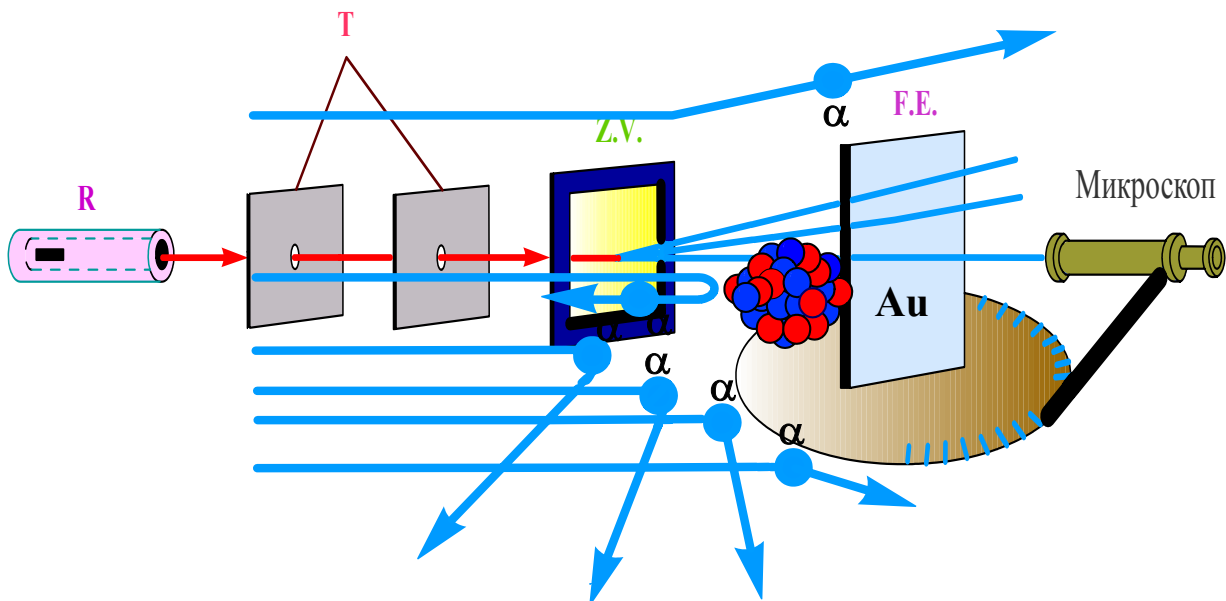
9-rasm

Rezerford tajribasi.

R- Qo`rg`oshin g`ilofda joylashtirilgan radiaktiv modda
 T-aniq zarralar yo`nalishini hosil qilishda tirqishlar turkumi

Z.V.- Zarvara

F.E.-Fluorensensiyali ekran

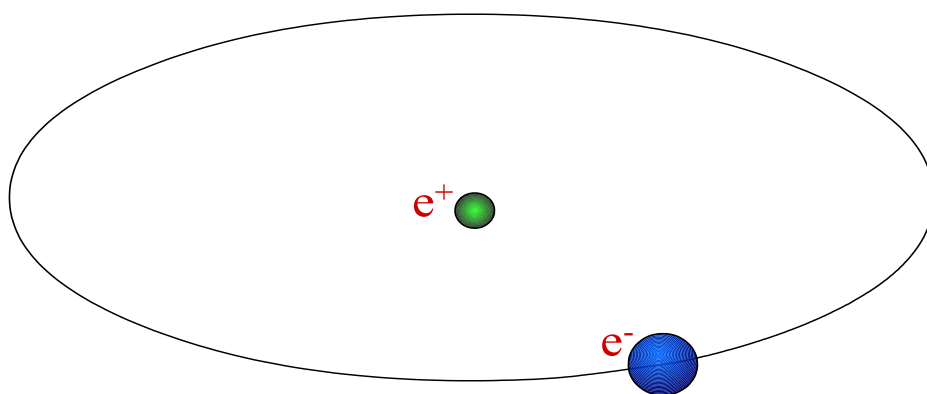


10-rasm

Rezerford tajribasida α - zarraning
oltin zarvaraقدan qaytish yo`llari.

Au - oltin yadrosi

α -alfa zarralari, uning Au- yadrosi bilan to`qnashuv ehtimolligi juda
kichik.

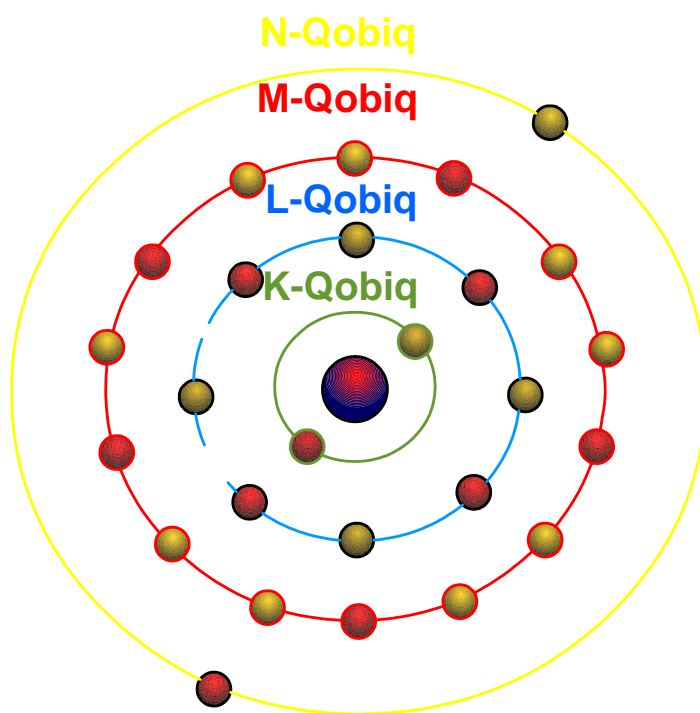


11-rasm

Vodorod atomining planetar modeli.

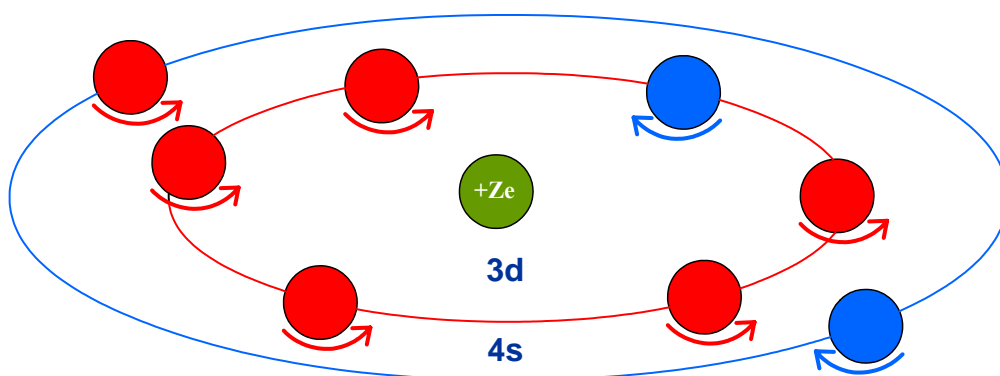
e^+ -proton aylananing markazida joylashgan

e^- -Elektron ma'lum masofada proton atrofida aylana bo'ylab harakat qiladi.



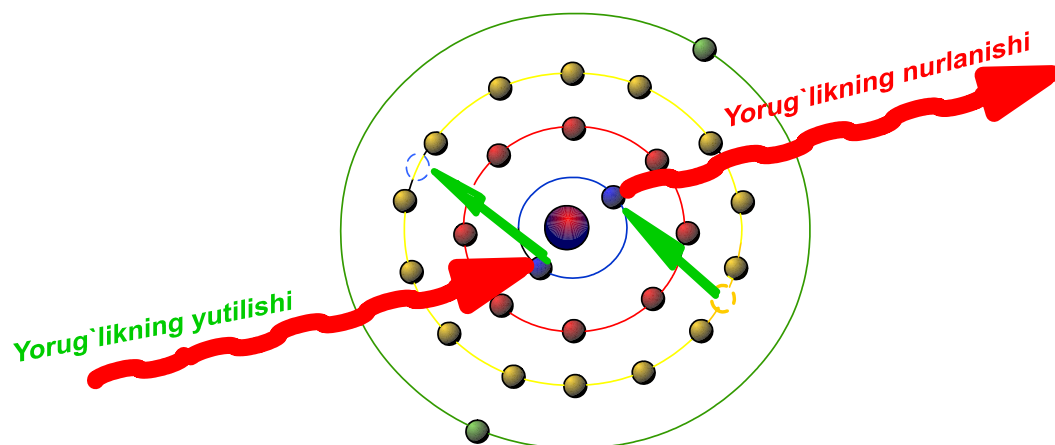
12-rasm

Temir atomida elektronlarning qobiqlar bo'yicha taxsimoti
K,L,M,N – qobiqlarning tartib bo'yicha joylashishi.



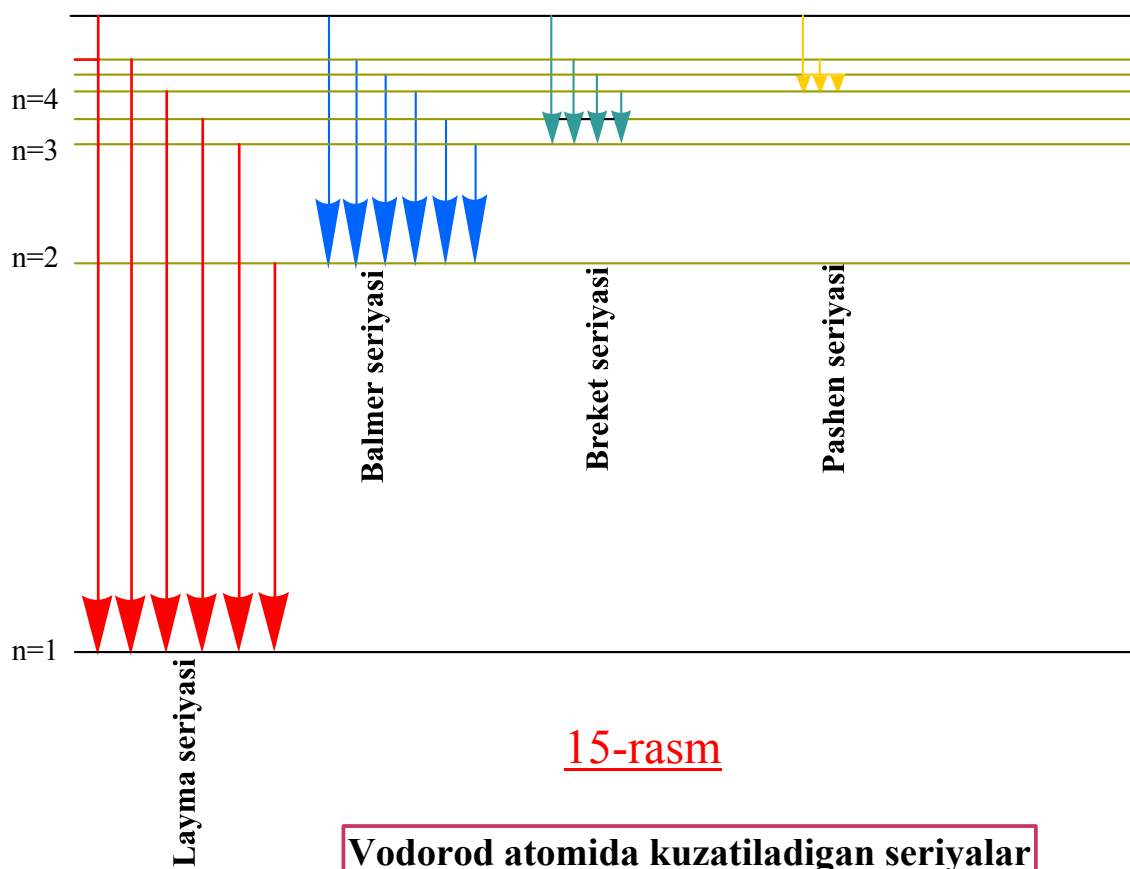
13-rasm

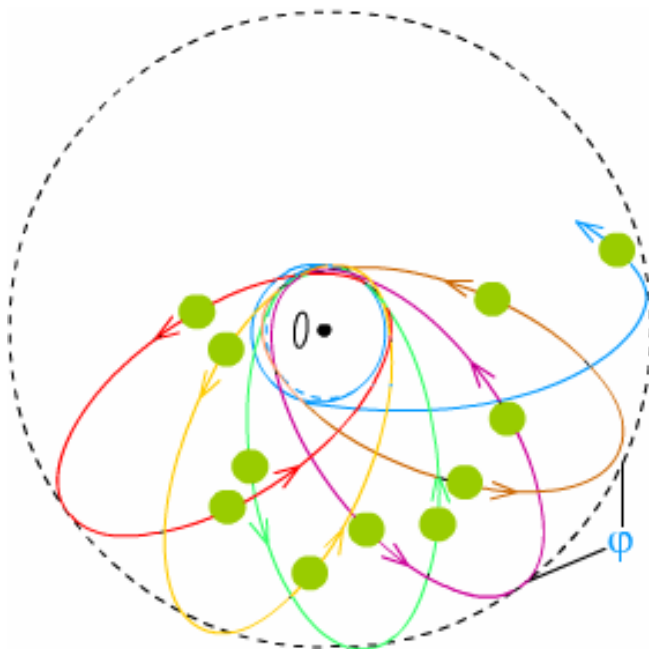
Temirning 3d energetic sathida 6 elektronlar bo`lib, uning 5 tasi “chap” spinli va bittasi “o`ng” spinlidir.



14-rasm

Simop atomining yorug`likni yutish va o`zidan yorug`lik chiqarish sxemasi

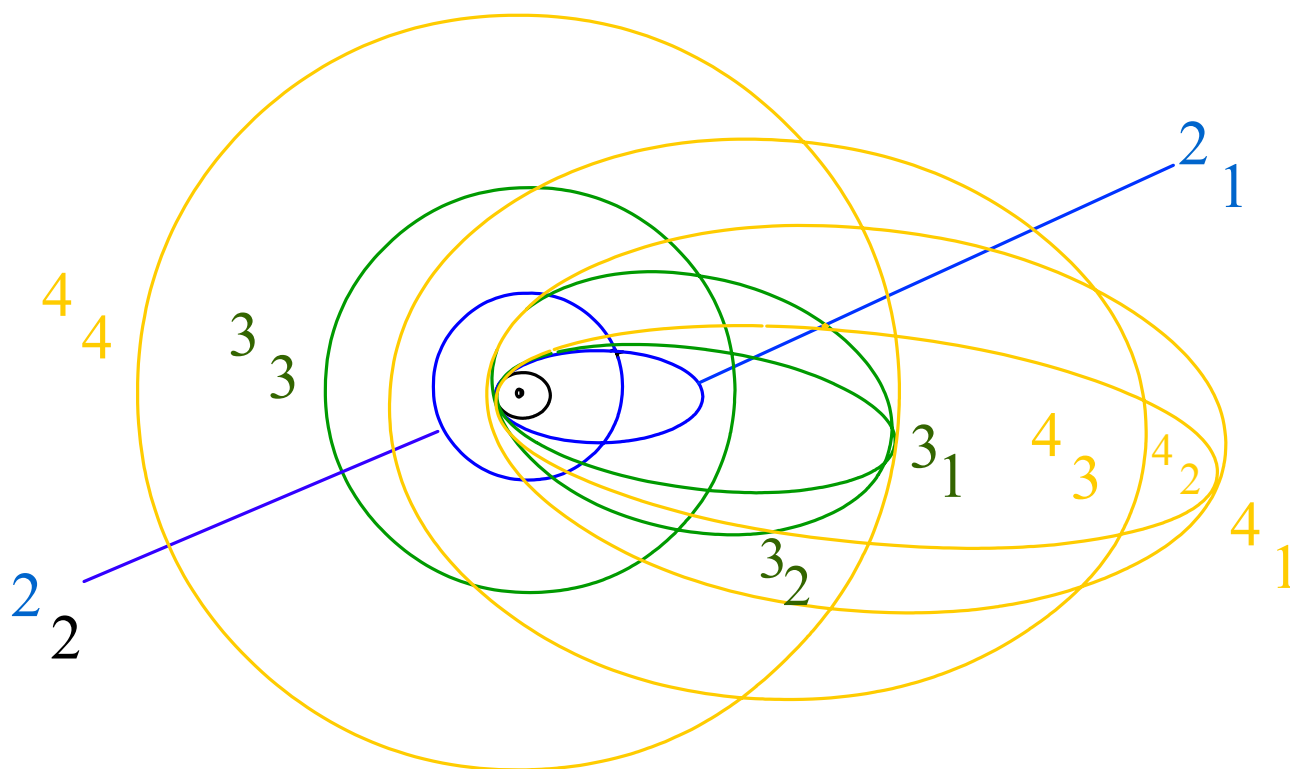




16-rasm

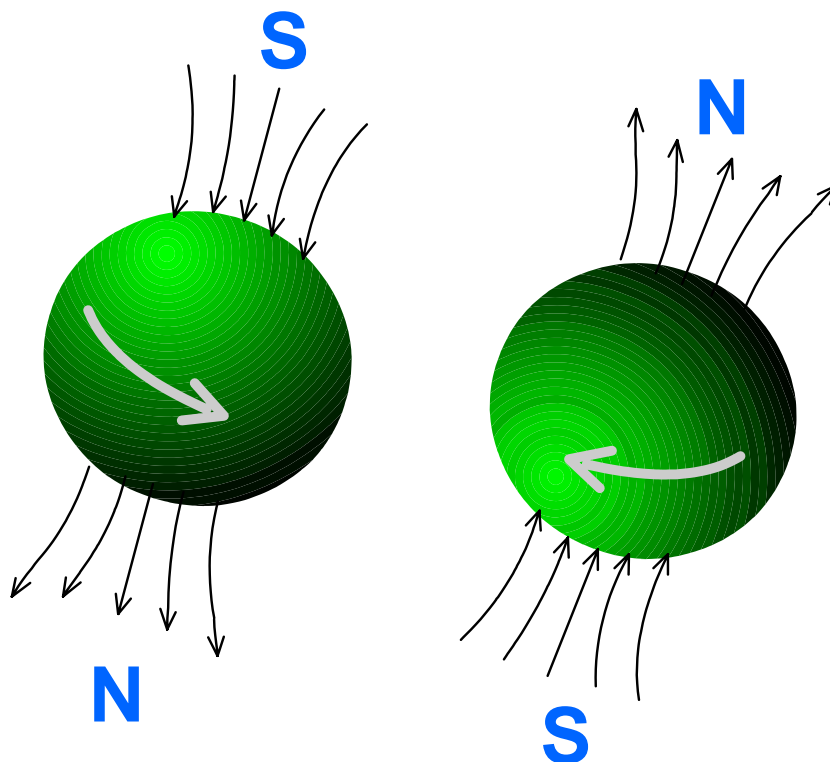
Elektron yadro atrofida ma'lum tekislikda pretsessiyali harakat qiladi.

Elektronlar harakat tekisliklari bir biridan $\delta\phi$ burchakka farq qiladi.



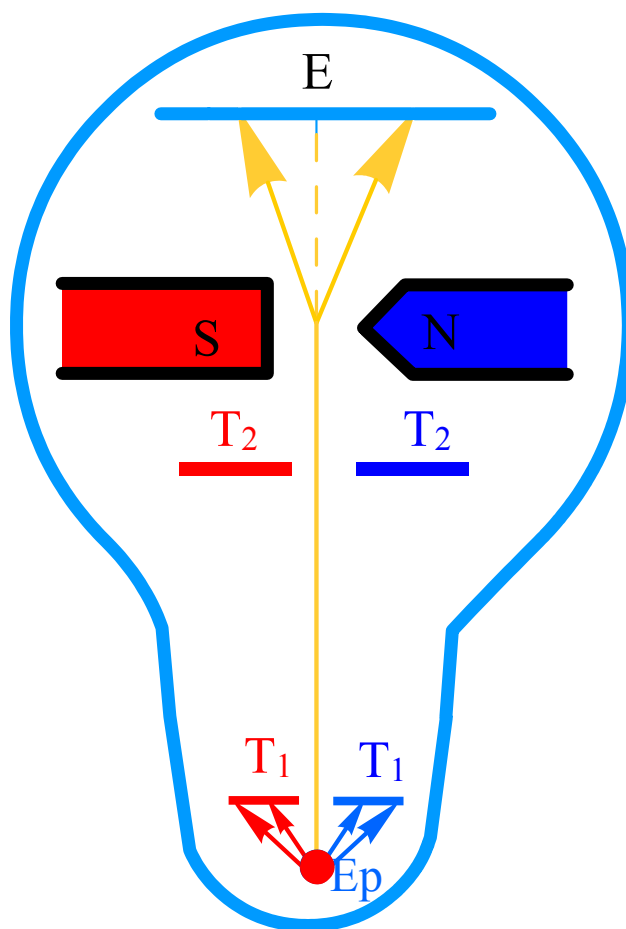
17-rasm

Vodorod atomidan elektronning bosh kvant soni n va orbital kvant soni l bo'yicha harakatlari keltirilgan.
 Raqamlar bosh kvant sonlar tartibiga, indeksleri orbital kvant sonlar tartibiga tegishlidir.



18-rasm

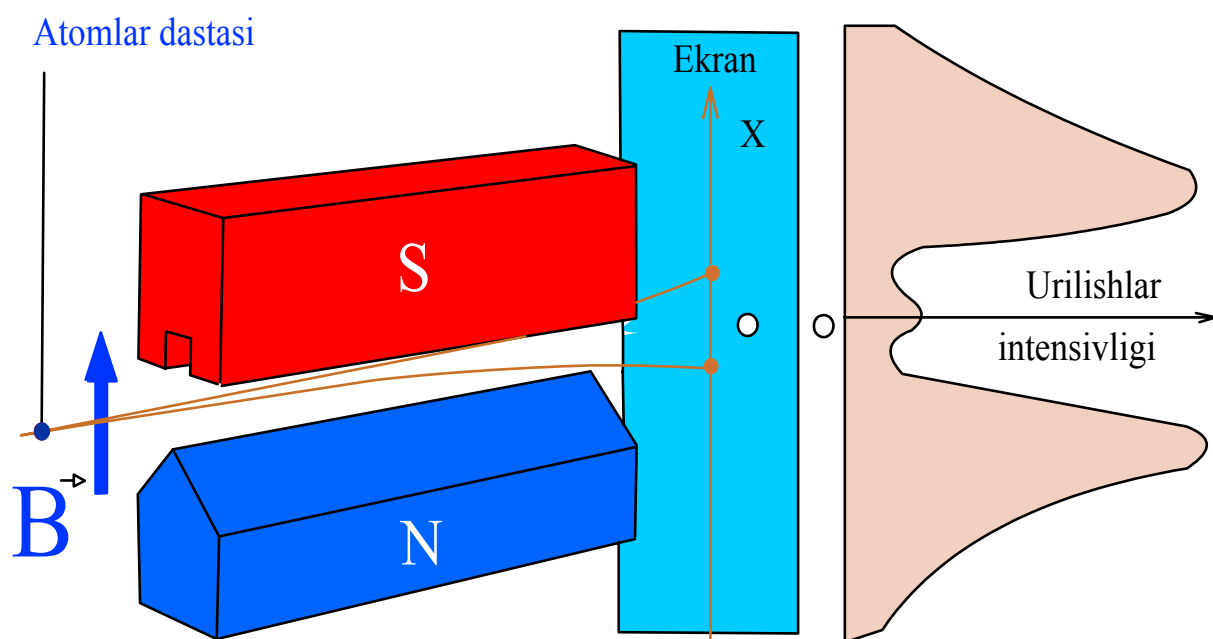
Tashqi magnit maydonda elektron spinnig yo`nalishi.



19-rasm

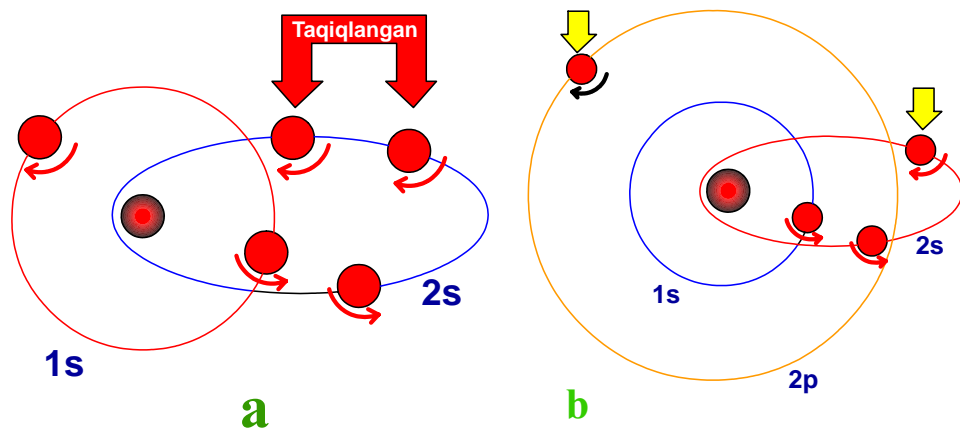
Shtern va Gerlax tajribasi.

E_p –Elektr pech, T_1, T_2 –dumaloq tirqishlar,
NS –magnitik jism, E –Ekran



20-rasm

Ingichka atomlar dastasi magnit maydondan o'tganda ikki yo'nalishlarga ajraladi. Ularning taqsimoti keltirilgan.



21-rasm

Pauliy tamoyilisini Bor atomiga tadbiqu.

3-ta elektronlar bir vaqtning o'zida 2s orbitada bo'lishi mumkin emas (a), 3-elektron 2p orbitada joylashishi shart (b).

m		-2	-1	0	1	2		
M-qobiq $n=3$	d						$l=2$	10
	P						$l=1$	6
	S						$l=0$	2
N-qobiq $n=2$	P						$l=1$	6
	S						$l=0$	2
K-qobiq $n=1$	S						$l=0$	2

22-rasm

Pauli tamoyiliga asosan atomdagi elektronlarning qobiqlar, yani bosh kvant sonlar n , orbital kvant sonlar l , magnit kvant sonlar m va spinlar bo'yicha joylashish tartiblari.