

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY VA O‘RTA MAXSUS TA‘LIM VAZIRLIGI
GULISTON DAVLAT UNIVERSITETI



A. Abdullayev

“FOTOVOLTAIKANING FIZIK ASOSLARI”
FANIDAN LABORATORIYA ISHLARI TO‘PLAMI
(Uslubiy ko‘rsatma)

Guliston Davlat universiteti “Qayta tiklanuvchi energiya manbalari va barqaror atrof muhit fizikasi” yo‘nalishi I kurs magistrleri uchun laboratoriya ishlarini bajarishga doir uslubiy ko‘rsatma



Guliston – 2021

A. Abdullayev “Fotovoltaikaning fizik asoslari fanidan laboratoriya ishlari” (uslubiy ko'rsatma). Guliston: Universitet, 2021, 42 bet.

Ushbu uslubiy ko'rsatma Guliston davlat universiteti fizika kafedrası professor-o'qituvchilari tomonidan yozilgan bo'lib, 70530904-“Qayta tikuvchi energiya manbalari va barqaror atrof muhit fizikasi” magistratura ta'lim yo'nalishi uchun “Fotovoltaikaning fizik asoslari” fanidan laboratoriya ishlarining tavsiyalari keltirilgan. Mazkur ko'rsatma Guliston davlat universiteti tomonidan tasdiqlangan namunaviy dasturga asosan yozildi.

Tuzuvchi:

dots. A. Abdullayev,

Taqrizchilar:

f.-m.f.n. R. Elmurodov,
f.-m.f.n. G'. Raxmonov

Ushbu uslubiy ko'rsatma Guliston davlat universiteti ilmiy Kengashining 2021 yil “___” _____dagi ___-sonli yig'ilish qarori asosida nashr etishga va o'quv mashg'ulotlarida foydalanishga tavsiya etilgan.

MUNDARIJA

| | | |
|----|---|----|
| 1. | 1-laboratoriya mashg'uloti. laboratoriya mashg'ulotlari va ularni tashkil qilish usullari. Quyosh elementlarini VAXni urganish..... | 4 |
| 2 | 2-laboratoriya mashg'uloti. Quyosh elementlarini o'rganish va parametrlarini aniqlash. Qisqa tutashuv toki..... | 20 |
| 3. | 3-laboratoriya mashg'uloti. Yarim o'tkazgichlarning volt-amper xarakteristikasini o'rganish..... | 28 |
| 4 | 4-laboratoriya mashg'uloti. Quyosh elementlarini o'rganish va parametrlarini aniqlash. Foydali ish koeffitsienti Yarimo'tkazgichli fotoelektrik o'zgartgichlar..... | 30 |
| 5 | 5-laboratoriya mashg'uloti. Quyosh elementlarni parallel va kema-ket ulash. Quyosh elementlarini VAX..... | 39 |

1-laboratoriya mashg'uloti:

Mavzu: laboratoriya mashg'ulotlari va ularni tashkil qilish usullari.

Quyosh elementlarini VAXni urganish

Laboratoriya mashg'ulotlari nazariya va amaliyotni bog'lovchi, ularning birligini ta'minlovchi asosiy omil bo'lib, talabalarning bilimlarini mustaxkamlash bilan bir qatorda o'lchov asboblari bilan ishlash va tajriba o'tkaza bilish ko'nikmalarini shakllantirishda va rivojlanishda katta ahamiyat kasb etadi. Oliy o'quv yurtlarida o'tkaziladigan laboratoriya mashg'ulotlarini uch usulda tashqil qilish mumkin: *umumiy, aralash vassiklli*.

Umumiy usul. Har bir talaba ma'ruzada o'tilgan mavzuga taalluqli muayyan bir ishni bajarish imkoniyatiga ega bo'ladi. Ushbu usul darsni tashqil qilish va o'tkazishni, dars davomida talabalarning faoliyatini boshqarib borishni engillashtiradi. Umumiy usul laboratoriyalarda bir xil qurilmalardan bir nechta bo'lganda laboratoriya xonalarining kengaytirilishi va barcha talabalarning bir xil mazmunli va bir tartibdagi vazifalarni bajara olishga sharoit tug'dirilishini talab qiladi. Bundan tashqari laboratoriya ishlarining bir xilligi, qiyin o'zlashtiradigan talabalarning fikrlash qobiliyatini chegaralaydi.

Laboratoriya mashg'ulotlarining *aralash bajarish usuli*. Har bir talaba ma'ruzada o'tilgan yoki o'tilmaganidan qat'iy nazar alohida – alohida laboratoriya ishlarini bajaradi. Bu ishlarining mazmuni ham, bajarish usuli ham turlicha. Laboratoriya va ma'ruza mavzularining bir – biri bilan mos kelmasligi talabalarning tegishli adabiyot bilan mustaqil ishlashga o'rgatadi, fikrlash jarayonlarini aktivlashtiradi.

Siklli usul. Bu usulda esa amaliyotga kiritilgan laboratoriya ishlari, umumiy fizika kursining ma'lum bilimlari asosida yoki biron – bir fizik kattalikning turli o'lchash usullarini umumlashtirish yo'li bilan birlashtirilib tashqil qilinadi. Laboratoriya ishlarining yoki ma'ruza mashg'ulotining matnini moslashtirish laboratoriya ishlarini bajarishda unumli variantlarni qo'llash imkonini beradi. YUqorida bayon etilgan usullarni tahlil qilish oliy o'quv yurtlarida fizikadan o'tkazilgan laboratoriya mashg'ulotlarinissiklli usulda olib borish maqsadga muvofiqligini ko'rsatadi.

O'LCHASH NATIJALARINI ISHLASH

Biz qo'llayotgan o'lchov asboblari va sezgi organlarimizning uncha yaxshi takomillashmagani tufayli har qanday o'lchash natijalari ma'lum bir darajadagina aniqlikka ega bo'ladi. SHuning uchun ham o'lchash natijalari bizga o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymatini emas, taqribiy qiymatigina beradi.

O'lchashning o'lchov birligining qanday eng kichik ulushigacha ishonchli bajarish mumkin bo'lsa, ana shu o'lchash natijasining aniqlik darajasi bo'ladi. O'lchash aniqligining darajasi bu o'lchashda ishlatilayotgan asboblarga, o'lchashning umumiy usullariga bog'liq bo'ladi: biron muayyan sharoitda erishilishi mumkin bo'lgan aniqlikdan ham aniqroq natijalar olish uchun urinish vaqtni bekorga sarflash demakdir. Odatda, o'lchanayotgan kattalikning 0,1 protsentigacha aniqlik bilan kifoyalansa bo'ladi.

Eng oxirgi natijaning aniqligini oshirish uchun har qanday fizik o'lchashni bir martagina emas, balki tajribada o'tkazilayotgan sharoitni o'zgartirmay turib, bir necha marta takrorlash lozim. Haqiqatan ham biz o'lchashda va sanoqda hamma vaqt ozmi, ko'pmi xato qilamiz. Bu xatolar ikki sababga ko'ra yuz berishi mumkinligidan, ular ikki guruhga: hamma vaqt bo'ladigan (sistemali) va tasodifiy xatolarga bo'linadi.

Sistemali xatolar o'lchov asboblarning buzuqligi, o'lchash usulining noto'g'riligini yoki kuzatuvchining biror xato qilib qo'yishi natijasida yuz beradi. Ravshanki, o'lchashni bir necha marta takrorlash bu xatolar ta'sirini kamaytirmaydi. Bu xatolarning yo'qotish uchun, o'lchash usuliga tanqidiy ko'z bilan qaray bilish, asboblarga aniq qarab turish va ish bajarishni amalda yaratilgan qoidalariga kattiq rioya qilish kerak.

Tasodifiy xatolar esa tajriba o'tkazuvchi har qanday kishining sanoq vaqtida mutlaqo ixtiyorsiz qilib qo'yishi mumkin bo'lgan xatosi natijasida vujudga keladi. Bu xatolarga sezgi organlarimizning uncha yaxshi takomillashmaganligi va o'lchash vaqtida yuz beradigan (oldindan e'tiborga olinishi mumkin bo'lmagan) boshqa ko'pgina hollar sabab bo'ladi. Tasodifiy xatolar ehtimollar nazariyasining qonunlariga bo'yso'nadi. Demak, biror kattalikni bir marta o'lchanganda olingan natija shu kattalikni keyingi o'lchashlardan birining natijasi, ehtimol haqiqiy qiymatda kichik bo'lib chiqishi mumkin. Bunday holda ayni bir kattalikni bir necha marta o'lchash natijasida tasodifiy tomonga chetlanishlardan ko'proq bo'lishining ehtimoli ortiq emas. Shuning uchun ham, juda ko'p o'lchash natijalarining o'rtacha arifmetik qiymati, o'lchash natijalarining har qaysisidan ko'ra, o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymatiga yaqinroq bo'ladi. Faraz qilaylik, ayrim kattaliklarni o'lchash talab etilsin:

Ayrim o'lchashlarning natijalari $N_1, N_2, N_3, \dots, N_n$ bo'lsin, n - alohida o'lchashlar soni. U holda bu natijalarning o'rtacha arifmetik qiymati:

$$\bar{N} = \frac{N_1 + N_2 + N_3 + \dots + N_n}{n} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n N_i \quad (1.1)$$

Bir miqdor o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymatiga eng yaqin bo'ladi. Har bir alohida o'lchashlarning bir o'rtacha qiymatdan farqi, ya'ni:

$$\begin{aligned}
|\bar{N} - N_1| &= \Delta N_1 \\
|\bar{N} - N_2| &= \Delta N_2 \\
|\bar{N} - N_3| &= \Delta N_3 \\
\frac{|\bar{N} - N_n|}{n} &= \Delta N_n
\end{aligned}
\tag{1.2}$$

alohida o'lchashlarning absolyut xatosi deyiladi. Bu xatolarning ishorasi har xil bo'ladi: ular musbat hamda manfiy bo'lishlari mumkin. O'rtacha absolyut xatoni hisoblash uchun ayrim xatolar son qiymatlarining o'rtacha arifmetik qiymati olinadi.

$$\Delta \bar{N} = \frac{\Delta N_1 + \Delta N_2 + \Delta N_3 + \dots + \Delta N_n}{n}
\tag{1.3}$$

$\frac{\Delta N_1}{N_1}, \frac{\Delta N_2}{N_2}, \dots$ nisbatlarga ayrim o'lchashlarning nisbiy xatolari deyiladi. O'rtacha absolyut xato ($\Delta \bar{N}$) ning o'lchanayotgan kattalikni o'rtacha arifmetik qiymati (\bar{N}) ga nisbati o'lchashning o'rtacha nisbiy xatosi (E) deyiladi.

$$E = \frac{\Delta \bar{N}}{\bar{N}}
\tag{1.4}$$

nisbiy xatolar foizlarda ifodalanadi:

$$E = \frac{\Delta \bar{N}}{\bar{N}} \cdot 100\%
\tag{1.5}$$

o'lchash kattaliklarni haqiqiy qiymati:

$$N_x = \bar{N} \pm \Delta \frac{\bar{N}}{N}
\tag{1.6}$$

Bundan N_x - ikki qiymat $\bar{N} + \Delta \bar{N}$ va $\bar{N} - \Delta \bar{N}$ ga ega deb tushunish yaramaydi. N_x faqat bir qiymatga egadir. (-) va (+) ishoralar o'lchanadigan kattalikning haqiqiy qiymati:

$$\bar{N} + \Delta \bar{N} \text{ ba } \bar{N} - \Delta \bar{N}
\tag{1.7}$$

intervalida ekanligini ko'rsatadi, ya'ni

$$\bar{N} + \Delta \bar{N} \leq N_x \leq \bar{N} - \Delta \bar{N}
\tag{1.8}$$

Ehtimollik nazariyasi absolyut xato N topishlikni yanada aniqroq formulasini berib, natijasining ΔN_m - ehtimolligi katta deb ataluvchi xatolik tushunchasini beradi.

$$\Delta N_m = \pm 0,6743 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta N_i)^2}{n(n-1)}}
\tag{1.9}$$

Bu holda o‘lchanayotgan kattalikning natijalovchi qiymati:

$$N_x = \bar{N} \pm \Delta N_m \quad (1.10)$$

Agar asbobning aniqligi shunday bo‘lsaki, har qanday o‘lchash sonida ham, asbob bir xil qiymatni ko‘rsatsa, u holda xatolikni hisoblashning yuqorida keltirilgan usuli qo‘llanilmaydi. Bu holda o‘lchash bir marta o‘tkazilib, uning natijasi qo‘yidagicha yoziladi:

$$N_x = \bar{N} + \Delta N_{mex} \quad (1.11)$$

bunda N_x - izlanayotgan o‘lchash natijasi, \bar{N} - ikki o‘lchashning o‘rtacha arifmetik qiymati. ΔN_{mex} - asbob shkalasi bo‘linmalarini yarmiga teng bo‘lgan chegaraviy xatolik. To‘g‘ridan – to‘g‘ri o‘lchash xatoliklarini quyidagi jadval ko‘rinishida rasmiylashtiriladi.

1.3-jadval

| O‘lchashlar soni | N_i | ΔN_i | $\frac{\Delta \bar{N}}{\bar{N}} \cdot 100\%$ | $N_x = \bar{N} + \Delta N_{mex}$ |
|------------------|-------|--------------|--|----------------------------------|
| 1. | N_1 | ΔN_1 | | |
| 2. | N_2 | ΔN_2 | | |
| 3. | N_3 | ΔN_3 | | |
| ... | | | | |
| n | N_n | ΔN_n | | |

FOTOVOL‘TAIKANING FIZIK ASOSLARI FANIDAN LABORATORIYA MASHG‘ULOTLARIDA KOMPYUTER TEXNIKASIDAN FOYDALANISH

Laboratoriya mashg‘ulotlarida turli kompyuterlardan foydalanish tajriba natijalarini hisoblash va ularni analiz qilishning samarali usullaridan biri hisoblanadi. Ushbu usuldan foydalanish: tajriba natijalarini o‘rganishda matematik statistikaning yuqori aniqlikka ega bo‘lgan usullarini qo‘llaniladi: asosiy o‘quv materiallari ko‘lamini matematik amallar bajarishga ketadigan vaqtni tejash hisobiga kengaytirish; o‘quv laboratoriyalarini ilmiy tadqiqot laboratoriyalariga yaqinlashtirish kabi imkoniyatlarini beradi.

Laboratoriya ishlarining natijasini o‘rganishda kompyuterdan foydalanish uchun qo‘yidagilarni bajarish zarur:

- formulasini mumkin qadar sodda holga keltirish, hususan, o‘rganilayotgan tajriba uchun matematik ifodaning doimiy qismini ajratish;
- o‘lchangan va jadvaldan olingan kattaliklarni bitta o‘lchov birliklar sistemasiga keltirish va ularning asosiy harakteristikalarini nomi belgilab yozilishi.

Hisoblashda ishlatiladigan kattaliklarni aniqlash:

- hisoblash algoritmining: a) analitik va b) grafik-blok sxemasini tuzish;
- dasturlar ya'ni o'rganilayotgan hodisa yoki aniqlanayotgan kattalik ifodasini kompyuter dasturi tilida ifodalash;
- o'lchangan kattalikni kompyuter dasturiga kiritish;
- dastur to'g'riligini tekshirib ko'rish;
- kompyuterda hisoblash;
- dastur va hisoblash natijalarini tashqi xotira qurilmasiga o'tkazish.

Hozirgi davrda eng ko'p ishlatiladigan ayrim laboratoriya ishlari virtual tizimda ishlash uchun yaratilgan.

1.3. Quyosh energiyasini o'lchash va hisoblash

Quyosh nurlanishining parametrlarini o'lchash aktinometrik stansiyalarda amalga oshiriladi. Bunday stantsiyalar O'zbekistonda mavjud. Ushbu stantsiyalarda amalga oshirilgan o'lchovlar turli xil quyosh energiyasi qurilmalarining usullari va parametrlarini hisoblashda ishlatilishi mumkin.

Yil davomida Yer Quyoshdan taxminan $6 \cdot 10^{17}$ Kw·soat nurlanish enyergiyasini oladi, bu insoniyat xozirgi vaqtda sarflayotgan enyergiyadan 20 ming martadan ko'proqdir. Uning 0,001 qismidan kamrog'ini o'simliklar va odamlar ishlatadilar. Enyergiyaning nurlanish manbai sifatida quyosh o'zidan, turli tuman elektromagnit to'lqinlarni chiqaradi. Quyosh nurlarining katta qismi spektrning infraqizil sohasiga, deyarli yarmini ko'zga ko'rinadigan spektrning $4 \cdot 10^{-7} \text{ m} \div 7 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ gacha to'lqin uzunliklar sohasiga to'g'ri keladi. Bu enyergiya yer yuzasiga yorug'lik ko'rinishida etib keladi. Atmosfyerada ro'y byeradigan hamma hodisalar quyosh radiassiyasi ta'sirida sodir bo'ladi. Yorug'lik va issiqlik xususiyatiga ega bo'lgan quyosh nurlari quyosh radiassiyasi deb ataladi.

Atmosfyeraning yuqori chegaralariga kirib kelayotgan quyosh enyergiyasi bir qancha omillarga bog'liq bo'lgan holda, ular ta'sirida solyar (quyosh) iqlimi shakllanadi. Bu miqdor quyosh doimiysi deb ataladi. Yerning Quyoshgacha bo'lgan o'rtacha joylashishida quyosh doimiysining qiymati 1 yanvar 1981 yildan $1,367 \pm 0,007 \text{ kW/m}^2$ deb qabul qilingan. Ayni vaqtda kirib kelayotgan quyosh radiatsiyasi oqimi quyosh doimiysi qiymatiga, quyoshgacha bo'lgan masofaga, δ – quyoshning og'ishiga, φ – joyning geografik kengligiga va τ – vaqtga bog'liq bo'ladi. Yer sirti atmosferasi va umuman yer sayyorasi radiatsion rejimining shakilantiruvchi omili bo'ladi. Bu quyosh doimiysi parametrlari qiymati: quyoshning og'ishi, kun soatlari, atmosferada tarkibi undagi aerzollar va suv bug'larining miqdori va turi, yer sirti al'bedosi, yer sirtining turi holati bilan aniqlanadi. Sanab o'tilgan omillar yer sirti va atmosferada radiatsion balansini hamda

uni tashkil etuvchilari (to'g'ri, sochilgan, yig'indi radiatsiyasi va effektiv nurlanishi)ning kunlik va yilik o'zgarishlariga sabab bo'ladi.

Aktinometriya-metrologiyaning bir qismi bo'lib, nurlanish enyergiyasining (radiatsiyasi) oqimini o'lchash bilan shug'ullanadi. Quyosh radiatsiyasining yer sirtiga tushuvchi parallel nurlari to'g'ri quyosh radiatsiyasi deyiladi. Quyosh radiatsiyasining yer sirtiga tushishini xarakterlaydigan kattalik uning intinsivligidir. U issiqlik miqdori bilan baholanadi. Quyosh nurlariga pyerpendikulyar joylashgan 1m^2 yuzali qora jism sirtiga 1 minut vaqt ichida tushuvchi quyosh nurlarini yutib issiqlik miqdoriga aylantirish intensivlik bilan ifodalanadi. Atmosfyera chegarasidagi quyosh raditssiyasining intensivligi quyosh doimiysi deyiladi.

Quyosh enyergiyasining yassi sirtga tushishni xarakterlaydigan kattalik insolyatsiya (E) deyiladi, u ham W/m^2 birlik bilan o'lchanadi. Insolyatsiya va intensivlik orasida quyidagicha bog'liqlik bor:

$$E = E_0 \cdot \sin h_0 = E_0 \cos Z_0, \quad (1.12)$$

bunda h_0 - quyosh balandligi; Z_0 - quyoshning zenit masofasi. Quyoshning balandligi quyidagi astronomik formula yordamida hisoblanadi:

$$h_0 = 90 - \varphi - \delta; \quad \sin h_0 = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos \tau \quad (1.13)$$

bu yerda φ - joyning geografik kengligi, Guliston shahri uchun $\varphi = 40, 5^0$; Toshkent uchun $\varphi = 41^3$; δ - quyoshning og'ishi; τ - quyoshning soat burchagi. Har bir oyning 21 sanasi uchun quyoshning og'ish qiymatlarini quyidagi jadvalda keltirilgan. Aniq kengliklar uchun, quyosh radiatsiyasi intensivligining normal J_H sirtga tushishini aniqlashning turli usullari mavjud. J_H ning $38-63^0$ geografik kengliklar uchun hisoblashda

$$J_H = \frac{Q_0 \sin h_0}{\sin h_0 + c}, \quad (1.14)$$

formuladan foydalaniladi. Bu ifodada c - atmosfera tozaligini ifodolovchi koeffitsient.

$$c = (1 - \rho) / \rho, \quad (1.15)$$

ρ - quyosh nurlari normal bo'yicha atmosferadan o'tishdagi tozalik koeffitsientini, bulutsiz kunlar uchun $\rho = 0,7 - 0,8$ qiymat atrofida tebranadi.

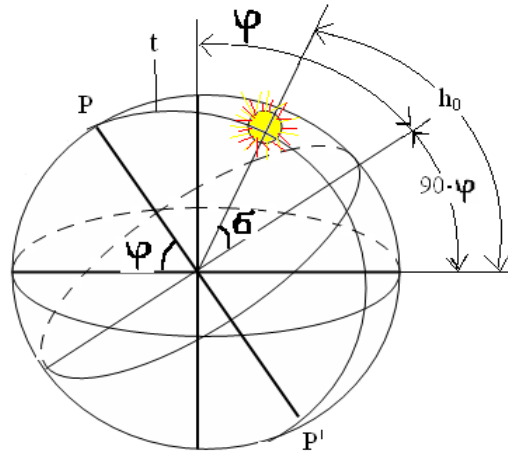
Quyoshning og'ishini quyidagi formuladan

$$\delta_i = 23,45 \cdot \sin \left(360 \frac{n_i + 284}{365} \right) \quad (1.16)$$

foydalanib aniqlanadi, bu yerda n_i - kalendaridagi kunlar soni.

Har bir oyning 21 sanasi uchun quyoshning og'ish qiymati. 1.4-jadval.

| t/r | Oylar | δ , quyoshning og'ishi | t/r | Oylar | δ , quyoshning og'ishi |
|-----|--------|-------------------------------|-----|----------|-------------------------------|
| 1 | Yanvar | $-19^{\circ}57$ | 7 | Iyul | $+20^{\circ}32$ |
| 2 | Fevral | $-10^{\circ}38$ | 8 | Avgust | $+12^{\circ}12$ |
| 3 | Mart | $-0^{\circ}09$ | 9 | Sentyabr | $0^{\circ}48$ |
| 4 | April | $+11^{\circ}47$ | 10 | Oktyabr | $-10^{\circ}38$ |
| 5 | May | $+20^{\circ}09$ | 11 | Noyabr | $-19^{\circ}53$ |
| 6 | Iyun | $+23^{\circ}27$ | 12 | Dekabr | $-23^{\circ}27$ |



1.10-rasm. Ekvatorial koordinatalar sistemasi: φ – joyning geografik kengligi, δ – quyoshning og'ishi, τ – quyoshning soat burchagi, PP' – dunyo o'qi, h_0 – quyosh balandligi. Quyosh balandligi har qanday kenglik uchun, har qanday kun vaqtida, yil va yo'nalish sirtining hisoblash (1.48) formula yordamida bajariladi. Quyosh radiatsiyasining o'rtacha intensivligi $I_{o'r}$, tushuvchi nur va sirt burchak orasidagi ifoda quyidagi formula yordamida aniqlanadi;

$$I_{o'r} = I_{\perp} \cos i, \quad (1.17)$$

bu yerda $\cos i$ – kosinus burchak, sirt bilan normal orasidagi burchak.

Quyosh balandligi har qanday kenglik uchun, har qanday kun vaqtida, yil va yo'nalish sirtining hisoblash (1.49) formula yordamida bajariladi. Quyosh radiatsiyasining o'rtacha intensivligi $I_{o'r}$, tushuvchi nur va sirt burchak orasidagi ifoda quyidagi formula yordamida aniqlanadi;

$$I_{o'r} = I_{\perp} \cos i, \quad (1.18)$$

bu yerda $\cos i$ – kosinus burchak, sirt bilan normal orasidagi burchak.

Sutkaning har xil vaqtida turli yo'nalishdagi sirtlar uchun $\cos i$ qiymati quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$\text{yassi sirtlar uchun: } \cos h_0^G = \sin \delta \sin \varphi + \cos \varphi \cos \delta \cos \tau, \quad (1.19)$$

$$\text{tik sirtlar uchun: } \cos \tau_j^v = \cos \delta \sin \varphi \cos \tau - \sin \delta \cos \varphi, \quad (1.20)$$

$$\cos \tau_{shimol}^v = \sin \delta \sin \varphi - \cos \delta \sin \varphi \cos \tau, \quad (1.21)$$

$$\cos \tau_{G-sharq}^v = \cos \delta \sin \varphi, \quad (1.22)$$

$$\cos \otimes_{j-G, j-sharq}^v = 0,707(\cos \delta \sin \varphi \cos \varphi + \cos \delta \sin \varphi - \sin \delta \cos \varphi), \quad (1.23)$$

$$\cos \otimes_{sh-G, sharq}^v = 0,707(\cos \delta \sin \varphi + \sin \delta \cos \varphi - \cos \delta \cos \varphi + \cos \delta \sin \beta \varphi \cos \varphi); \quad (1.24)$$

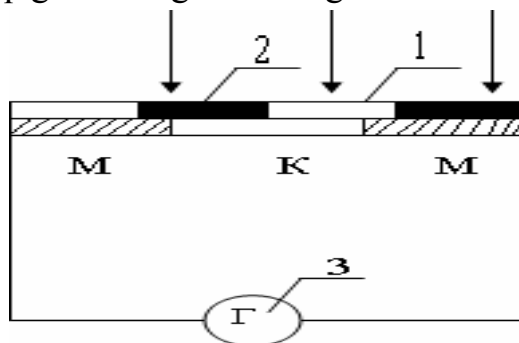
bu formulalarda $\otimes = h_0$ bo'lib, uning yuqoridagi indeksi: yoritiluvchi sirtning joylashishini belgilaydi (G-yassi, V-tik); pastki indeks esa yoritgichga nisbatan yo'nalish (j-janub, sh-shimol, g'-g'arb, sharq, j-g'-janubiy - g'arbiy, sha-j-sharqiy-janubiy, sh-g'-shimoliy-g'arbiy, sha- sh sharq- shimoliy).

Atmosfyeraning tiniqligi o'zgarib turganidan quyosh radiatsiyasining intensivligi tush vaqtidagi qiymati nisbatan simmetrik ravishda o'zgarmaydi. Qish oylarida tush vaqtida quyosh radiatsiyasi intensivligi o'zining maksimal qiymatiga erishadi. Yoz oylarida esa tush vaqti yaqinlashgan sari intensivlik o'zgarmay qoladi, ba'zan tush vaqtida intensivlik kamayib qolishi ham mumkin. Bunga sabab shuki, yilning issiq oylarida tush vaqti yaqinlashgan sari atmosferadagi suv bug'lari hamda turli xil chang zarralarining miqdori oshib ketadi, natijada ular quyosh radiatsiyasining yutish va sochishi sababli yer sirtiga tushadigan qismi kamayadi. Yassi va tik sirtlardagi farq sezilarlidir, bu farq ayniqsa qish oylarida juda katta bo'ladi. Yoz oylarida quyosh osmon sferasidan balandda bo'lganida to'g'ri quyosh radiatsiyasining tik va yassi sirtida intensivliklar bir-biriga ancha yaqin bo'ladi.

Quyosh nurlanishi enyergiyasini o'lchash kalorimetrik, fotoelektrik, fotografik va ko'rish usullarida olib boriladi. Kalorimetrik usulda o'lchash quyosh nuri enyergiyasini qora jismlarda yutilib issiqlik enyergiyasiga aylantirish orqali amalga oshiriladi. Hozirgi vaqtda eng ko'p qo'llaniladigani asbob termoelektrik aktinometrdir. Aktinometrning ishlashi uchun termoelektrik effekt asos qilib olingan. Ikki turdagi metall o'tkazgichning uchlari o'zaro kavsharlanib, berk elektr zanjiri hosil qilingan. Kavsharlangan uchlarning tempyerasi bir-biridan farqlanganda zanjirdan kam miqdorda elektr toki o'tadi. Zanjir ochiq bo'lganda vujudga keladigan tyermo E.Y.K. kattaligi kavsharlangan uchlarda orasidagi tempyeralar ayirmasiga va kavsharlangan moddaning matyerialiga bog'liq bo'ladi. Metallar elektr tokini yaxshi o'tkazishi bilan issiqlikni ham yaxshi o'tkazadilar. Shu tufayli kavsharlangan uchlardagi tempyeralar ayirmasi ΔT ning katta qiymatlariga erishish qiyin. Bunda hosil bo'lgan termo E.Y.K. miqdori ham katta bo'lmaydi. Shu sababli kattaroq qiymatli E.Y.K. olish uchun ko'p sonli termomyerlarni o'zaro ketma-ket ulanadi (1.11-rasm).

Termoelektrik aktinometrning asosiy qismlari. Termobatareyali yutgich, ichiga termobatareyali disk joylashtirilgan quvur va shtativdan iborat. Yutgich disk kumush fol'ga 1 dan iborat bo'lib qalinligi 2 mk, diametri 11 mm ni tashkil qiladi. Quyoshga qaragan tarafi qoraytirilgan. Pastki tarafiga papiros qog'oziga termoelektrik batareyaning manganin va kanstantta poloskalar mahkamlangan.

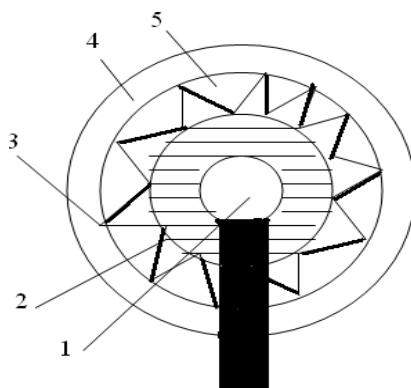
1.11-rasmda 8 elementdan tashkil topgan sxema ko'rsatilgan. Zamonaviy aktinometrlarda 35 va undan ortiq termoelementdan foydalaniladi. Barcha toq nomyerli kavsharlardan uchlar markaz atrofida, juft nomyerli kavsharlardan uchlar esa mis tashqi xalqaga ulangan bo'ladi. Toq nomyerli kavsharlardan markazdagi qoraytirilgan kumush diskning teskari tomoniga ishqor laki surkab yopishtirilgan papiros qog'ozi ustiga o'rnatilgan.



1.11-rasm. Termoelektrik yutgich sxemasi.

1-oq kavshar, 2-qoraytirilgan kavshar, 3-gal'vanometr, m-magnin, k-konstanta.

Termoyulduzchanning juft nomyerli kavsharlari esa mis halqaning ustiga ishqor laki surkalib unga yopishtirilgan papiros qog'ozi ustiga o'rnatilgan. Natijada tyermobatareya kumush diskdan va mis halqadan elektr jihatdan izolyatsiyalangan bo'ladi. Aktinometr quvurining ochiq uchi ro'parasiga teskari tomondan toq nomyerli kavsharlardan uchlar yopishtirilgan va quyosh nurlari tushadigan tomon qoraytirilgan va kumush diska joylashtirilgan (1.12-rasm).



1.12-rasm. Aktinometr termoyulduzchalarining sxemasi.

1-kumush fol'gali disk, 2-ichki kavsharlardan, 3-tashqi kavsharlardan, 4-mis disk, 5-izolyatsiyalangan taglik.

Agar aktinometr quvurini quyoshga qaratsak, kumush disk to'g'ri quyosh nurlanishining ta'sirida qiziydi, mis halqa ismaydi. To'g'ri quyosh nurlanishining intensivligi qancha katta bo'lsa issiq va sovuq kavsharlardan uchidagi temperaturalar ayirmasi ham shuncha ortadi. Natijada tyermotok E.Y.K. kattaligi ham to'g'ri quyosh nurlanishi intensivligiga proporsional ortadi. Termobatareya kavsharlari

tushuvchi to'g'ri quyosh nurlanishi enyergetik yoritilganlik enyergiyasi termoelektrik tok kattaligiga proporsional bo'ladi:

$$S = a \cdot N, \quad (1.25)$$

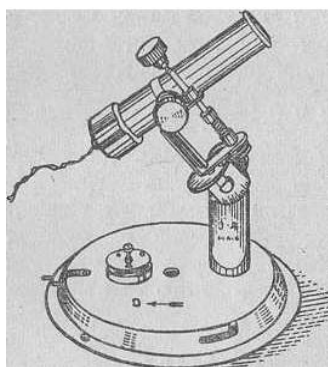
bu yerda N - gal'vanometr strelkasining og'ishi, bo'lim; a - o'tkazuvchi ko'paytma, $VT / (m_{bo'lim}^2)$. Asbobga GSA-1 turidagi strelkali gal'vanometr ulanadi. O'tkazuvchi ko'paytma har bir juftlik uchun alohida bo'lib, uni nazorat asbobi bilan solishtirish yoki gal'vanometr va aktinometr syertifikatidan foydalanib elektrik xarakteristikalarini hisoblab chiqish orqali aniqlash mumkin. Bu o'tkazuvchi ko'paytmaning qiymati:

$$a = \frac{\alpha}{1000k} (R_s + R_r + R_{\text{do}}), \quad (1.26)$$

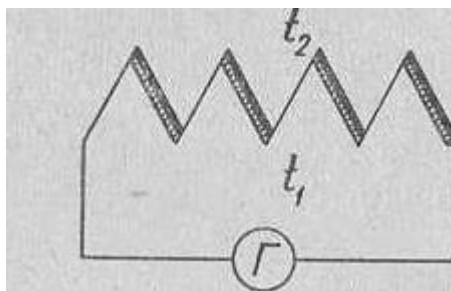
bu yerda α - o'tkazuvchi ko'paytma; α - gal'vanometr bo'limlarning shkaladagi baholanishi, mkA; k - termoelektrik asbobning sezgirligi, $mv / (698VT / m^2)$; R_6 - termobatareya qarshiligi om da; R_r - gal'vanometrning ichki qarshiligi; R_{do} - gal'vanometrning qo'shimcha qarshiligi. Misol, laboratoriyadagi asboblardan uchun: $R_6 = 16,1\text{om}$; $R_r = 40,7\text{om}$; $R_{\text{do}} = 75,5\text{om}$; $\alpha = 0,91 \cdot 10^{-6} \text{ A}$; $k = 6,45\text{mv} / (1\text{kal} / \text{sm}^2 \text{ min})$.

Ishni bajarish tartibi.

To'g'ri quyosh nurlanishini o'lchashda M-3(AT-50) termoelektrik aktinometrlari keng foydalaniladi. Xozirgi vaqtda turli quyosh radiassiyasini o'lchashda eng ko'p qo'llanadigan asbob termoelektrik aktinometrlardir. Shuning uchun Savinov - Yanishevskiy termoelektrik aktinometrning tuzilishi va ishlash prinsipi bilan tanishamiz. 1.13 - rasmda termoelektrik aktinometrning tashqi ko'urinishi ko'rsatilgan.



1.13-rasm. Termoelektrik aktinometrning tashqi ko'rinishi.



1.14-rasm. Termobatareya sxemasi.

Ma'lumki, ikki xil metall o'tkazgichning uchlarini o'zaro kavsharlab, berk elektr zanjiri hosil qilsak, kavsharlangan uchlarning temperaturasi bir-biridan farq qilganda zanjirdan juda oz miqdorda tok o'tadi. Metallar elektr tokini yaxshi o'tkazishi bilan birga issiqlikni ham yaxshi o'tkazadi. Shu tufayli kavsharlangan uchlardagi temperaturalar ayirmasi Δt ning katta qiymatlariga erishish qiyin. Bunda hosil bo'lgan termo e.y.k. miqdori ham katta bo'lmaydi. Shu sababli kattaroq qiymatli e.y.u.k. ni olish uchun ko'p sonli termoparalarni o'zaro ketma-ket ulanadi. Termoelektrik aktinometrlarning asosiy qismlari: termobatareyali yutgich, ichiga termobatareyali disk joylashtirilgan trubka va shtativdan iborat.

Zanjir ochiq bo'lganda vujudga keladigan termo e.y.k. ning kattaligi kavsharlangan uchlarda orasidagi temperaturalar ayirmasiga va kavsharlangan o'tkazgichlarning moddalariga bog'liq bo'ladi.

1.4. Quyosh energiyasi to'g'risida ma'lumotlar bazasi

Yorug'lik energiyasidan foydalanish imkonini beradigan quyosh qurilmalari yaratilgan.

Yarim silindr shaklidagi quyosh qurilmalari sirtiga tushayotgan to'g'ri quyosh radiatsiyasining o'rtacha integral burchagini hisoblash. $\tau_{n,i}^{To'g}$ ning qiymatini va uning asosida $\tau_{kir}^{To'g}$ aniqlash uchun to'g'ri quyosh radiatsiyasini qaralayotgan sirtga tushish burchagi haqida ma'lumot kerak bo'ladi. Yarim silindr shaklidagi shaffof plyonka to'siqlarning yassi shaffof to'siqlardan alohida farqi shundaki, bir xil tashqi sharoitda to'g'ri quyosh nurlanishining yarim silindr shaklidagi nur qabul qiluvchi sirtlarga tushish burchagi (i) istalgan vaqt momentida mazkur sirtidagi ko'p sonli nuqtalarning koordinatalarga bog'liqligidir.

Agar yarim silindrli sirtini cheksiz sonli (N) kichik sirtlarga bo'lsak i hisoblash soddalashadi. i ning qiymatini aniqlashda, n - sirtning kichik deb qaralsa uni doimiy deb hisoblash mumkin bo'ladi. Shunday qilib hamma yarim silindrik sirtlarni yig'indisi sifatida qaralganda, bir sirtidan ikkinchisiga o'tganda i ning qiymati o'zgaradi.

Hisoblash ishlari [1] ishlarida olib borilgan va i ning qiymati: yilning mavsumiga (δ), kunning yoritilgan (τ) vaqtiga, geografik kenglikka (φ), shaffof

to'siqli inshootning yoritgichga nisbatan orientatsiyasiga (γ), bog'liqligi aniqlangan, uning bog'lanishini quyidagi ko'rinishda yozish qulay.

$$\cos i = f(\delta, \tau, \varphi, \gamma). \quad (1.27)$$

Qaralayotgan sirdagi $\cos i$ ning o'rtacha qiymatini quyidagi formula orqali aniqlash mumkin bo'ladi.

$$\overline{\cos i} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \cos i_n; \quad (1.28)$$

yoki

$$\overline{\cos i} = \frac{\int \cos i dm}{\int_m dm}. \quad (1.29)$$

bu yerda, m - yarim silindrlil to'siqdagi elementar sirtning og'ish burchagi bo'lib, diametral sirtga nisbati bilan ifoda qilinadi. (1.29) dagi integrallash chegarasi yarim silindrik sirdagi burchak qiyaligiga mos kelishi kerak bo'ladi. $\overline{\cos i}$ ning (1.28) formuladan aniqlangan qiymati o'rtacha arifmetik qiymat deb ataladi, (1.29) dagi qiymat esa o'rtacha integral qiymat deb ataladi. [1] hisoblashlaridan ko'rinadiki, (1.28) formulada hisoblash aniq natijalarni beradi va (1.29) dagi hisoblashga qaraganda ancha kam vaqt sarflanadi.

Yarim silindrik sirtlarining yon sirtiga tushuvchi to'g'ri quyosh radiatsiyasini hisoblash usulida $q_{\perp} \overline{\cos i}$ kattalikni aniqlashga asoslangan bo'lib, [1] ishda o'zining aksini topgan. Lekin, olingan natijalarni amaliy hisoblashlar uchun qo'llab bo'lmaydi. $\overline{\cos i}$ aniqlashda, issiqxona katta o'qi shimoldan janubga qaraganda ($\gamma = 0$; meridian yo'nalish) sharq va g'arb taraflarni yarim silindr sirti yarmida simmetrik deb qaralgan va hisoblashlar faqat bir taraf uchun bajarilgan, ya'ni silindrik sirtning to'rtidan biri uchun hisoblash ishlari olib borilgan. Bunda elementar sirtlarning og'ish burchagining integrallash chegarasi yarim silindrik sirt uchun (m) ning qiymati $\frac{\pi}{2}$ dan 0 gacha olingan. Bunda to'g'ri quyosh radiatsiyasini sirt ustiga tushuvchi qarama-qarshi tomonidagi qismi hisobga olinmagan. $\overline{\cos i}$ hisoblashda issiqxona o'qi sharqdan - g'arbga yo'nalgan hol uchun ($\gamma = 270^0$; ekvator yo'nalishi) (1.57) formuladagi integrallash chegarasi janubiy qismlar uchun yarim silindr ($\frac{\pi}{2} \div 0$) olingani to'g'ri, shimoliy tomon uchun (0 dan $90 - \varphi + \delta$; gacha) olinganligi to'g'ri emas. Integrallash chegarasi (1.29) formuladagi yilning mavsumiga, kunning yoritilganlik vaqtiga bog'liq bo'ladi. O'rtacha arifmetik hisoblash usuli $\overline{\cos i}$ ni tahminiy va katta hisoblash hajmidagi ishni bajarishga to'g'ri keladi. Qaralayotgan masalani integrallash usuli bilan yechaylik

$$\begin{aligned} \cos i = & (\cos \delta \cos \varphi \cos \omega z + \sin \delta \cos m + \\ & + [(\sin \delta \cos \varphi - \cos \delta \sin \varphi \cos \omega z) \cdot \sin \gamma + \cos \delta \sin \omega z \cos \gamma] \cdot \sin m) \end{aligned} \quad (1.30)$$

(1.28) formulaning integrallash chegarasi meridian yo'nalish uchun ($\gamma = 0$), $+\frac{\pi}{2}$

dan m^* gacha $z \geq 0$ bo'lganda va $-\frac{\pi}{2}$ dan m^* gacha $z \leq 0$ bo'lgan qiymati olingan.

Ekvator yo'nalishida joylashgan inshoot uchun ($\gamma = 270^0$), integrallash chegarasi z

ning xar qanday qiymati uchun $+\frac{\pi}{2}$ dan m^* gacha olingan. Berilgan masalani

yechishda bunday yaqinlashish bilan quyidagi natijaga erishiladi:

- meridian yo'nalishdagi gelioteplitsalar uchun;

$$\overline{\cos i} = \frac{1}{m^* - \frac{\pi}{2}} [(\cos \delta \cos \varphi \cos \omega z + \sin \delta \sin \varphi)(\sin m^* - 1) - \cos \delta \sin \omega z \cos m^*]; \quad z \geq 0 \quad (1.31)$$

$$\overline{\cos i} = \frac{1}{m^* + \frac{\pi}{2}} [(\cos \delta \cos \varphi \cos \omega z + \sin \delta \sin \varphi)(\sin m^* + 1) - \cos \delta \sin \omega z \cos m^*]; \quad z \leq 0 \quad (1.32)$$

- ekvator yo'nalishdagi gelioissiqxonalar uchun,

$$\overline{\cos i} = \frac{1}{m^* - \frac{\pi}{2}} [(\cos \delta \cos \varphi \cos \omega z + \sin \delta \sin \varphi)(\sin m^* - 1) - (\cos \delta \sin \varphi \sin \omega z - \sin \delta \cos \varphi) \cos m^*] \quad (1.33)$$

m^* ning (1.33) formuladagi qiymatlarini aniqlashda $\cos i = 0$, shartdan foydalanib, (1.31) hisobga olingan bo'lsa, meridian yo'nalishdagi inshoot uchun ($\gamma = 0$), ya'ni

$$m^* = -\arctg \frac{\cos \delta \cos \varphi \cos \omega z + \sin \delta \sin \varphi}{\cos \delta \sin \omega z} . \quad (1.34)$$

Ekvatorial yo'nalishdagi gelioissiqxonalarda m^* ning qiymatini hisoblashda yuqoridagilarni hisobga olgan holda $\gamma = 270^0$,

$$m^* = -\arctg \frac{\cos \delta \cos \varphi \cos \omega z + \sin \delta \sin \varphi}{\cos \delta \sin \varphi \cos \omega z - \sin \delta \cos \varphi} \quad (1.35)$$

Shunday qilib hisoblash usuliga ko'ra universal va nisbatan aniqroq qiymat hosil qiladi. Ekvator va meridian yo'nalishlar uchun (1.34) va (1.33) shartlardan foydalanib bo'lmaydi. Shuning uchun yuqoridagi kamchiliklarni yo'qotish maqsadida $\overline{\cos i}$ ni hisoblashning aniqroq usuli taklif qilinadi. Elementar sirtchalardagi $\overline{\cos i}$ ni yarim silindr yon sirti uchun hisoblashda ixtiyoriy sirtlar uchun quyidagi shaklda ifodalash mumkin bo'ladi.

$$\cos i = M \cos m + N \sin m \quad (1.36)$$

bu yerda

$$M = \cos \delta \cos \varphi \cos \omega z + \sin \delta \sin \varphi , \quad (1.37)$$

$$N = B \cos \gamma - A \sin \gamma , \quad (1.68)$$

$$A = \cos \delta \sin \varphi \cos \omega z - \sin \delta \cos \varphi, \quad (1.39)$$

$$B = \cos \delta \sin \omega z. \quad (1.40)$$

Matematik shakl almashtirish yordamida integrallab, mos ravishda quyidagini hosil qilinadi

$$\overline{\cos i} = \frac{M(1 - \sin m^*) + N \cos m^*}{\frac{5\pi}{2} - m^*}; \quad z \leq 0 \quad (1.41)$$

$$\overline{\cos i} = \frac{M(1 + \sin m^*) - N \cos m^*}{m^* - \frac{3\pi}{2}}; \quad z \leq 0 \quad (1.42)$$

m^* ning o'zgaruvchan qiymati quyidagicha aniqlanadi (1.15-rasm)

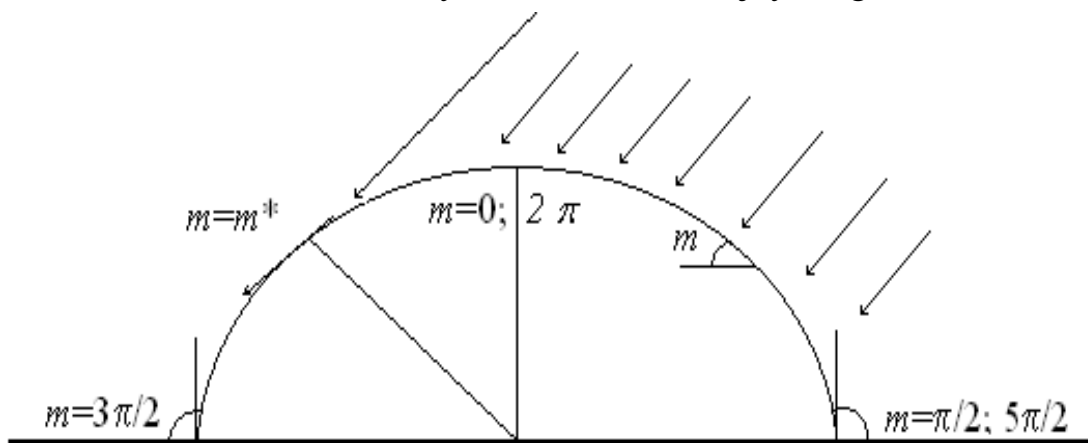
$$m^* = \pi n - \operatorname{arctg} \frac{M}{N}, \quad n \in \mathbb{Z} \quad (1.43)$$

$n = 2$ uchun quyidagini xosil qilamiz

$$\overline{\cos i} = \frac{M \left(1 + \sin \operatorname{arctg} \frac{M}{N} \right) + N \cos \operatorname{arctg} \frac{M}{N}}{\frac{\pi}{2} + \operatorname{arctg} \frac{M}{N}}; \quad z \geq 0 \quad (1.44)$$

$$\overline{\cos i} = \frac{M \left(1 - \sin \operatorname{arctg} \frac{M}{N} \right) - N \cos \operatorname{arctg} \frac{M}{N}}{\frac{\pi}{2} - \operatorname{arctg} \frac{M}{N}}; \quad z \leq 0 \quad (1.45)$$

(1.44) va (1.45) ning yechimi $\cos i$ ning o'rtacha integral qiymatini aniqlashda ishlatiladi. Agar $z \leq 0$ bo'lsa, $\gamma = 0$ bo'ladi, N ning qiymati manfiy bo'ladi ($N \leq 0$) va (1.41) yechim (1.42) ko'rinishiga o'tadi. (1.41) formulani hususiy hollardagi qiymatini ko'rib chiqaylik: 1. Shaffof plyonka to'siqli gelioisshxonalar yarim silindrik shaklda bo'lib, meridian yo'nalishida ($\gamma = 0$) joylashgan bo'lsin.



1.15-rasm. Yarim silindr shaklidagi shaffof plyonka to'siqli gelioisshxonalar sirtiga tushuvchi quyosh nurlarining $\cos i$ qiymatini yuqori va pastki integrallash chegarasini aniqlash.

Bu holda $N = B$ bo'lib, $n = 2$ bo'ganda (1.66) ning ko'rinishi quyidagi holatga o'tadi

$$m^* = 2\pi - \operatorname{arctg} \frac{\cos \delta \cos \varphi \cos \omega z + \sin \delta \sin \varphi}{\cos \delta \sin \omega z}. \quad (1.46)$$

$m^* = 0$ (yoki 2π) bo'lganda, integrallash 0 dan $\pi/2$ (yoki 2π dan $\frac{5\pi}{2}$ gacha), ya'ni yarim silindrning yarmi uchun yechim quyidagi ko'rinishni oladi.

$$\overline{\cos i} = \frac{\pi}{2} (\cos \delta \cos \varphi \cos z + \sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \sin \omega z), \quad (1.47)$$

Bu formuladagi qiymat, $\gamma = 0$ va $m^* = 0$ bo'lgan hol uchun [51, 52] ishlariga mos keladi.

2. Yarim silindr shaklidagi shaffof plyonka to'siqli quyosh issiqxonalarining ekvator yo'nalishda ($\gamma = 270^\circ$) joylashgan holati uchun hisoblash ishlarini bajarishda, bu hol uchun $\gamma = 270^\circ$ bo'lib, $N = A$ bo'ladi, yuqoridagi ifodalarni hisobga olgan holda $n = 2$ teng bo'lganida

$$m^* = 2\pi - \operatorname{arctg} \frac{\cos \delta \cos \varphi \cos \omega z + \sin \delta \sin \varphi}{\cos \delta \sin \varphi \cos \omega z - \sin \delta \cos \varphi}. \quad (1.48)$$

Agar $m^* = 0$ bo'lsa (yoki 2π), unda integrallash chegarasi 0 dan $\frac{\pi}{2}$ gacha (yoki 2π dan $\frac{5\pi}{2}$ gacha), ya'ni yarim silindrning yarmi uchun yechim quyidagi ko'rinishni oladi

$$\overline{\cos i} = \frac{\pi}{2} [(\cos \delta \cos \varphi \cos z (\sin \varphi + \cos \varphi) + \sin \delta (\sin \varphi - \cos \varphi)]. \quad (1.49)$$

formula bilan mos keladi. Yuqorida ta'kidlab o'tilgandek, yechimlar umumiy yechimlar bo'lib hisoblanadi va $\overline{\cos i}$ ning issiqxonaning yarim silindr shaklidagi yon sirt bo'yicha hisoblashda aniqligi yuqori hisoblanadi. Bu ifodani integrallash chegarasi 0 dan $\frac{\pi}{2}$ bo'lganda [3,4] ishlarida ko'rsatilgan natija $m^* = 0$ bo'lganda farqli bo'lib chiqadi. Yuqorida takidlab o'tilganlarga asoslanib m^* ning qiymati yilning vaqtiga (δ) hamda sutkaning vaqtiga (z) bog'liq bo'ladi. Yuqoridagi ko'rsatib o'tilgan ifodalardan ko'rinadiki $m^* = 0$ bo'lishi uchun $\delta = 0$ va $z = 90^\circ$ shart bajarilishi kerak bo'ladi, u faqat yilning teng kunliklarida (22.03. va 22.09) da quyosh chiqish vaqti (6 soat) va botish vaqti (18 soat) momentlarida sodir bo'ladi. $\overline{\cos i}$ ning o'rtacha arifmetik qiymatini aniqlashda [2] ishda yarim silindrik sirtni hammasini N bir xil elementar sirtchalarga bo'ldi, har biri uchun har bir soatda $\cos i$ ning qiymatini shaffof plyonka to'siqning yo'nalishiga bog'lab aniqladi. Shundan so'ng $\overline{\cos i}$ ning o'rtacha arifmetik qiymatini keltirib chiqargan. Har bir elementar sirtchalarning gorizontga nisbatan og'ish burchagi

$$m_n = 90 \left[1 - \frac{2N-1}{2N} \right], \quad (1.50)$$

bo'ladi. Bu yerda $n = 1, 2, \dots, N$ -yarim silindr sirtidagi elementar sirtchalarning tartib raqami. Hisoblashlar shuni ko'rsatadiki, $\overline{\cos i}$ ning qiymati taklif qilgan usul bilan [5] hisoblagan qiymat $N = 36$ bo'lgan hol uchun 99 % mos keladi. Albatta [5] hisoblagan usulda hisoblash hajmi 36 marta katta bo'lgan. $\overline{\cos i}$ ning kunlik yo'li yarim silindrik plyonka to'siqli gelioinshoat uchun, ekvator va meridian yo'nalishlarda yoritgichga nisbatan yanvar, fevral, mart oylari uchun hisoblash ishlari bajarilgan.

Ekvator yo'nalishdagi quyosh inshoatida $\overline{\cos i}$ ning qiymati ancha yuqori. Isitish mavsumi davomida to'g'ri quyosh nurlarining radiatsiyasi shaffof to'siqlar orqali meridian yo'nalishga nisbatan ko'proq kiradi. Hisoblashlarda $\overline{\cos i}$ ning yillik yo'li qiymatini olishda Quyoshning og'ishi (δ) quyidagi tenglik asosida aniqlandi

$$\delta = 23,45 \sin \left(360 \frac{284+n}{365} \right); \quad (1.51)$$

bu yerda, n – yildagi kunning raqami, 1 yanvardan boshlanadi.

Quyosh energiyasi bu muqobil energiyalar ichida asosiysi hisoblanadi, lekin u past potentsialli bo'lgani uchun undan foydalanish samaradorligini oshirishning asosiy yo'li quyosh energiyasini ishlatishga mo'ljallangan issiqxonalar qurilmalarining tuzilishi issiqlik-texnikaviy ko'rsatkichlarining yaxshilash hisoblanadi. Hozirgi paytda ishlatilayotgan quyosh issiqxonalar qurilmalarining tuzilishi va texnikaviy xarakteristikalari o'rganilib chiqiladi, quyosh issiqxonalar qurilmalarining harorat rejimlarini quyosh nurlanishning va atrof - muhit haroratining nobarqaror issiqlik rejimlari tatqiq qilindi va shu asosda ularning issiqlik texnikaviy parametrlarini optimallashtirish bo'yicha takomillashtirilgan uslubni ishlab chiqildi. Quyosh issiqxonani optimal ish rejimi yuqorida keltirilgan nazariy hisoblashlardan foydalanilgan. Yarim silindr shaklidagi shaffof plyonka qoplamali issiqxonaga kirayotgan quyosh nurlanishini hisoblashning o'rtacha integral uslubini qo'llab, issiqxonaga kirayotgan yig'indi quyosh nurlanishining o'rtacha kirish koeffitsienti yillik o'zgarishning issiqxonalar o'qining dunyo tomonlariga nisbatan joylashishiga va plyonka qoplamalarning bir yoki ikki qavatli bo'lishiga bog'liqligini aniqlovchi formula hosil qilingan va bu formula asosida qoplamalarning issiqlik-texnikaviy tavsiflari ishlab chiqildi.

Muhokama uchun savollar

1. Laboratoriya mashg'ulotlari qanday tashkil qilinadi?
2. Fotovol'taikaning fizik asoslari fanidan laboratoriya mashg'ulotlarida kompyuter texnikasidan qanday foydalaniladi?

2-laboratoriya mashg'uloti:

Mavzu: Quyosh elementlarini o'rganish va parametrlarini aniqlash.

Qisqa tutashuv toki.

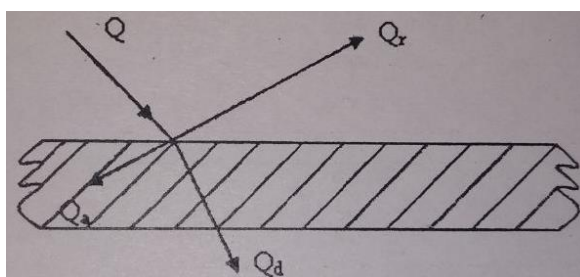
Ishni bajarishdan maqsad: Albedometr yordamida o'simliklar bor va yo'q bo'lgan tuproqdan qaytgan quyosh radiatsiyasini o'lchash.

Kerakli asbob va materiallar: M-69 turidagi albedometr, GSA-1 strelkali galvanometr, ulovchi simlar.

Ish to'g'risida nazariy ma'lumotlar

Dala sharoitida yig'indi, sochilgan va qaytgan radiatsiyani o'lchashda ko'chma M-69 albedometrdan foydalaniladi. Amaliy ishlarni bajarishda asosan o'simliklar sirtidagi albedoni aniqlashda bunday qurilmadan foydalaniladi. Sanoatda ishlab chiqarilgan piranometrlar, yig'indi quyosh radiatsiyasini o'lchab bo'lgandan keyin, sharnir yordamida 180° ga buriladi va qaytgan radiatsiyani (R) o'lchash mumkin. Albedometr bir vaqtning o'zida piranometr va aktinometr vazifasini bajarishi mumkin.

Nurlanish elektromagnit to'lqinlarini chiqaruvchi jismning nur chiqarishdagi foton energiyasi bilan bog'liq bo'ladi. Ko'zga ko'rinuvchi nurlar 0,4-0,8 mkm sohasida issiqlik uzatilishi uncha katta bo'lmasa ham, 0,8-40 mkm sohada issiqlik uzatilishi ancha katta qiymatni tashkil qiladi. Bu oraliqdagi to'lqin uzunligiga issiqlik nurlanishi deb ataladi. Agar qaralayotgan muhit toza bo'lsa, va ikki jism orasida temperatura farqi vujudga kelsa, u holda albatta issiqlik almashinishi sodir bo'ladi. Umumiy holda ixtiyoriy joylashgan jismning energetik balansini ko'rib chiqaylik (1-rasm).



1-rasm. Nurlanish balansining energiyasi. Q -tushuvchi nurning energiyasi, Q_r -qaytuvchi nur energiyasi, Q_d -o'tuvchi nur energiyasi, Q_a -yutiluvchi nur energiyasi.

Energiyaning saqlanish qonuniga ko'ra balans tenglamasini tuzamiz;

$$Q = Q_r + Q_a + Q_d \quad (1)$$

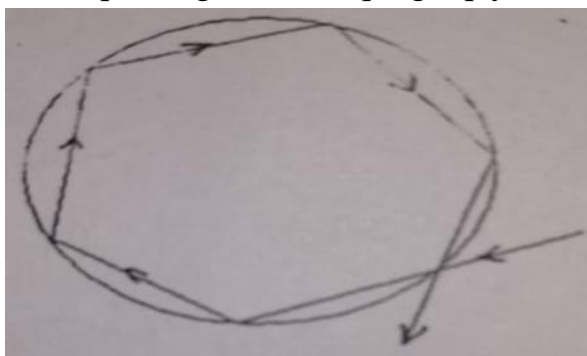
(1) o'ng va chap tarafini Q ga bo'lsak

$$\frac{Q_r}{Q} + \frac{Q_a}{Q} + \frac{Q_d}{Q} = r + a + d = 1 \quad (2)$$

ifodani hosil qilamiz. r , a , d -kattaliklar, nurning qancha qismi qaytishini, o'tishini va yutilishini ifoda qiladi. Bunda uch hol bo'lishi mumkin:

- 1) $r=0$; $d=0$; $a=1$ - ideal absolyut qora jismda nurlanish to'liq yutiladi;
- 2) $r=1$; $d=0$; $a=0$ - ideal absolyut oq jismda nurlanish to'liq qaytadi;
- 3) $r=0$; $d=1$; $a=0$ - ideal absolyut toza jismda nurlanish to'liq o'tadi.

Bunday ideal qora va oq toza jism tabiatda bo'lmaydi. Ideal qora jismni sun'iy usulda maxsus optik sistemalar yordamida hosil qilish mumkin. Agarda Q issiqlik energiyasiga ega bo'lgan nur, maxsus ichkarisi qoraytirilgan kameraga kiritilsa, nurning ko'pgina qismi yutiladi. Juda ko'p qaytish natijasida dastlabki nurga nisbatan juda kam miqdordagi nur tashqariga qaytib chiqadi (2-rasm).



2-rasm. Ideal qora jism sxemasi.

Lambert qonuni.

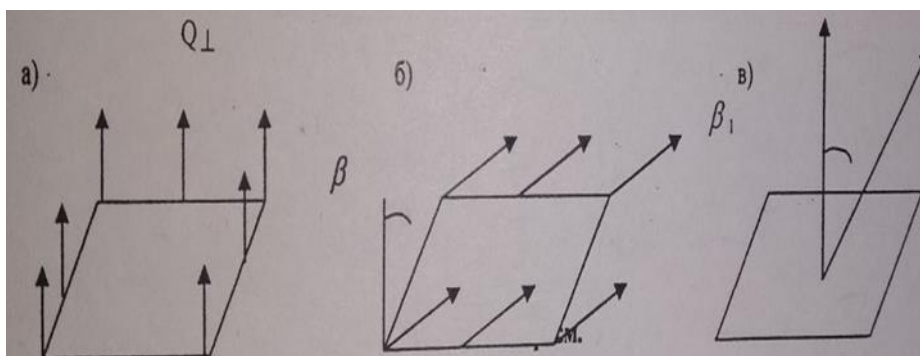
Yassi sirtlarning nurlanishini o'rganish natijasida, yassi sirtning nurlanish energiyasi normal yo'nalishidan og'dirilganda, normal qiymatga nisbatan kosinus burchakka kamayganligi aniqlandi.

$$Q_{\beta} = Q_{\perp} \cos \beta . \quad (3)$$

Agar nurlanuvchi element yuzasi dF_1 ga teng deb qaralsa, unda

$$dQ_{\beta} = E_{\perp} dF_1 \cos \beta_1 \quad (4)$$

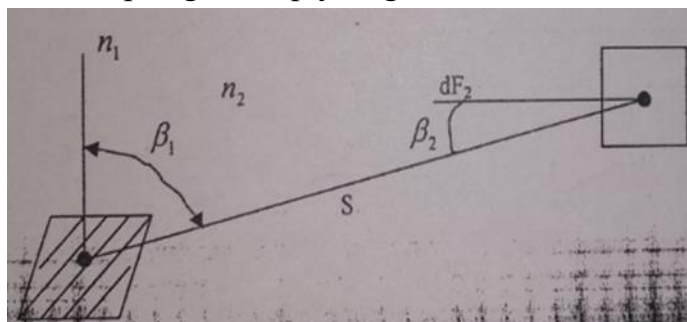
bu yerda E_{\perp} - normal yo'nalishda birlik yuzadagi nurlanishning energiyasi. $dF_1 \cos \beta_1$ esa yo'nalish sirtining proektsiyasini ifoda qiladi, normal yo'nalishdan β_1 burchakka og'gan. dF_1 yuzali ideal qora jism elementining dF_2 yuzali ikkinchi qora jism vaqtida nurlanish qanday energiya almashinishini aniqlaylik. Lambert qonuniga asosan bu energiya dF_1 , proektsiyasiga to'g'ri proporsional, dF_2 ning ko'rinuvchi yuzasiga to'g'ri proporsional va bu ikki sirt orasidagi masofaning kvadratiga teskari proporsional bo'ladi:



3-rasm. Og'ma sirtlar sxemasi.

$$dQ = E_{0\perp} \frac{dF_1 \cos \beta_1 dF_2 \cos \beta_2}{s^2} \quad (5)$$

dF_1 elementar ideal qora jism sirti yuzasidani dF_2 elementar yuzaga energiya miqdori uzatiladi. dF_1 yua yarimsferaga kirishda bo'lgan hol uchun uni tadbiiq qilaylik. Sferaning radiusi r ga teng bo'lgan hol uchun, n normal bilan qutub vaziyati β_1 burchak hosil qilinganda quyidagi ko'rinishda bo'ladi.

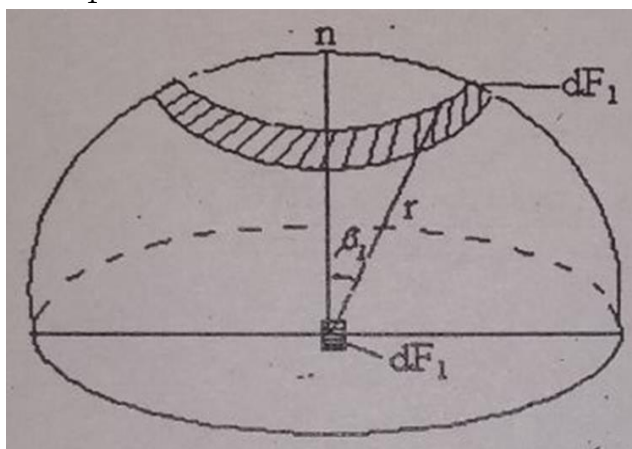


5-rasm. dF_1 elementning dF_2 yo'nalishdagi elementga nurlanishi (5) tenglamani ko'rinishini esa o'z navbatida

$$dQ = E_{0\perp} \frac{dF_1 \cos \beta_1 2\pi r^2 dF_2 \cos \beta_2}{r^2}, \quad (6)$$

bo'ladi. Shunga o'xshash

$$\frac{dQ}{dF_1} = dq = E_{0\perp} 2\pi \sin \beta_1 \cos \beta_1 d\beta_1, \quad (7)$$



$2\sin \beta_1 \cos \beta_1 r \sin 2\beta_1$ tengligidan

$$dq = E_{0\perp} 2\pi \frac{\sin 2\beta_1}{2} d\beta_1, \quad (8)$$

Agar hamma yarim sferaning dF_1 yuzaga berayotgan energiyasini hisoblasak $\beta_1 = 0$ dan $\beta_2 = \frac{\pi}{2}$ gacha o'zgaradi.

$$q = \pi E_{0\perp} \sin^2 \beta; \beta_1 = 0, \beta_2 = \frac{\pi}{2}$$

$$q = \pi E_{0\perp}.$$

Yer sirtiga quyoshdan kelayotgan radiatsiya taqsimlanadi: bir qismi yrdan atmosferaga qaytadi, uning qisqa to'liqlik qaytgan radiatsiyasini R deb belgilaylik, qolgan qismi yer yuzida yutiladi va uni V_q qisqa to'liqlik yutilgan radiatsiya deb qaraylik. Qaytgan radiatsiya miqdori yerning aktiv yuzasining xossalariga bog'liq (rangiga, namligiga, tuzilishiga va boshqalarga) bog'liq bo'ladi. Yuzani qaytaruchanlik xossasini xarakterlaydigan kattalikka sirtning albedosi A deb ataladi va u biror sirdan qaytgan radiatsiyaning shu sirtga tushuvchi yig'indi radiatsiyasiga nisbati orqali ifodalanadi va foizlarda baholanadi.

$$A = \frac{R}{Q} \cdot 100\%; \quad (9)$$

Qisqa to'liqlik nurlar bilan bir qatorda, er sirtiga uzun to'liqlik nurlar atmosferadan E_a ham tushadi. Ko'pincha E_a ni uchrashuvchi nurlanish deb ham ataladi. O'z navbvtida yer sirti ham temperaturaga mos holda uzun to'liqlik nurlanish E_3 (xususiy nurlanish) chiqaradi.

Yer sirtining xususiy nurlanish bilan E_3 , atmosferadagi E_a nurlanishning farqini effektiv nurlanish deb ataladi.

Istalgan vaqtda Yer sirtiga keluvchi va undan chiqib ketuvchi nurlanish energiyasi bo'ladi. Ularning algebraik yig'indisi radiatsion balans deb ataladi.

$$B = B^1 + D = E_a - R - E_a \quad (10)$$

yoki

$$B = Q - R - E_{eff} \quad (11)$$

Yer sirtining istalgan joyidagi albedosi shu joyning tekis-tekismasligiga, o'simliklar bilan qoplanish darajasiga va boshqa xossalariga bog'liq bo'ladi. Yer sirtining turli ko'rinishlari uchun albedoning qiymatiga oid kattaliklar quyida keltirilgan.

1-jadval. Tabiiy sirtlarning xarakteristikasi.

| № | Sirt xarakteristikasi | A % |
|-----------|--|-------|
| Tuproqlar | | |
| 1. | Taqir tuproq (quruq) | 30-33 |
| 2. | Quruq taqir tuproqda, cho'l o'simlik bo'lganda | 36-30 |
| 3. | Quruq sho'r tuproq | 25-35 |
| 4. | Qora rangli (quruq) | 30-35 |
| 5. | Qizil qum rangli (quruq) | 22-26 |

| | | |
|------------------------|--|-------|
| 6. | Botqoqlik tuproq | 12-14 |
| Qor sirti va muzliklar | | |
| 7. | Yangi yog'gan qor | 85-90 |
| 8. | Toza nam qor | 50-55 |
| Suvlar | | |
| 9. | Toza suv | 6-8 |
| 10. | Orol dengizi suvi | 6-8 |
| 11. | Tog' daryosi suvi | 20 |
| 12. | Tinch oqayotgan daryo suvi | 10 |
| Qurilish materiallari | | |
| 13. | Paxtaning gullagan davrida, tuproq nam | 13-15 |
| 14. | Paxtaning gullagan davrida, tuproq quruq | 18-20 |
| 15. | Paxta gullash davrida, tuproq quruq | 19-21 |
| 16. | Bahorgi kartoshka, tuproq nam | 14-18 |
| 17. | Kartoshka, turoq quruq | 18-22 |
| 18. | Qovun yashil, hosili bilan | 15-17 |
| 19. | Yashil o't | 26 |
| 20. | Qurigan o't | 19 |
| Qurilish materiallari | | |
| 21. | Beton | 30-35 |
| 22. | Asfalt | 10-30 |
| 23. | G'isht | 28 |

Shuni aytish kerakki, albedoning kattaligi Quyoshning balandligiga ham bog'liq. Quyosh balandligi kamayishi bilan tuproq, suv sirtining albedosi oshib ketadi. To'g'ri quyosh radiatsiyasi uchun balandligi katta katta bo'lganda dengiz suvining tekis sirti uchun albedo 4 foizga yaqin, quyosh balandligi 4° ga teng bo'lganda esa albedo 65 foizga etadi. Suv yuzining tiniq-loyqaligi ham albedoning qiymatini o'zgartirib yuboradi. Sochilgan radiatsiya uchun suv sirtining albedosi 5-10 foiz chamasida o'zgaradi. Shunday qilib, er sirtiga tushayotgan yig'indi quyosh radiatsiyasining

$$Q = (S \sin h_{\theta} + D) , \quad (12)$$

$$R = A(S \sin h_{\theta} + D) , \quad (13)$$

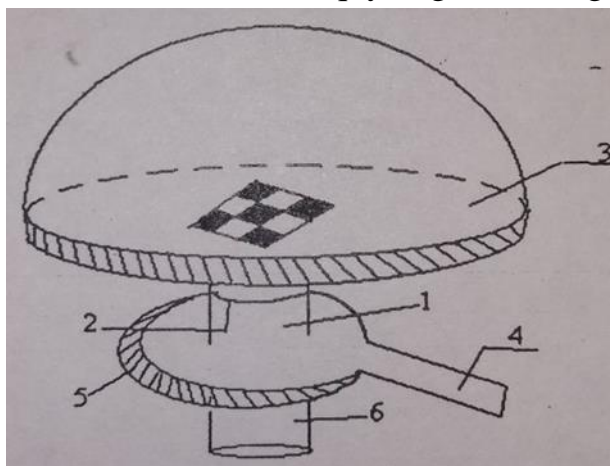
qismi qaytadi.

$$Q_{yutil} = (S \sin h_{\theta} + D) \cdot (1 - A) \quad (14)$$

qismi esa yutilib tuproqning ustki qismini qizdirishga sarf bo'ladi. Bu radiatsiyani *yutilgan radiatsiya* deb yuritiladi. Al'bedometrning qabul qiluvchisi 3 piranometrning qopqog'i hisoblanadi, 2 quvurga 6 quvur burab kardonli osma 5 va

4 ushlagich yordamida 180° burchakka o'zgartirish mumkin. Kuzatuvchidan qaytgan nurni kamaytirish uchun 2 metr yog'och dasta ushlagichga o'rnatiladi. Albedometr yumshoq sim yordamida GSA-1 galvanometrning (Q) va S klemmalarigaulanadi. Agar galvanometr strelkasi noldan pastga tomon ketsa, simning o'rinlari almashtiriladi. O'lchash vaqtida albedometr yer yuzasidan 1-1,5 m balandlikka o'rnatiladi. Yig'indi va tarqoq radiatsiyani o'lchashda albedometr quyoshga tomon buriladi.

Asbobning tavsifi M-69 albedometr quyidagicha tuzilgan:



6-rasm. M-69 albedometrning tuzilishi. 1-rezinkali tiqin, 2-quvur, 3-piranometr qopqog'i, 4-ushlagich, 5-kardonli osma, 6-quvur.

Ishni bajarish tartibi

1. O'lchashdan 3 minut avval galvanometrning nol vaziyati aniqlanadi. Albedometrning kopqog'i berkitiladi va galvanometr ko'rsatishi N_0^1 yozib olinadi. Albedometr yuqoriga qaragan holda bo'lib, N_1, N_2, N_3 bo'lsin.
2. Uch marta o'lchash olingandan so'ng, qabul qiluvchi qurilma pastga buriladi va 1 minut o'tgandan so'ng, uchta o'lchash olinadi, bunda qaytgan radiatsiyaning qiymatlari N_4, N_5, N_6 o'lchanadi.
3. Shundan so'ng quyosh radiatsiyasi qabul qiluvchi qurilma buralib yuqoriga qaratiladi va 1 minut vaqtdan so'ng yana uchta yig'indi radiatsiya o'lchanadi N_7, N_8, N_9 .
4. Shundan keyin qabul qiluvchi qurilma qopqog'i bilan berkitiladi va galvanometrning N_0^{11} nol holat hisobga olinadi. Hamma olingan natijalar 2-jadvalga kiritiladi.

2-jadval.

Albedometr №

Galvanometr №

| Vaqt | Hisoblash tartibi | Galvanometrda olingan hisob radiatsiya | | |
|------|-------------------|--|----------|--------------------|
| | | Nol holati | Yig'indi | Qaytgan radiatsiya |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

O'lchash natijalarini qaytv ishlash

1. Dastlabki no vaziyat va har bir turdagi radiatsiya uchun \bar{N}_0 , \bar{N}_a , \bar{N}_{Rk} o'rtacha qiymati aniqlanadi:

$$\bar{N}_0 = \frac{N_0^1 + N_0^{11}}{2}; \quad \bar{N}_a = \frac{N_1 + N_2 + N_3 + \dots + N_6}{6}; \quad \bar{N}_{Rk} = \frac{N_4 + N_5 + N_6}{3}$$

2. Shundan so'ng o'rtacha qiymatdan foydalanib, shkalaning qo'shimchasi ΔN_Q va ΔN_{Rk} qurilma guvohnomasidan olinadi. N_0 holat aniqlanadi va N_a , N_{Rk} ning to'g'irlangan qiymati:

$$N_Q = N_Q \pm \Delta N_Q - N_0; \quad N_{Rk} = \bar{N}_{Rk} \pm \Delta N_{Rk} - N_0.$$

3. Bizga ma'lumki, al'bedo qaytgan radiatsiyaning yig'indisi radiatsiyaga nisbatiga teng bo'lganligi uchun

$$A = \frac{N_{Rk}}{N_Q} \cdot 100\%$$

shaklda yozish mumkin. O'qituvchining ko'rsatmasi, asosida haydalgan toza tuproq, o'simligi bo'lgan tuproq, suv va asfaltning albedosi aniqlanadi. Shundan so'ng hisobot tayyorlanadi.

Muhokama uchun savollar

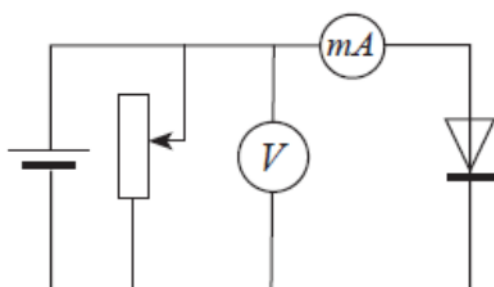
1. Albedo nima?
2. Albedometr va aktinometrlar orasida qanday farq bor?
3. Albedoning Quyosh balandligiga bog'liqligi qanday aniqlanadi?
4. Ish to'g'risida tushuncha bering?
5. Albedoni o'lchashni ahamiyati nimada?

Adabiyotlar ro'yxati

1. M.D.Pavlova. "Praktikum po agrometeorologii", A, Gidrometeoizdat. Leningrad, 1984, 183s
2. Sh.K. Niyazov, A.Abdullaev. Maxsus kurs "Quyosh energiyasidan foydalanishning fizik asoslari" GDU Guliston. 1995. 48 b

3. Vayenberg V.B, “Optika i ustanovkax dlya ispozovaniya solnechnoy energii”. Obrongaz. 1959.

4. Spravochnik po klimatu.... Vipusk 19. Solnechnoya radiatsiya, radiatsionno’y balans i solnechnoe siyanie. Hidrometeoizdat. Leningrad. 1966. 75s.



2.4-rasm.

Ishning bajarilishi

1. Kerakli asboblarni to'plab, 2.4-rasmdagi chizma bo'yicha elektr zanjiri yig'iladi.
2. Reostat jildirgichini surib chiqishda 0 V bo'ladigan holatga qo'yiladi.
3. Uzib-ulagich ulanadi.
4. Reostat jildirgichni surib, tashqi zanjirga beriladigan kuchlanish ortirib boriladi. Voltmetr va ampermetr ko'rsatishlari yozib boriladi.
5. O'lchash natijalari quyidagi jadvalga kiritiladi.

| | | | | | | | |
|-------------|--|--|--|--|--|--|--|
| U, V | | | | | | | |
| I, A | | | | | | | |

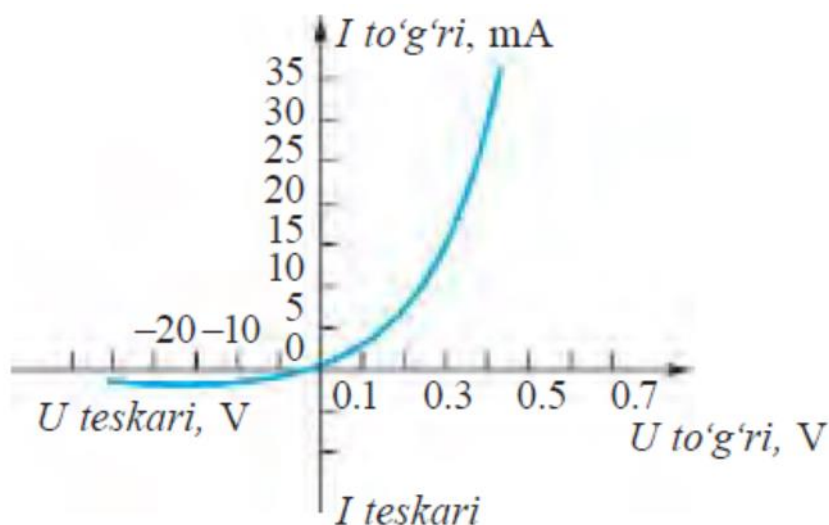
6. Tok manbaining qutublari almashtirib ulanadi va tajriba takrorlanadi.
7. Natijalarga muvofiq yarim o'tkazgichli dioddan o'tuvchi tok kuchining qo'yilgan kuchlanishga bog'liqlik grafigi chiziladi.

3-laboratoriya mashg'uloti:

Mavzu: Yarim o'tkazgichlarning volt-amper xarakteristikasini o'rganish
Quyosh elementlarini o'rganish va parametrlarini aniqlash. Salt yurish kuchlanishi. To'ldirish koeffitsienti.

Ishning maqsadi. Yarim otkazgichli dioddan o'tuvchi tok kuchining qo'yilgan kuchlanishga bog'liqligini o'rganish.

Kerakli asboblari: 1) yarimo'tkazgichli diod (kolodkada); 2) o'zgarmas tok manbai (36–42 V); 3) uzib-ulagich; 4) o'tkazgich simlari; 5) milliampermetr; 6) reostat; 7) vol'tmetr



2.5-rasm.

8. Yarim o'tkazgichli dioddan to'g'ri p-n o'tish va teskari p-n o'tish yo'nalishida o'tadigan tok kuchining qo'yilgan kuchlanishga bog'liqligi 2.5-rasmdagi grafikda keltirilgan.

Diodga teskari yo'nalishdagi kuchlanish qo'yilganda diodning pasportida yozilgan qiymatdan katta kuchlanishni qo'yish mumkin emas.

Muhokama uchun savollar

1. Diod to'g'ri ulangan holda tok kuchining qo'yilgan kuchlanishga bog'liqligi to'g'ri chiziqdan iborat emasligiga e'tibor bering va sababini tushuntirishga harakat qiling.
2. Nima sababdan teskari yo'nalishda kuchlanish qo'yilsa, undan tok o'tadi?
3. Olingan ma'lumotlardan foydalanib diodning to'g'ri va teskari o'tish yo'nalishlari uchun elektr qarshiliklarini hisoblang.

6. Yarimo'tkazgichlarda musbat ion bilan kovak orasida farq bormi?
7. Nima sababdan tashqi sharoitlar o'zgarmagani holda elektron-kovak jufti to'xtovsiz hosil bo'lib tursada, yarimo'tkazgichda erkin zaryad tashuvchilar soni o'zgarmaydi.
8. Germaniyga fosfor, rux, kaliy kiritilsa, qanday turdagi o'tkazuvchanlik hosil bo'ladi?
9. Nima sababdan bir xil kuchlanishda to'g'ri $p-n$ o'tishdagi tok, teskari o'tishdagi tokka nisbatan ancha katta bo'ladi?

4-laboratoriya mashg'uloti:

Mavzu: Quyosh elementlarini o'rganish va parametrlarini aniqlash. Foydali ish koeffitsienti Yarimo'tkazgichli fotoelektrik o'zgartgichlar

Ma'lumki, har qanday mamlakatning rivojlanish darajasi birinchi navbatda uning energiya ishlab chiqarish imkoniyatlari va undan foydalanish darajasi bilan belgilanadi. Barcha mamlakatlarda aholi soni tez sur'atlar bilan oshib bormoqda, shu bilan birga uning energiyaga bo'lgan ehtiyojining yana ham kuchayishiga olib kelmoqda. XXI asrda kelib qazilma yonilg'ilar energiyasidan foydalanish muammolari yaqqol ko'zga tashlana boshlandi.

Hozirgi paytda ishlab chiqarilayotgan energiya asosan qayta tiklanmas qazilma boyliklar (neft, gaz, ko'mir va uran) energiyasi xisobiga xosil qilinmoqda. Ular dunyo energetika balansining asosi hisoblanadi. Ma'lumotlarga ko'ra hozir energiya ishlab chiqarishda ishlatilayotgan birlamchi xom ashyoning 33 % ni neft, 28 % ni ko'mir, 25 % ni tabiiy gaz tashkil etayotgan bo'lsa, 14 % ni atom, suv va boshqa tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanilgan holda hosil qilinadi.

Lekin, qazilma boyliklarining zahiralari cheklangan. Shu bilan birga izlab topish va foydalanishga topshirish xarajatlari tobora ortib bormoqda. Shu tufayli keyingi yillarda noan'anaviy muqobil yoki tiklanuvchi energiya manbalari (TEM) deb nom olgan energiya manbalaridan foydalanish ko'lamini va samaradorligini oshirish dolzarb muammoga aylanmoqda.

Insoniyat o'z faoliyatida eng ko'p ishlatadigan energiya – elektr energiyadir. Elektr energiyasi boshqa xildagi energiyalarga (issiqlik, atom, mexanik, kimyoviy, yorug'lik, suv oqimi) nisbatan oson usullar bilan xosil qilinadi va boshqa hil energiyalarga oson aylantirilish xossasiga ega. Uni turli masofalarga uzatish qulay. Ishlab chiqarishda elektr energiyasidan foydalanish mehnat unumdorligining oshishiga olib keldi, texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish va yangi uslublarni tatbiq etish imkoniyatini yaratadi. Hozirgi paytda jahonda ishlab chiqarilayotgan elektr energiyaning 96 % qazilma yonilg'ilar hisobiga to'g'ri keladi. Tadqiqotlarning ko'rsatishicha, elektr energiyasiga bo'lgan ehtiyojning o'sishi hozirgi darajada saqlangan taqdirda ham uning bir necha o'n yildan so'ng yonilg'i tanqisligi ta'sir ko'rsata boshladi. Bu dolzarb muammo zahiralari kamayib borayotgan an'anaviy energiya manbalari o'rnini qoplash uchun muqobil energiya manbalarini o'zlashtirishni kun tartibiga qo'yimoqda.

Ikkinchidan energiya ishlab chiqarishda tabiiy yonilg'ilardan foydalanish ekotizimning buzilishiga olib kelmoqda. Bunda, birinchi navbatda, tabiiy yonilg'ilardan foydalanib ishlaydigan inshoot va qurilmalar yonilg'ining 55-60 % dan ortiq energiyani birinchidan issiqlikga aylantirib ob-havoning isishiga, ish jarayonida hosil bo'layotgan zaharli chiqindilar atrof muhitning ifloslantirishiga

olib kelmoqda. Bu masalalar echimini ijobiy hal qilish uchun hozirgi davrga kelib faqat ilmiy doiralardagina emas, shuningdek barcha rivojlangan davlatlar rahbarlari ham katta tashvish bildirib tegishli ishlarni amalga oshirmoqdalar.

2002 yil 26 avgustdan – 4 sentyabrgacha Yoxannesburgda (Janubiy Afrika) ko'plab davlatlarning rahbarlari, olimlari va mutaxassislari ishtirok etgan va barqaror taraqqiyotga bag'ishlangan xalqaro sammitda insonning tabiat bilan mutanosib xolda sog'lom va ijodiy hayot kechirishini ta'minlaydigan ustivor masalalar ko'rsatib berildi.

Tizimli tadqiqotlar asosida "kelajak energetikasi" andozasi yaratildi. Bunga ko'ra uzoq kelajakda ham zaxiralari tugamaydigan birlamchi energiya manbai bo'lib Quyosh energiyasi xisoblasa, ko'lami va imkoniyatlariga ko'ra ikkilamchi energiya vositalari bo'lib u elektr energiyasi va vodorod yuqori sifatli energiya manbalari xisoblanadi.

Vodorod ajratib olinishi va ishlatilishi jixatidan ancha texnikaviy murakkabliklarga ega. Bu borada elektr energiyasi beqiyos ustunliklarga ega. Shu sababli hozirgi paytda sanoatda elektr energiyasini ishlatishga asosiy o'rin berilmoqda va uning bu ustunligi uzoq muddatlargacha saqlanib qoladi deb aytish mumkin.

Quyosh energiyasini asosan ikki usul bilan o'zlashtirilmoqda. Birinchisi termodinamik usul bo'lib, bu usul quyosh energiyasini o'zlashtirish borasidagi dastlabki usullardan xisoblanadi va u ancha keng rivojlangan.

Ikkinchidan, fotoelektrik usul bo'lib, u quyosh energiyasini to'g'ridan to'g'ri elektr energiyasiga aylantirishdan iborat bo'lib, birinchisiga qaraganda ancha soddaligi, harakatlanuvchi qismlar bo'lmasligi, konstruktiv materiallar kam ishlatilishi, ko'chirib yurish qulayligi va ishga tushirish ososnligi kabi jihatlari bilan farq qilib, hozirgi paytda katta e'tiborga sazovor bo'lmoqda. Termodinamik usulda quyoshning issiqlik energiyasidan foydalanish nazarda tutiladi. Bu usulda ishlovchi qurilmalarning samaradorligi ishchi jismlarning haroratiga bevosita bog'liq bo'lib, ba'zi hollarda $400^0 - 500^0$ S gacha qizdirish kerak bo'ladi. Buning uchun quyosh nurini to'plovchi murakkab tuzilishli qurilmalar (kontsentrator)dan foydalaniladi. Bu esa hosil qilingan energiyaning tannarxiga sezirarli ta'sir ko'rsatadi. Termodinamik o'zgartgichlar turli maqsadlarda ishlatilishi mumkin. Masalan, issiqlik bilan bog'liq texnologik jarayonlarni amalga oshirishda, turli mexanizmlarni harakatga keltirish, elektr generatori rotorini aylantirishi va h.k.

Fotoelektrik o'zgartgichlar esa quyosh nuri ta'sirida bevosita elektr energiyasi hosil qiluvchi generatorlar xisoblanadi. Keyingi yillarda ularning samaradorligini oshirish bo'yicha ilmiy tadqiqot ishlari ancha kengaydi. Natijada fotoelektrik o'zgartgichlarning foydali ish koeffitsienti termodinamik o'zgartgichlarnikiga yaqinlashib bormoqda.

Xo'sh, bunday xossaga ega bo'lgan fotoo'zgartgichlar qanday tuzilishga ega, ular qanday yasaladi va qanday moddalar ishlatiladi. Bu savollarga hozirgi paytda juda ko'pchilikni qiziqtirmoqda. Hozirgi ko'pchilik davlatlarda energiya ishlab chiqarish va iste'mol qilishning tejamkor texnologiyasi ustida yirik bahslar kuchayib bormoqda. Bunday bahslarda gap albatta, energiya ishlab chiqarishning noan'anaviy usullardan biri, fotogeneratorlar to'g'risida so'z bo'lib o'tishi shubxasiz. Fotogeneratorlar to'g'risidagi munozaralar oddiy o'quvchidan tortib, to rahbar mutaxassislarni ham o'ziga chorlamoqda. Munozara ishtirokchilari yuqoridagi kabi turli savollar bilan olimlarga murojoat qilishadilar. Shu sababli ushbu risolada yarimo'tkazgichli fotoelektrik o'zgartgichlar to'g'risidagi ma'lumotlarni shunday savollar bo'yicha berishni ma'qul topdik.

1. Yarimo'tkazgich deganda nimani tushunasiz?

Qattiq jismlar elektr o'tkazuvchanligi jihatidan uch guruhga bo'linadi: metallar, yarimo'tkazgichlar va dielektriklar (izolatorlar). Metall elektr tokini eng yaxshi o'tkazuvchilar hisoblansa, dielektriklar elektr tokini deyarlik o'tkazmaydi. Metallarning o'tkazuvchanligi tashqi ta'sirlarga jumladan, haroratga juda kuchsiz bog'liq, amalda bog'liq emas deb qaraladi. Shu sababli ulardan tashqi ta'sirlarga sezgir asboblari kam yaratiladi.

Dielektriklar kundalik turmush sharoitida elektr o'tkazuvchanlikga ega emas va ular asosan izolatorlar sifatida ishlatiladi.

Yarimo'tkazgichlar elektr o'tkazuvchanlik jihatidan metallar va dielektrik moddalar oralig'idagi holatni egallaydi. Lekin, ular elektr o'tkazuvchanligi tashqi ta'sirlarga (masalan, haroratga, yoritilganlikga, tarkibiga begona atomlar kiritilishiga) kuchli bog'liq. Masalan, ayrim yarimo'tkazgichlar xona haroratlarida elektr tokini juda yaxshi o'tkazsa, past haroratlarda juda yomon o'tkazadi, hatto dielektrik xossasini namoyon eta boshlaydi. Ularning bu xossasidan issiqlikga o'ta sezgir asboblari yaratilgan.

2. Qattiq jismlar elektr o'tkazuvchanligini nimalar xosil qiladi?

Kimyo fanidan ma'lumotga ega bo'lgan barchaga ma'lumki, qattiq jismlar o'zaro bog'langan va tartib bilan joylashgan atomlar to'plamidan iborat. Bu to'plam kristall panjara deb ataladi. Kristall panjarada atomlarning joylashishini tasavvur etish uchun qisqacha atom tuzilishini ko'rib chiqaylik. Kristalldagi har bir atom musbat va manfiy zaryadli zarralardan iborat. Musbat zaryadli zarralar atomning markazi yadrosida joylashgan. Yadro atrofida undagi zarralar soniga teng manfiy zaryadli zarrachalar – elektronlar ma'lum orbitalarda harakatlanib turishadi. Elektronlar orbitalar orasida ma'lum fizikaviy qonuniyatlar asosida

taqsimlangan. Shuningdek, bu qonuniyatga ko'ra har bir elektron orbitada alohida energetik sathlarda harakatlana oladi. Bu sathlar elektronlar uchun **ruhsat etilgan sathlar** deb ataladi. Umuman olganda, har bir atom elektronlar uchun ruhsat etilgan va ruhsat etilmagan sathlardan iborat energetik sohalarga ajraladi. Pastki orbitadagi sohalarning ruhsat etilgan sathlari elektronlar bilan to'ldirilgan va ulardagi elektronlar yadro bilan kuchli bog'lanishga ega. Bu elektronlarni ajratib olish uchun katta energiya talab qilinadi. Elektronlar elektr o'tkazuvchanlikda ishtirok etishi uchun ular energetik sohalarda erkin harakatlanish imkoniga ega bo'lishi kerak. Boshqacha aytganda energetik sohada sathlar soni elektronlar sonidan ko'p bo'lishi kerak. Elektronlar bilan to'ldirilgan eng yuqori soha **valent soha** deb nomini olgan. Undagi ruhsat etilgan sathlar soni elektronlar soniga teng. Shu sababli bu sohadagi elektronlar ham o'tkazuvchanlikda ishtirok eta olmaydi. Valent sohadan yuqorida **o'tkazuvchanlik sohasi** joylashgan. Bu sohada bo'sh sath ko'p va ularga o'tgan elektronlar elektr o'tkazuvchanlikda ishtirok eta oladi. Ular **erkin elektronlar** deb ataladi. Qattiq jismlarning metallar, yarimo'tkazgichlar va dielektrlarga bo'linishi asosan ularda o'tkazuvchanlik va valent sohalarning o'zaro joylashishiga bog'liq.

Metallarda valent va o'tkazuvchanlik sohasining qo'shni chegaralari o'zaro qorishib ketgan. Shu sababli metallarning o'tkazuvchanlik sohasida hamma vaqt erkin elektronlar mavjud bo'ladi va binobarin metallar har qanday sharoitda elektr o'tkazuvchanlikga ega bo'ladi.

Yarimo'tkazgichlar va dielektrik moddalarda valent va o'tkazuvchanlik sohalari orasida elektronlar joylashishi mumkin bo'lmagan **tirqish** joylashgan. Bu tirqish elektronlar uchun **taqiqlangan soha** deyiladi. Taqiqlangan soha kengligi turli moddalar uchun turlicha. Bu soha kengligi 3 eV gacha bo'lgan moddalar yarimo'tkazgichlar hisoblanadi, 3,5 eV dan katta bo'lgan moddalar dielektriklar hisoblanadi.

Taqiqlangan sohaning kengligi turli yarimo'tkazgichlar uchun turlicha. Masalan, xona haroratida sof germaniy uchun 0,7 eV, kremniy uchun 1,1 eV, galliy arsenidi uchun 1,45 eV ga teng.

Yarimo'tkazgichlardagi bog'langan elektronlar turli tashqi ta'sirlar (issiqlik, yorug'lik va h.k.) tufayli o'z energiyasini taqiqlangan soha energiyasi qadar oshirib valent sohadan o'tkazuvchanlik sohasiga o'tib, elektr o'tkazuvchanlikda ishtirok eta oladi.

3. Yarimo'tkazgichlar elektr o'tkazuvchanligining metallar o'tkazuvchanligidan qanday farqlari bor?

Metallarda elektr o'tkazuvchanlikni o'tkazuvchanlik sohasidagi erkin elektronlarning tashqi ta'sir maydonidagi tartibli harakati hosil qiladi. Metallardagi

erkin elektronlar sonini tashqi ta'sirlar bilan oshirishning iloji yo'q. Shu sababli tashqi ta'sirlar metallar elektr o'tkazuvchanligini deyarlik o'zgartira olmaydi. Masalan, metall o'tkazgich harorati oshirilsa, uning o'tkazuvchanligi kamayadi, qarshiligi oshadi. Bu hodisa maetalldagi erkin elektronlarning issiqliq ta'sirida energiyasi oshib, ularning ionlarga to'qnashishlari soni ortishi bilan izohlanadi. Yarimo'tkazgichlarda esa aksincha, harorat ortishi bilan erkin elektronlar soni ko'payib, o'tkazuvchanligi ortadi, qarshiligi kamayadi.

Yarimo'tkazgichlarning elektr o'tkazuvchanligi metallarnikidan sifat jihatdan ham farq qiladi. Gap shundaki, yarimo'tkazgichda elektronlar tashqi ta'sir tufayli valent sohadan o'tkazuvchanlik sohasiga o'tganda uning o'rnida musbat zaryadli ion hosil bo'ladi. Bu musbat zaryadli bo'sh o'rin yarimo'tkazgichlar fizikasida "**kovak**" deb ataladi. Kovaklar kristalda bir atomdan ikkinchisiga ko'chib yurishi mumkin. Bu esa musbat zaryadning **erkin ko'chishi** deb ataladi. Tashqi elektr maydon ta'sirida kovaklar ham tartibli harakatga kelib, kovaklar elektr o'tkazuvchanligi xosil qiladi. Shunday qilib, yarimo'tkazgichlarda elektronli va kovakli o'tkazuvchanlik bo'ladi.

Erkin kovaklar soni ko'p bo'lgan yarimo'tkazgichlar **r-tur** yarimo'tkazgichlar, erkin elektronlar soni ko'p bo'lgan yarimo'tkazgichlar **n-tur** yarimo'tkazgichlar deb ataladi.

4. Yarimo'tkazgichlar o'tkazuvchanligini yana qanday usul bilan oshirish mumkin?

Yarimo'tkazgichlarning o'tkazuvchanligini ularga juda kam miqdorda begona atomlarni, ya'ni aralashma kiritish yo'li bilan oshirish mumkin. Bu aralashmaning turiga qarab, yarimo'tkazgich elektron yoki kovak o'tkazuvchanlikka ega bo'lib qoladi. Masalan, agar 4 valentli kremniy kristalliga 5 valentli aralashma (surma, fosfor, mishyak va b.) kiritilsa, ular yarimo'tkazgich kremniy atomi o'rnini egallab, 4 ta elektroni bilan qo'shni atomlarga bog'lanadi. Qolgan beshinchi elektroni hech qanday bog'lanishda ishtirok etmaydi va u erkin bo'lib qoladi. Shunday qilib, bu elektronlar hisobiga kristalda erkin elektronlarning soni keskin ortib ketadi, ya'ni kremniy elektron o'tkazuvchanlikka ega bo'lib qoladi. Yarimo'tkazgichda ortiqcha erkin elektronlarni hosil qiluvchi aralashma **donor** deb ataladi. Bunday yarimo'tkazgich esa **n-tur** yarimo'tkazgich deb ataladi.

Agar kremniy kristalliga 3 valentli aralashma (indiy, alyuminiy, galliy va b.) kiritilsa, kristalda bog'lanish to'la bo'lishi uchun bitta elektron etishmaydi va kristalldagi neytrallashtirilmagan ion hisobiga bo'sh musbat o'rinlar - kovaklarning soni ortadi va kremniy kovakli o'tkazuvchanlikka ega bo'lib qoladi.

Yarimo'tkazgichda ortiqcha erkin kovaklarni hosil qiluvchi aralashma **akseptor** deb ataladi. Bunday yarimo'tkazgich esa **r-tur** yarimo'tkazgich deb ataladi.

Yarimo'tkazgichlarning elektr o'tkazuvchanligini boshqa tashqi ta'sirlar bilan ham sezilarli darajada o'zgartirish mumkin. Masalan, sof yarimo'tkazgich qizdirilganda uning elektr o'tkazuvchanligi 20 martagacha ortishi mumkin. Absolyut nolga yaqin haroratlarda esa deyarlik barcha yarimo'tkazgich moddalar izolyatorlik xossasini namoyon qiladi.

Shunday qilib, yarimo'tkazgichlar elektr o'tkazuvchanligi jihatdan tarkibida begona moddalar (aralashmalar) bo'lishi yoki tashqi ta'sirlarga (haroratga, elektr va magnit maydon va h.k.) bog'liq moddalar hisoblanar ekan.

5. Yarimo'tkazgich kristalli qanday hosil qilinadi?

Yarimo'tkazgichli asboblarni ishlab chiqarishda yarimo'tkazgichlarning monokristallaridan foydalaniladi. Monokristall deb, kristall tuzilishida nuqsonlari bo'lmagan, alohida atomlar hosil qilgan kristallik jismlarga aytiladi. Lekin tabiatda sof xoldagi yarimo'tkazgich kristalli mavjud emas. Ular turli moddalarning birikmalari – minerallar tarkibida uchraydi. Sof monokristall xosil qilish murakkab texnologik jarayon hisoblanadi. Ularning minerallari parchalanib, tarkiblovchi moddalardan turli usullar bilan ajratib olish yo'li bilan tozalanadi. Ayrim moddalar bir necha qayta ishlavlardan so'ng sof xolda hosil bo'lsa, boshqalari uchun juda murakkab usullar talab qilinadi. Bunda ekologik jihatdan havfli mahsulotlar ajralishi yoki ishlatilishi mumkin. Moddalarni saralash jarayoni ko'p miqdordagi energiya sarflanishi bilan bog'liq bo'ladi. Masalan, hozirgi zamon elektronikasining asosiy moddasi bo'lgan kremniyning kristallarini hosil qilish shunday murakkab jarayonlar bilan amalga oshiriladi. Garchi, kremniyning Er sharoitidagi ulushi 29,5 % ni tashkil etadi. Shu sababli kremniydan (umuman, yarimo'tkazgich moddalardan) yasalgan asboblarni tannarxi hozirgi paytda ancha qimmat. Olimlar yarimo'tkazgich moddalarni xosil qilishning arzon, shu bilan birga ekologik jihatdan xavfsiz bo'lgan texnologik usullarini topish ustida tinimsiz tadqiqot ishlari olib bormoqdalar. Jumladan, ushbu risola mualliflari ishtirokida polikristall kremniyning quyosh energiyasidan foydalanib o'stirish usuli taklif etilgan. Bu usul ekologik jihatdan sof va tejamkor usul hisoblanadi. Lekin, ayrim texnik murakkabliklar tufayli bu usul polikristall kremniy ishlab chiqarishda o'z o'rnini topgani yo'q.

6. Sof yarimo'tkazgich qanday xossalarga ega?

Sof yarimo'tkazgich deganda tarkibida begona moddalarning atomlari bo'lmagan yoki juda kam miqdorda bo'lgan yarimo'tkazgich modda kristallari tushiniladi. Sof yarimo'tkazgichda erkin elektron va kovaklar soni juda kam (lekin

ular o'zaro teng). Bunday yarimo'tkazgich xususiy yarimo'tkazgich deb ataladi. Xususiy yarimo'tkazgich elektr tokini yomon o'tkazadi.

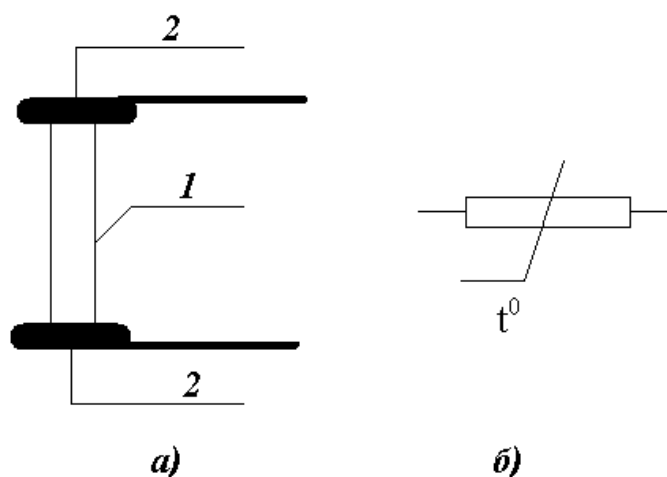
Sof monokristallarda aralashmalar kontsentratsiyasi juda kam bo'ladi. Masalan, aralashmalar kontsentratsiyasi germaniyda 10^{10} sm^{-3} dan, kremniyda 10^{13} sm^{-3} dan kam bo'lgandan ular xususiy hisoblanadi. Xususiy yarimo'tkazgichning elektr o'tkazuvchanligi juda kichik bo'ladi va bu o'tkazuvchanlikning tashqi ta'sirlar (masalan, harorat) tufayli o'zgarishi ham juda kichik bo'ladi. Shu sababli, yarimo'tkazgichli asboblarda ishlab chiqarishda xususiy yarimo'tkazgichlar juda kam ishlatiladi.

7. Yarimo'tkazgichga nechta aralashma kiritiladi.

Yarimo'tkazgichlardan elektron asboblarda yaratishda legirlangan r- yoki n-xildagi monokristallardan foydalaniladi. Yarimo'tkazgichli asbobning qanday maqsadda ishlatilishiga qarab turli darajada legirlangan kristalldan foydalaniladi va odatdagi yarimo'tkazgichli elektron asboblarda yaratishda ishlatilgan yarimo'tkazgich kristallarda aralashmalar miqdori 10^{15} dan 10^{19} sm^{-3} gacha etadi.

8. Yarimo'tkazgichlardan qanday elektron asboblarda tayyorlanadi?

Yarimo'tkazgichlarning xossalari asoslanib yaratilgan eng birinchi elektron asbob – bu termorezistor (termoqarshilik) hisoblanadi. Termorezistor qarshiligi harorat ortishi bilan tez kamayadi. Uning asosida temperaturani o'lchaydigan asboblarda yaratilgan. Termorezistorlar past haroratlarda ham, yuqori haroratlarda ham, shuningdek turli agressiv muhitlarda ham benuqson ishlay oladi.

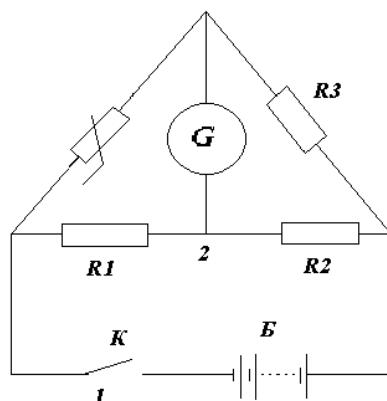


4.5-rasm. Termoqarshilik konstruktsiyasi va sxemalardagi belgisi.

4.5-rasmda termoqarshilikning konstruktsiyasi va uning sxemadagi belgisi ko'rsatilgan. Uning asosiy qismi – issiqlikka sezgir elementi yarimo'tkazgichlik xossasiga ega bo'lgan selen Mn_3O_4 va SuO aralashmalari yoki germaniy, kremniy singari elementlar hisoblanadi. Odatdagi termorezistorlar tsilindr shaklidagi

issiqlikga sezgir yarimo'tkazgich material (1) va unga ulangan metall elektrodli kontakt qalpoqchalardan (2) tuzilgan. Termoqarshilik elektrodlar yordamida elektr zanjiriga ulanadi.

Termoqarshiliklar kichik o'lchamli, tayyorlanishi oson, issiqlik o'tkazishiga kuchli sezgirligi kabi xossalari bilan issiqlikni o'lchaydigan boshqa asboblardan farq qiladi. Ular bilan temperaturani uzoqdan va markazda turib katta aniqlikda o'lchash mumkin. 2-rasmda temperaturani uzoqdan va markazdan turib o'lchovchi termoqarshilikli asbobning sxemasi ko'rsatilgan.

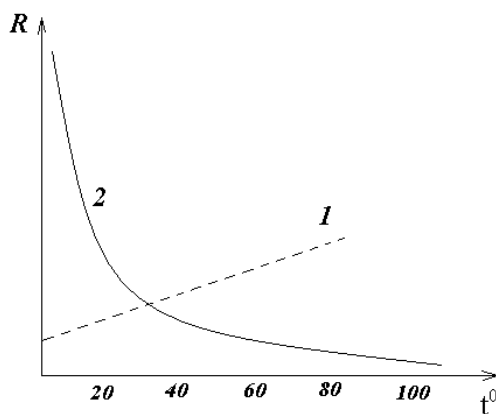


4.6-rasm. Termoqarshilikni o'lchaydigan termistorli o'lchov asbobining elektrik sxemasi.

Dastlab 1 kalit bilan sxema elektr manbaiga ulanadi. 5.6-rasmdagi surgich R_1 , R_2 , R_3 qarshiliklar yordamida galvanometr shkalasi nolga so'ngra termoqarshilik temperaturasi o'lchanadigan muhitga joylanadi. O'lchanayotgan temperaturani bevosita kuzatish uchun galvanometr shkalasi tselsiy gradusida darajalanadi. Termistor solishtirma qarshiligi kata bo'lgan materialdan qilingani uchun zanjirdagi tok asosan termistorning qarshiligi kattaligiga bog'liq bo'ladi. Shuning uchun ulovchi simlarning qarshiligini va uning temperaturaga qarab o'zgarishini hisobga olmasa ham bo'ladi. Bu esa o'lchov asbobidan yuz metr masofada joylashgan obektlarning temperaturasini etarlicha aniqlikda o'lchash mumkin.

Temperaturani o'lchashning bunday usuli sodda va ishonchli bo'lishi bilan birga insonning kirishi mumkin bo'lmagan (zaharlovchi moddalar, nurlanishlar, yuqori harorat va h.k.) joylardagi temperaturani o'lchash imkonini beradi.

4.7-rasmda termistor va metall o'tkazgich qarshiligining temperaturaga bog'liqlik grafigi ko'rsatilgan. Rasmdan ko'rinib turibdiki, metallar va yarimo'tkazgichlar qarshiligining temperaturaga bog'liqligi bir-biridan katta farq qiladi.



4.7-rasm. Metall va yarimo'tkazgich qarshiligining temperaturaga bog'liqlik grafigi, 1-metall, 2-yarimo'tkazgich.

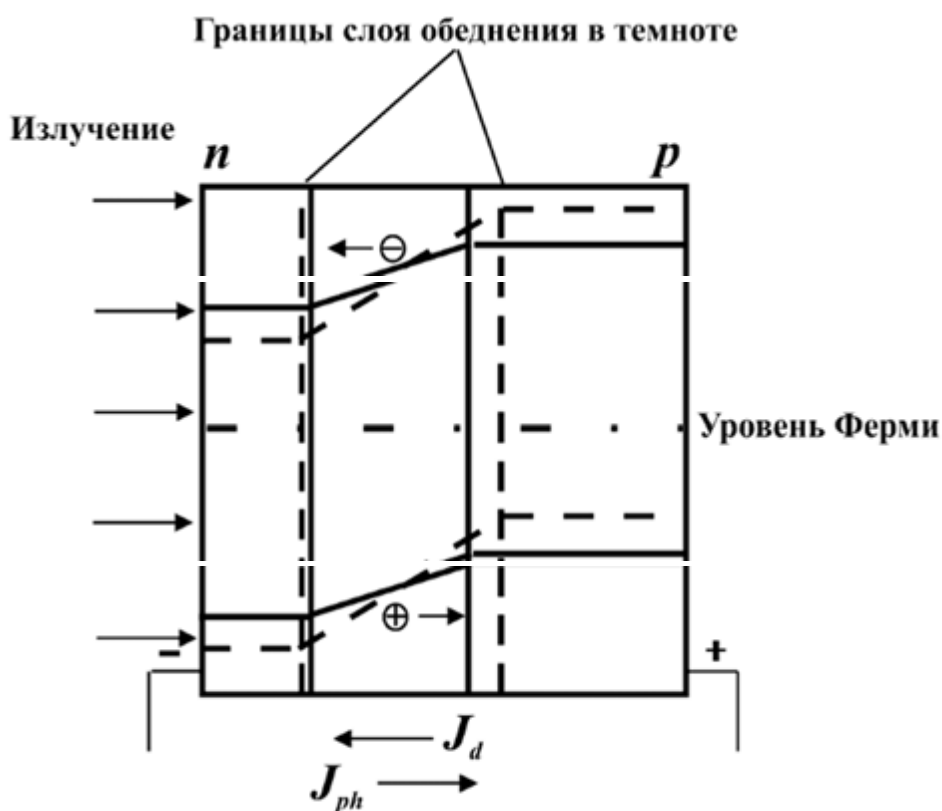
Temperatura ortishi bilan metall qarshiligi biroz ortadi, yarimo'tkazgichlar qarshiligi esa keskin kamayib ketadi. Bu holda temperatura ortishi bilan yarimo'tkazgich hajmidagi erkin zaryadlar konsentratsiyasi keskin ortib ketishi bilan tushuntiriladi.

5-laboratoriya mashg'uloti:

Mavzu: Quyosh elementlarni parallel va kema-ket ulash. Quyosh elementlarini VAX

Quyosh elementining ekvivalentnaya sxema va uning vol't-amper xarakteristikasi.

Drefli fototokning asosiy bo'lgan nomuvozanat zaryad tashuvchilarini chegaradan o'tishi 5.1-rasmda ko'rsatilgan. Muvozanatlashmagan asoiy elitgichpotentsial to'siqdan o'tolmaydi va generatsiya sohasida qoladi. Natijada optik generatsiyalangan elitgichlarda bo'linish konstantratsiyasiya bo'yich vujudga keladi, teshiklar p-sohada va elektronlar n-sohada ortadi, harakatsiz aralashmali ionlarda hajmiy zaryadlarning kompensatsiyasi hosil bo'ladi.



5.1-rasm. p-n -o'tishda elektron va kovalarning bo'linishi (shtrixlangan qism qorong'ida energetik zona chegarasi) [2]

Potentsial to'siqdan o'tish foto EYK kattaligida kamayadi (salt kuchlanish). Potentsiyal to'siqning kamayishi, asosiy elitgichlarning o'tishidagi diffuziya tokining oshishiga olib keladi, u fototok yo'nalishiga qarama qarshi bo'ladi. Statsionar holatda diffuziya tok zichligi J_{dif} , dreyf tok zichligiga J_{ph} teng bo'ladi, u o'z navbatida fototok zichligi J_{ph} va o'tishdagi issiqlik tok zichligi J_0 ga teng bo'ladi, yani dinamik muvozanat sharti bajariladi:

$$J_{dif} = J_{ph} + J_0 \quad (5.1)$$

$J_{dif} - J_{ph}$ farq diodning tok zichligi bo'lib hisoblanadi va J_d bilan belgilanadi. Ideal p-n- o'tishda diffuziya tok zichligi va issiqlik tok zichligi quyidagi munosibat bilan bog'langan bo'ladi

$$J_{dif} = J_0 e^{U_{oc}/V_T}, \quad (5.2)$$

unda
$$J_{dif} = J_d = J_0 (e^{U_{oc}/V_T} - 1), \quad (5.3)$$

bu yerda U_{os} - salt ishlash kuchlanishi; $V_T = kT/e$ -issiqlik potentsiali. Salt ishlash kuchlanishini fototok orqali ifodalash mumkin:

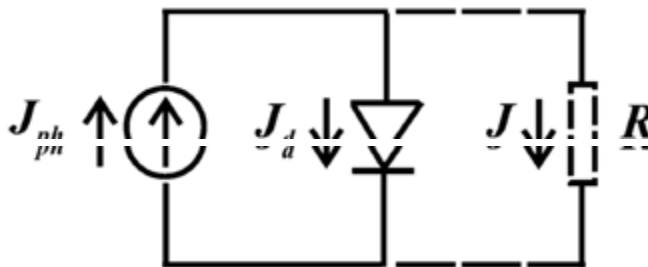
$$V_{os} = J_T \cdot \ln\left(1 + \frac{J_{ph}}{J_0}\right). \quad (5.4)$$

Lekin U_{oc} (xar qanday J_{ph})da ham p-n-o'tish uchun kontakt potentsiallar farqidan oshmaydi [2,3]. To'liq kompensatsiyalashda harakatsiz hajmiy zaryad elitgich aralashmali ionlarda tugaydi. Agar QE elektrodleri tashqi yuklamaga berk bo'lsa, unda kuchlanish U kam bo'ladi U_{os} dan va diod fototokni kompensatsiya qila olmaydi.

Ideal holatga yaqinlashganda diod tok zichligi tashqi yuklamada quyidagicha bo'ladi

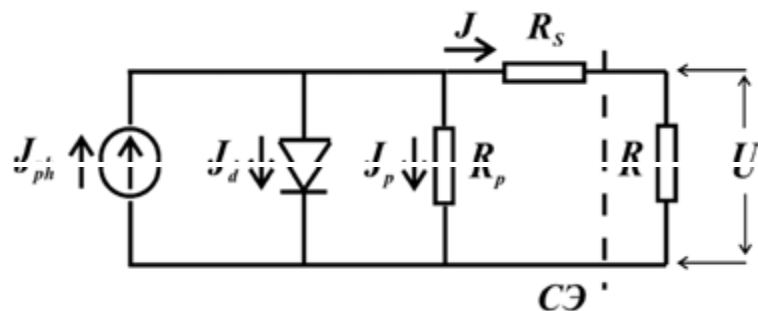
$$J = J_{ph} - J_d = J_{ph} - J_0 \left(\exp\left(\frac{eU}{kT}\right) - 1\right). \quad (5.5)$$

(5.5) tenglama ideal QE elementining (VAX) volt-amper xarakteristikasini ifodalaydi. Ideal QE elementining qisqa tutashuv toki $J_{sc} = J_{ph}$ bo'ladi. Ideal QE elementlarining ekvivalent sxemasi tok generatoriga parallel ulangan ideal diod (5.2-rasm) ko'rinishida bo'ladi.



5.2-rasm. Ideal QE- elementining ekvivalent sxemasi: R- yuklanish qarshiligi.

Bu ifoda eksperiment bilan mos kelmaydi, chunki QE- qurilmalari yuqori tok zichligi bilan ishlash uchun mo'ljallangan, parallel qarshilikni R_p (o'tkazish qarshiligini) va keta-ket qarshilik R_s [1,3,4] hisobga olish kerak bo'ladi.



5.3-rasm. QE ekvivalent sxemasi

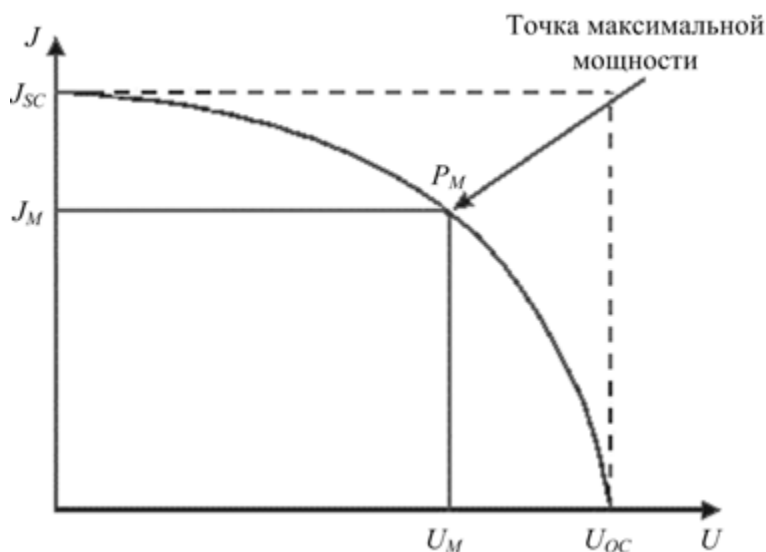
QE almashtirilgan mos ravishda ekvivalent sxemasi (5.3-rasm). J_{ph} yorug'lik bilan yoritilganda tok generatori modelyatsiyalanadi, unga parallel dioddan injeksion tok (J_{dif} va J_0) larni hisobga olinadi. Ketma-ket ulangan R_s qarshilik kontakkt qarshiliklar qatlamidan tashkil topgan bo'lib, xar bir p - va n - soha elementlaridan iborat bo'ladi, o'tiuvchi metall-yarimo'tkazgichlar, parallel R_p qarshilik tokni oqish ehtimoli bo'lgan kanallarga parallel p - n - sohaga tarqatadi.

6.5-rasmga asosan tenglama hosil qilamiz, u QE VAX ni yaxsh ifodalaydi [4,5]:

$$J = J_{ph} - J_{d.} = J_{ph} - J_0 \left(\exp\left(\frac{e(U + JR_s)}{AkT}\right) - 1 \right) - \frac{JR_s}{R_n}. \quad (6.18)$$

QE asosiy parametrlari va xarakteristikasi. QE ni yozish uchun bir qator maxsus parametrlar to'plami va xarakteristikalarni turli tipdagi QE solishtirish kerak bo'ladi. Maxsus xarakteristikaga VAX va spektral xarakteristika kiradi. Maxsus parametrga FIK (samaradorlik), ff (to'latish omili), U_{oc} (salt kuchlanish yo'li), I_{sc} (qisqa tutashuv toki) yoki J_{sc} (qisqa tutashuv tok zichligi) kiradi.

QE VAX shunday bog'lanishni ko'rsatadiki QE ning chiqish toki va kuchlanishi ko'rsatadi (5.4-rasm). Spektral tarkib o'zgarsa va yorug'lik oqimi kattaligi o'zgarsa, QE tushuvchiner o'zgarsa, uning VAX o'zgaradi.



5.4-QE ning volt-amper xarakteristikasi

Shunga ko'ra ishonchli qiymat olish uchun standart o'lchash sharoitlarini test o'tkaziladigan na'munalar uchun, jumladan beriladigan tushuvchi yorug'lik nurini spektral tarkibini tanlash kerak bo'ladi [4].

Spektral xarakteristika deganda kvat samaradorlik (QE ning samaradorlik qiymati bo'lib, shunday bog'lanish kattaligi tushiniladiki monoxromatik yorug'lik bilan nurlantirilgandagi to'lqin uzunligini ifodalaydi) tushuvchi uzun to'lqin uzunligi nurlanishi bo'lib hisoblanadi.

