

OPTIKA

12-laboratoriya ishi

YORITILGANLIK QONUNLARINI O'RGANISH

[15.37-55, 16.61-69.20.351-356]

Ishning maqsadi.- F-75 fotometri yordamida lampochkaning yorug'lik kuchi va yorug'likning yutilish ko'effitsientini aniqlash, yoritilganlik qonunlarini o'rganish.

ISH TO'G'RISIDA NAZARIY TUSHUNCHA

Optikaning yorug'lik kattaliklarini o'lchash bilan shug'ullanuvchi bo'limi fotometriya deyiladi. Fotometriya yorug'lik kuchi yorug'lik oqimi, yoritilganlik, ravshanlik, yorqinlik kabi kattaliklar bilan ish ko'radi.

Yorug'lik kuchi J birlik fazaviy burchak $d\Omega$ ostida tarqaluvchi yorug'lik oqimi $d\Phi$ ga son jihatdan teng bo'lgan fizik kattalik bo'lib,

$$J = \frac{d\Phi}{d\Omega} \quad (12-1)$$

formula bilan aniqlanadi. Xalqaro birliklar sistemasida (XBS) yorug'lik kuchi qilib sham olingan.

1 sham yorug'lik kuchi, platinaning qotish temperaturasida $1/60 \text{ sm}^2$ botiq sirt ravshanligining $1/60$ qismiga tengdir. Yorug'lik kuchi birligi sifatida ko'pincha kandela (kd) ishlatiladi.

1 sham=1 kandela=1 lyumen/1 steradian.

Yorug'lik oqimi deb, birlik vaqt ichida yorug'lik manbaidan atrof fazoga tarqalayotgan energiya miqdoriga son jihatdan teng bo'lgan fizik kattalikka aytiladi:

$$\Phi = \frac{dw}{dt} \quad (12-2)$$

Yorug'lik oqimi birligi qilib XBS da lyumen (lm) qabul qilingan. $1 \text{ lm} = 1 \text{ sham} \cdot \text{Lstr}$

Nuqtaviy yorug'lik manbai uchun yorug'lik oqimi barcha yo'nalishlarda birday bo'ladi va bu qonuniyat Lambert qonuni bilan ifodalanadi.

$$\Phi = \int_0^s d\phi = \int_0^{4\pi} \mathfrak{I} d\Omega = 4\pi \mathfrak{I} \quad (12-3)$$

Yoritilganlik, yoritiluvchi sirtning xarakteristikasi bo'lib, yuza birligiga tushayotgan yorug'lik oqimi bilan xarakterlanadi:

$$E = \frac{d\Phi_n}{ds} \quad (12-4)$$

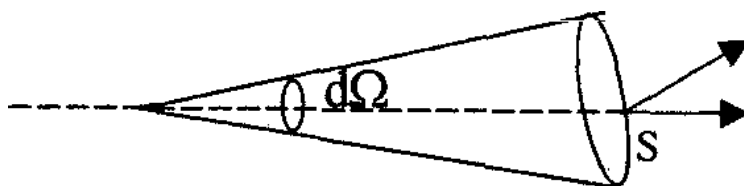
bu yerda, $d\phi_n$ sirtga normal tushuvchi yorug'lik oqimi. Agar yorug'lik oqimi sirtga biror α burchak ostida tushsa (31rasm), u holda:

$$E = \frac{d\Phi}{ds} \cos \alpha \quad (12-5)$$

bo'ladi.

Shar sirti $s = 4\pi r^2$ (r -shar radiusi) ga teng ekanligini hisobga olib, (12-1) va (12-5) dan

$$E = \frac{\mathfrak{I}}{r^2} \cos \alpha \quad (12-6)$$



31-rasm

Yoritilganlik birligi qilib XBS da lyuks (lk) qabul qilingan. 1 lk= 1lm/1m².

Ravshanlik, nurlanayotgan sirt birlik yuzasining yorug'lik kuchi bilan aniqlanadi:

$$B = \frac{d\mathfrak{I}}{d\delta_n} \quad (12-7)$$

bu ifodada, $d\delta$ -nurlanayotgan sirtning elementini ifodalaydi. Ravshanlik birligi nit deb ataladi. 1 nit = 1 sham / 1m².

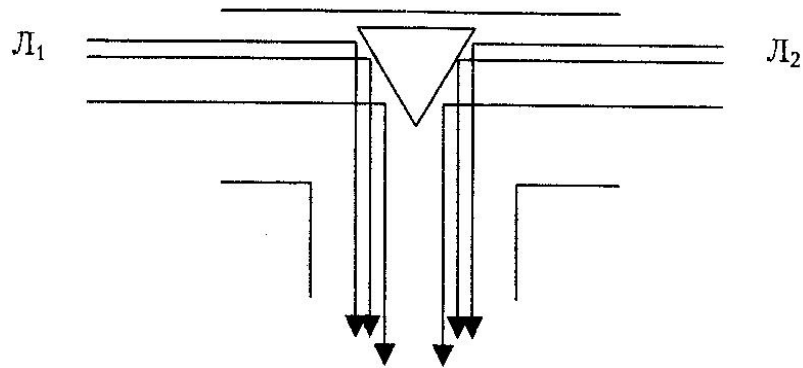
Yorqinlik nurlanayotgan jismning yuza birligidan chiqayotgan yorug'lik oqimini xarakterlaydi. Birligi 1lm/1m², ya'ni:

$$R = \frac{d\Phi}{d\delta_n} \quad (12-8)$$

Fotometrik kattaliklarni aniqlovchi asboblarni fotometrler deyiladi.

Fotometrlar vizual va ob'ektiv fotometrlarga bo'linadi. Bu laboratoriya ishida F-75, Lyumner-vizual fotometrlari va fotoelektrik fotometrlaridan foydalaniladi.

1-mashqda foydalaniladigan F-75 fotometri (32-rasm) eng sodda vizual fotometr bo'lib, uning asosini birbirlariga nisbatan 60° da o'rnatilgan ikki yassi sirt tashkil qiladi.



32-rasm

Tekshiriladigan L_2 va etalon L_1 yorug'lik manbalaridan kelayotgan yorug'lik oqimi har ikki sirtni ham yoritadi. L_2 manbani gox chapga, gox o'ngga siljitib, har ikki sirtni ham bir xilda yoritilganligiga erishiladi. Bu holda har ikki sirt uchun (12-6) ifodani yozib:

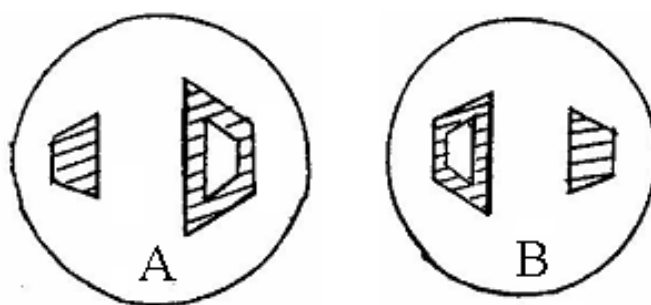
$$\frac{\mathfrak{I}_1}{\mathfrak{I}_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2} \quad (12-9)$$

va bundan esa,

$$\mathfrak{I}_2 = \mathfrak{I}_1 \frac{r_1^2}{r_2^2} \quad (12-10)$$

ifodani olamiz. Etalon manbaning yorug'lik kuchi J_1 ni bilgan holda va r_1, r_2 masofalarni optik skamya shkalasidan aniqlab, ikkinchi lampaning yorug'lik kuchini hisoblaymiz.

2-mashqda Lyumner-Brodxun fotometri qo'llanilgan bo'lib, bu fotometrning ishlash prinsipi ham xuddi F-75 fotometriniki kabidir. Shu fotometr biroz konstruktiv jixatdan F-75 fotometridan farq qiladi. FS-M optik skamyaga o'rnatilgan bo'lib, uning asosini Lyumner kubigi tashkil qiladi. Fotometr ekrani yoritilganida unda 33-rasmda ko'rsatilganidek A va B holatdgi trapetsiyalar hosil bo'ladi.



33a-rasm

Ekranning har ikki sirti bir xil yoritilganda, figuralar chegarasi yo'qoladi. Shu holatda xaqiqiy o'lchashlar bajariladi. Lampochkaning solishtirma energiyasining yorug'lik kuchi birligida hosil qilish uchun

sarf etilgan energiyasining miqdori $\eta = \frac{\rho}{\mathfrak{I}}$ formula yordamida aniqlanadi.

3-mashqni har ikki fotometrda foydalanib ham bajarish mumkin. Ma'lumki, biror muhitdan o'tgan yorug'lik intensivligi shu muhit xususiyatiga bog'liq. Bu intensivlik

$$\mathfrak{I} = \mathfrak{I}_0 e^{-\alpha x} \quad (12-11)$$

yoki yorug'lik oqimini

$$\Phi = \Phi_0 e^{-\alpha x} \quad (12-12)$$

formulalar orqali ifoda etamiz. Bu yerda α yutilish koeffitsienti, x - yorug'likning muhitda bosib o'tgan yo'li, J va Φ mos holda x qalinlikdan o'tgan yorug'lik intensivligi va oqimi.

Faraz qilaylik, etalon manbaning muayyan vaziyatida sirtlar yoritilganligi bir xilda bo'lsin. Bu holda L_2 lampa vaziyati r_2 va uning yorug'lik kuchi J_2 . Ekran va L_2 lampaning orasida ekranga yaqinroq nuqtaga yorug'likni yutuvchi sirt kiritaylik va L_2 lampani ekranga yaqinlashtirib, yana sirtlarni yoritilganliklari bir xil bo'lgan holatni hosil qilaylik. Bu holda intensivlik

$$\mathfrak{I}_3 = \mathfrak{I}_2 e^{-\alpha x} \quad (12-13)$$

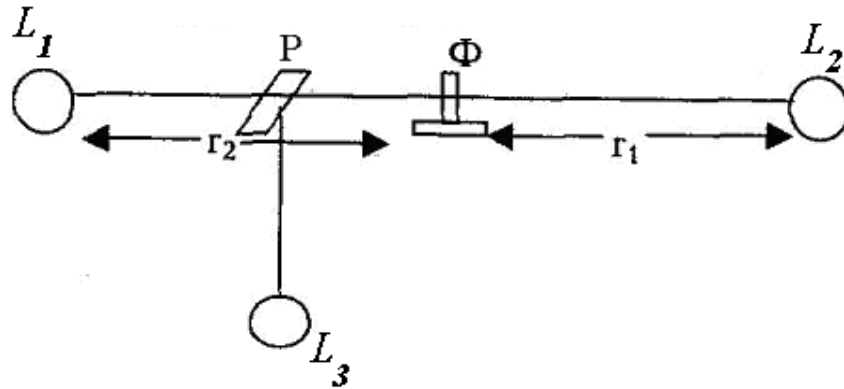
ifoda ko'rinishida bo'ladi, $\mathfrak{I}_2 = \mathfrak{I}_1 \frac{r_1^2}{r_2^2}$ bo'lganidan

$$\mathfrak{I}_3 = \frac{\mathfrak{I}_1 r_1^2}{r_2^2} e^{-\alpha x} \quad (12-14)$$

ni olamiz. Bundan esa quyidagi ifoda kelib chiqadi:

$$\alpha = \frac{\lg(\mathfrak{I}_1 / \mathfrak{I}_2) + 2\lg(r_1 / r_2)}{2,3x} \quad (12-15)$$

Tajribada J_1 , J_2 , J_3 va x ni o'lchab, α ni hisoblab topish mumkin. Lyumner-Brodxun fotometri yordamida 33b-rasmdagidek sxema bo'yicha sirlarning qaytarish ko'effitsienti k ni ham aniqlash mumkin.



33b-rasm

Bu yerda, P sinaladigan plastinka, Φ -fotometr, L_1, L_2 - lampalar.

Fotometr yoritilish plastinkasi chap yuzasi yoritilganligi E_1 , o'ng tomoniniki esa E_2 bo'lsin. $E_1 = E_2$ bajarilganidan

$$\frac{\Phi_1}{s} = \frac{\mathfrak{I}_1}{r_1^2} \quad (12-16)$$

ni olamiz. Ikkinchi tomondan esa,

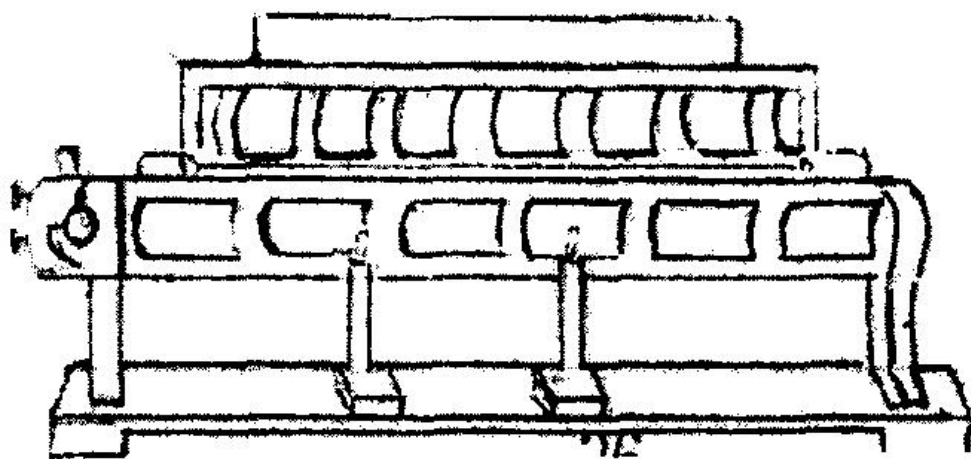
$$\frac{\Phi_2}{s} = \frac{\mathfrak{I}_1}{r_3^2} \quad (12-17)$$

bo'ladi. (12-6) va (12-7)ni hadma-had bo'lib,

$$k = \frac{\Phi_1}{\Phi_2} = \frac{r_3^2}{r_1^2} \quad (12-18)$$

qaytarish ko'effitsienti k ni hisoblash formulasini olamiz.

4-mashqda yarim o'tkazgichli fotoelektrik fotometr yordamida lampochkaning yorug'lik kuchini aniqlash rejalashtirilgan. Fotometrning umumiy ko'rinishi 34-rasmda keltirilgan.



34-rasm

Fotometr fotoeffekt hodisasiga asoslanib ishlaydi. Fotometr klemmalariga galvanometr ulanadi va etalon lampochkani undan r masofaga o'rnatib, hosil bo'lgan fototok qiymati J_ϕ aniqlanadi. Keyin tajriba tekshirilayotgan lampa uchun qaytariladi.

Har ikki hol uchun tok kuchi

$$i_{\text{ЭТ}} = k J_\phi, \quad i_x = k J_x \quad (12-19)$$

bo'lib, ularni o'zaro bo'lib yuborsak:

$$J_x = J_\phi \frac{i_x}{i_{\text{ЭТ}}} \quad (12-20)$$

ifodani hosil qilamiz. Bu mashqda masofa o'zgarmaganda yoritilganlik nurning tushish burchagiga bog'liqligini (12-6) formuladan ham tekshirib ko'rish mumkin. Bu formulani tekshirib ko'rishni talabalarning o'ziga havola qilamiz.

1-mashq. F-75 fotometri yordamida lampochkaning quvvatini aniqlash

Kerakli asbob va materiallar: F-75 fotometri, kichik optik skamya, cho'g'lanma lampalar, pasaytiruvchi transformator.

ISHNING BAJARILISH TARTIBI

1. Optik skamyani stolga o'rnatib va uchta qisqichli surilgichlarni qo'ying. Fotometr yuzalari bir xilda yoritilgan bo'lishiga erishing.
2. Etalon lampani chap tomondagi qisqichga, tekshiriladigan lampani esa o'ng tomondagi qisqichga o'rnatib va surilgichni optik skamyaning chetki chap va o'ng tomonlariga surib qo'ying.

3. Fotometrni skamyani o'rtasiga, o'zingizga har ikki sirt ham yaxshi ko'rinadigan qilib o'rnatib.

4. Etalon lampasi fotometrning chap sirtidan ma'lum r , masofaga maxkamlab o'rnatib.

5. Ulash simlarini yaxshilab tekshirib, o'qituvchi yoki laborant ruxsatidan so'ng pasaytiruvchi transformator orqali har ikki lampasi ham tarmoqqa ulang.

6. Yoritiluvchi sirtlar markazlari, har ikki lampa deyarli bir to'g'ri chiziqli yotishiga erishib.

7. O'ng tomondagi lampasi chapga va o'ng tomonga surib, har ikki sirt bir xilda yoritilganlik holatini topib. Agar bunga erishib bo'lmasa, L_1 etalon lampasi biroz o'ng yoki chapga surib qo'yib.

8. Yoritilganlik bir xil bo'lganida chizg'ichdan r_1 va r_2 larni topib.

9. Jadvalga r_1 , r_2 , J_1 larning qiymatlarini yozib boring va tajribani 7-10 marta takrorlang.

10. Olingan natijalarni (12-10) ga qo'yib J_2 ning qiymatini aniqlang. Hisobot natijalarini 20-jadvalga yozib.

11. J_2 ni aniqlashdagi absolyut va nisbiy xatoliklarni aniqlang.

20-jadval

No	r_1	r_2	J_1	J_2
----	-------	-------	-------	-------

2-mashq. LYUMMER-BRODXUN fotometri yordamida lampochkaning solishtirma quvvatini aniqlash

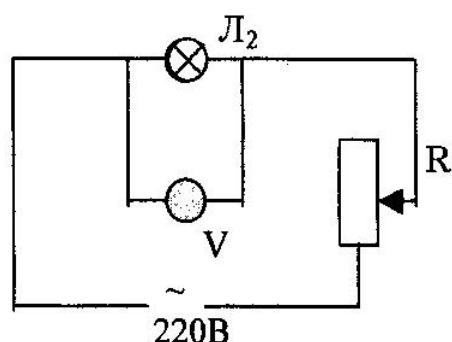
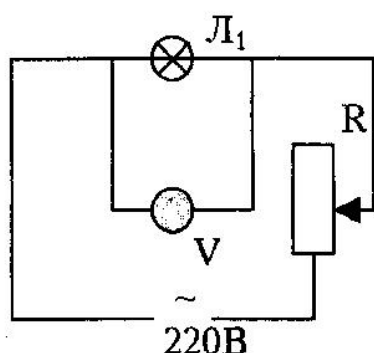
Kerakli asbob va materiallar: optik skamya, fotometr, etalon va oddiy yorug'lik lampalari.

ISHNING BAJARILISH TARTIBI

1. Optik skamyaga avval fotometrni o'rnatib oling. Uning qismlarini tekshirib va changdan tozalang.

2. Etalon lampasi skamyani chap tomoniga, tekshiriladigan lampasi esa o'ng tomoniga o'rnatib. Lampasi maxkamlab qo'yib.

3. 35-rasmda ko'rsatilganidek sxema yig'in va lampalarga 220 V kuchlanish bering.



35-rasm

4. Fotometrni o'ng va chapga harakat qildiring, yoritilganlik bir xil bo'lgan holatni toping, r_1 va r_2 masofani aniqlang va jadvalga yozib oling. Bu ishni 7-10 marta takrorlang.

5. Fotometrni o'z o'qi atrofida 180° ga burib, tajribani yana

7-10 marta takrorlang, bu holda esa I_2 ni $I_2 = I_1 \cdot \frac{r_1^1 r_2^1}{r_1^1 r_2^1}$ formuladan hisoblang r_2^1, r_1^1 lar golovka 180° ga burilgandagi masofalar.

6. Olingan natijalarni 21-jadvalga yozib boring va xatoliklarni hisoblang.

7. O'lchash tugagach, sxemani uzing va ish joyini tartibga keltiring.

21-jadval

No	I_1	r_1 , sm	r_1' , sm	r_2 , sm	r_2' , sm	I_2
----	-------	------------	-------------	------------	-------------	-------

3-mashq. Yorug'likning yutilish koeffitsientini aniqlash

Kerakli asbob va materiallar: optik skamya, fotometr, yorug'lik lampalari, etalon lampa, turli yorug'lik yutuvchi namunalar.

ISHNING BAJARILISH TARTIBI

1. 1- va 2- mashqlardagidek fotometrlarni va lampalarni skamyaga o'rnatish.

2. Etalon lampa qo'zg'almaganda L_2 lampani u yoki bu tomonga siljitib, sirlarning bir xilda yoritilganligiga erishish va r_2 masofani aniqlang.

3. I_2 ning qiymatini (12-10) dan toping va tajribani 7-10 marta takrorlang, yoki bu mashqda bevosita oldingi mashqlar natijalaridan foydalaning.

4. L_2 lampa bilan fotometr oralig'iga yutilish koeffitsienti aniqlanadigan jism qo'ying va fotometrda shu jismgacha bo'lgan

masofani aniqlang.

5. (12-14) formula yordamida I_3 ni va jism hajmini mikrometr yordamida aniqlang, yutilish koeffitsientini (12-15) ifoda yordamida hisoblang.

6. Topilgan natijalarni 22-jadvalga yozing.

22-jadval

№	r_1	r_2	r_3	I_2	I_3	I_1	x	V, sm	α
---	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-----	-------	----------

7. Yutilish koeffitsientini aniqlashdagi absolyut va nisbiy xatoliklarni aniqlang.

8. Fotometr lampalarini yig'ishtirib, g'iloqlarini kiydiring. Ish joyini tartibga keltiring.

4-mashq. Sirtning qaytarish koeffitsientini aniqlash

Kerakli asboblari: fotometr, shaffof plastinka, ikkita optik skamyalar, lampochkalar, tagliklar.

ISHNING BAJARILISH TARTIBI

1. Optik skamyaga fotometr, tekshiriladigan plastinka va etalon L_1 lampasi o'rnatilgan (35, b rasm).

2. Sinaladigan sirtli plastinka P ni asosiy skamyaning fotometr bilan chap tomoniga 40-50 sm masofaga o'rnatilgan oling, skamyalar o'rtasida 45° burchak hosil qilsin.

3. L_2 lampasi qo'shimcha (ikkinchi) skamyaga o'rnatilgan, bu skamyalar asosiy skamyaga 90° qilib plastinka ro'parasiga o'rnatilgan bo'lishi kerak.

4. Lampochkalarni ulab, fotometrni suring va bir xil yoritilganlikka erishib oling.

5. Shu holda L_1 dan fotometr gacha bo'lgan r_1 masofani o'lchab, 23-jadvalga yozib oling.

6. L_2 lampasi asosiy skamyaning chap tomoniga r_2 masofaga o'rnatilgan va P plastinkani olib tashlang.

7. Bu holda L_1 ni fotometr gacha yaqinroq r_3 masofaga siljitib, r_3 ni yozib oling.

8. (12-18) formuladan qaytarish koeffitsienti k ni hisoblab, 23-jadvalga yozing.

23-jadval

№	R_1	r_2	r_3	k
---	-------	-------	-------	-----

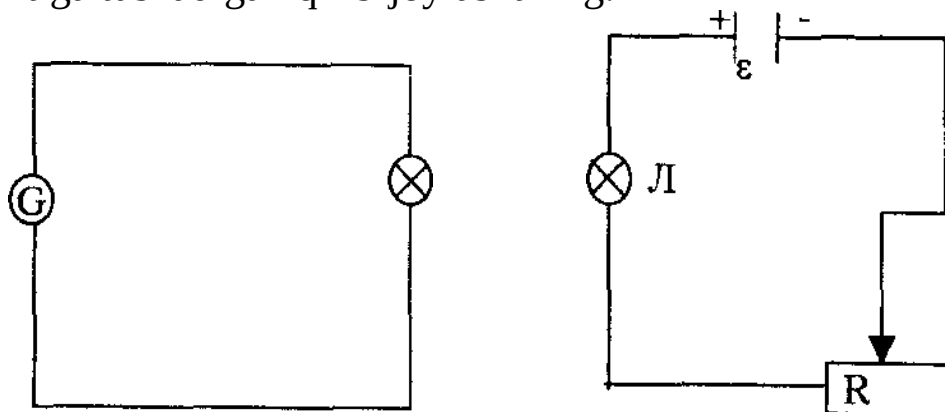
3-mashq. Fotoelektrik fotometr yordamida lampochkaning quvvatini aniqlash

Kerakli asbob va materiallar: fotometr, galvanometr, kalit, tok manbai, ulovchi simlar, etalon va tekshiriladigan lampalar, linza.

ISHNING BAJARILISH TARTIBI

1. 36-rasmda ko'rsatilganidek sxema yig'ing va uni o'qituvchi yoki laborantga ko'rsating.

2. Fotoelement, lampa tolasi va linzani markazlari bir to'g'ri chiziqli yotadigan qilib o'rnatish. Bunda lampani yorug'lik oqimi fotoelement sirtiga tushadigan qilib joylashtiring.



36-rasm

3. Etalon lampaning fotoelementdan uzoqligi r_1 ni va galvanometr ko'rsatishi i_{et} ni yozib oling.

4. Fotoelementni dasta yordamida har 10° ga burib, 90° gacha galvanometr ko'rsatishlarini yozib oling.

5. Millimetrli qog'ozga $i=i(\alpha)$ ning bog'lanish grafigini chizib oling, jadvalni to'ldiring.

6. $\alpha=0$ holatni hosil qilib, quvvati aniqlanadigan lampani o'rnatish.

7. Bu lampani o'ng va chap tomonga surib, galvanometr ko'rsatishini, etalon lampadagidek i_{et} qiymatini ko'rsatadigan masofa r_2 ni aniqlang va uni jadvalga yozing.

8. Lampaning yorug'lik kuchi I_2 ni (12-10) formuladan hisoblang.

9. Bu lampa uchun ham $i=i(\alpha)$ bog'lanish grafigini chizing.

10. Olingan natijalarni jadvalga yozing va ularni izohlang.

11. Fototokning masofaga bog'liqligi $i=i(r)$ ni aniqlang va uning grafigini chizing.

12. Lampalarni o'chirib, ish joyini yig'ishtiring.

13. Barcha mashqlar uchun xatoliklarni hisoblang.

24-jadval.

№	r	α	Y, mA	r ₂	I _{et}	I ₁	I ₂
1							

O'Z-O'ZIHI SINASH UCHUH SAVOLLAR

1. Fotometriya nimani o'rganadi?
2. Asosiy fotometrik kattaliklarni ta'riflang?
3. Qanday fotometrlarni o'rgandingiz, ularning tuzilishi qanday?
4. O'lchash metodlarini tushuntirib bering.