Jora Awliýakuliýew, Ýaňybaý Baratow,
Kuwwat Ataýew

FIZIKADAN MESELELER

(OPTIKA)

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw gollanmasy

Türkmenistanyň Ylymlar akademiýasy
tarapyndan makullanylan

Aşgabat
"Ylym" neşirýaty
2010

UOK 378:530.1

A 90

Awliýakuliýew J. we başg.

A 90 **Fizikadan meseleler. (Optika).** Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw gollanmasy. – A.: “Ylym“ neşirýaty, 2010.

TDKP № 233 KBK 22. 343 ýa 73

TÜRKMENISTANYŇ PREZIDENTI GURBANGULY BERDIMUHAMEDOW

TÜRKMENISTANYŇ DÖWLET GERBI

TÜRKMENISTANYŇ DÖWLET BAÝDAGY

TÜRKMENISTANYŇ
DÖWLET SENASY

Janym gurban saňa, erkana ýurdum,
Mert pederleň ruhy bardyr köňülde.
Bitarap, garaşsyz topragyň nurdur,
Baýdagyň belentdir dünýäň öňünde.

Gaýtalama:
Halkyň guran Baky beýik binasy,
Berkarar döwletim, jigerim-janym.
Başlaryň täji sen, diller senasy,
Dünýä dursun, sen dur, Türkmenistanym!

Gardaşdyr tireler, amandyr iller,
Owal-ahyr birdir biziň ganymyz.
Harasatlar almaz, syndyrmaz siller,
Nesiller döş gerip gorar şanymyz.

Gaýtalama:
Halkyň guran Baky beýik binasy,
Berkarar döwletim, jigerim-janym.
Başlaryň täji sen, diller senasy,
Dünýä dursun, sen dur, Türkmenistanym!

SÖZBAŞY

Garaşsyz, baky Bitarap Türkmenistan Täze Galkynyş we beýik özgertmeler zamanasynda hormatly Prezidentimiz Gurbanguly Berdimuhamedowyň baştutanlygynda täze ösüşlere, sepgitlere tarap batly gadamlar bilen ynamly öňe barýar. Döwlet Baştutanymyzyň bilim ulgamyny düýpli kämilleşdirmek, özgertmek hakyndaky resminamalary Altyn asyryň altyn nesillerini döwrüň talabyna laýyklykda ylym, bilim we terbiýe bermäge uly badalga berdi.

Hormatly Prezidentimiz Gurbanguly Berdimuhamedow ýurdumyzyň geljegi bolan türkmen ýaşlarynyň ylymly, bilimli we dünýä ülňülerine laýyk gelýän derejede sowatly bolmagy üçin, atalyk aladasyny edýär. Bu bolsa her bir bilim işgäriniň Watan öňündäki şahsy jogapkärçiligini has-da artdyrýar. Bilim ulgamynyň ähli basgançaklarynda mugallymlary we terbiýeçileri, talyplary we okuwçylary, dünýä standartyna laýyk gelýän okuw maksatnamalary, okuw kitaplary we okuw gollanmalary bilen üpjün etmek, gaýra goýulmasyz, döwlet ähmiýetli wezipeleriň biridir. Çünki bu ýurdumyzda bilim ulgamyny belende galdyrmagyň, öz işine ussat hünärmenleri taýýarlamagyň, möhüm şertleriniň biridir. Bu hödürlenilýän okuw gollanma – mugallymçylyk institutynyň umumy fizika dersiniň okuw maksatnamasynyň esasynda taýýarlanyldy. Gollanmada umumy fizika dersiniň optika bölümine degişli meseleleriň toplumy we olaryň käbirleriniň çözülişleriniň mysallary berilýär. Gollanma ýedi bapdan ybarat. Her babyň başynda, şol baba degişli esasy kanunlar we aňlatmalar berilýär hem-de birnäçe meseleleriň giňişleýin çözülişleri görkezilýär.

Özbaşdak çözmek üçin hödürlenilýän meseleler gysgaça düşündirişler we jogaplar bilen üpjün edilen. Gollanmada goşmaça maglumatlar görnüşinde meseleler çözülende, peýdalanylýan matematiki formulalar, tablisalar, fiziki hemişelikleriň san bahalary berilýär.

Okuw gollanmasy mugallymçylyk institutynyň mugallymlary we talyplary üçin niýetlenen hem bolsa, umumy fizika dersini okaýan beýleki ýokary okuw mekdeplerinde hem gollanma hökmünde peýdalanylyp bilner.

Awtorlar.

OPTIKA
BIRINJI BAP
FOTOMETRIÝA. ÝAGTYLYK ULULYKLARY

Esasy kanunlar we aňlatmalar

● Nokatlanç izotrop ýagtylyk çeşmesiniň ω jisim burçunyň çäginde şöhlelendirýän ýagtylyk akymy

$$\Phi_{\text{ýa}}=I\omega$$

bu ýerde I – ýagtylyk güýji; $\omega = 2\pi\left(1-\cos\theta\right)$ jisim burçy; θ – şöhleleňýän aýlaw konusyň oky bilen emele getirijisiniň arasyndaky burç.

● Nokatlanç izotrop ýagtylyk çeşmesiniň doly ýagtylyk akymy

$$\Phi_{\text{ýa}}=4\pi I$$

● Üstüň ýagtylandyrylyşy

$$E_{\text{ýa}}=\frac{\Phi_{\text{ýa}}}{S}$$

bu ýerde $\Phi_{\text{ýa}}$ – üstüň ähli nokatlaryna deňölçegli paýlanýan ýagtylyk akymy; S – üstüň meýdany.

● Nokatlanç izotrop ýagtylyk çeşmesiniň r uzaklykda döredýän ýagtylandyryşy,

$$E_{\text{ýa}}=\frac{I}{r^2}\cos i$$

bu ýerde r ýagtylandyrylýan üstden ýagtylyk çeşmesine çenli aralyk; i – ýagtylygyň üste düşme burçy.

● Üstüň ýagtylanma ýitiligi (röwşenligi):

$$B_{ýa} = \frac{I}{S_n}$$

bu ýerde I – gözegçilik edilýän ugurdaky ýagtylyk güýji; S_n – ýagtylanýan üstüň meýdanynyň gözegçilik edýän ugra perpendikulýar ýerleşen tekizlige proýeksiýasy.

● Kosinus şöhlelendirijileriň islendik kiçi üstüniň ýagtylyk güýji:

$$I = I_0 \cos\varphi$$

bu ýerde φ – şöhlelenýän üste inderilen normal bilen gözegçilik edilýän ugruň arasyndaky burç; I_0 – şöhlelenýän üstüň normalyň ugrundaky ýagtylyk güýji.

● Üstüň ýagtylanyjylygy

$$R_{ýa} = \frac{\Phi_{ýa}}{S}$$

bu ýerde $\Phi_{ýa}$ – deňölçegli ýagtylanýan üstden şöhlelenýän ýagtylyk akymy; S – üstüň meýdany.

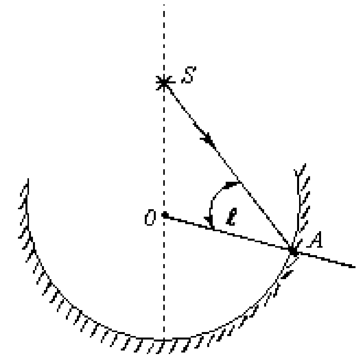
● Ýagtylygyň kosinus şöhlelendirijileriniň ýagtylanyjylygy bilen üstüň ýagtylanma ýitiliginiň (röwşenliginiň) arabaglanyşygy:

$$R_{ýa} = \pi B_{ýa}$$

Bellik: Meseleler çözülende ýagtylyk ululyklaryny aňladýan harplaryň indekslerini ýazmak hökmany däl.

Mesele çözmegiň mysallary

1-nji mesele. Ýarym sfera görnüşli üstüň ýokarsynda, onuň diametrine deň bolan beýiklikde, nokatlanç ýagtylyk çeşmesi simmetrik ýerleşdirilen (*1.1-nji surat*). Ýarym sferanyň üstüne $i = 30°$ burç bilen ýagtylygyň düşýän nokadynyň ýagtylandyrylyşyny kesgitlemeli.



1.1-nji surat

Çeşmäniň ýagtylyk güýji $I = 100kd$, sferanyň radiusy $r = 2m$.

Çözülişi: Meseläni çözmek üçin 1.2-nji suratdan peýdalanmaly. $\Delta - SOA$-dan S çeşmeden üstüň A nokadyna çenli aralyk;

$$R^2 = r^2 + r^2 - 2r^2 \cos\alpha \qquad (1)$$

Belli bolşy ýaly $\alpha + 2i = 180^0$, bu ýerden $\alpha = 180^0 - 2i$.

Onda $R^2 = 2r^2 - 2r^2 \cos\left(180^0 - 2i\right)$ ýa-da $R^2 = 2r^2 + 2r^2 \cos 2i$,

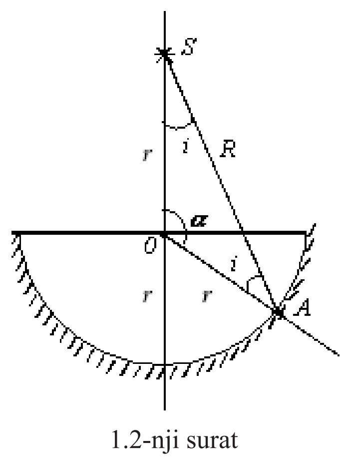
bu ýerden $R^2 = 4r^2 \cos^2 i$ (2)

Ýagtylandyryşyň kanunynda berlen nokadyň ýagtylandyrylyşy:

$$E = \frac{I\cos i}{R^2} \qquad (3)$$

arkaly kesgitlenilýär.

Onda R^2-yň bahasyny (2)-den (3)-e goýup, sferanyň A nokadynyň ýagtylandyryşy üçin aňlatmany alarys:



1.2-nji surat

$$E = \frac{I\cos i}{4r^2\cos^2 i} = \frac{I}{4r^2\cos i} \quad (4)$$

Ululyklaryň san bahalaryny goýup hasaplasak,

$$E = \frac{100}{4\cdot 4\cdot\cos 30^0} = \frac{100}{16\cdot 0,866} = 7,22\ lk.$$

2-nji mesele. Proýektirlemek üçin niýetlenen abzalyň obýektiwinde şöhlelendirilýän $\Phi = 2000\ lm$ ýagtylyk akymy ekranda deňölçegli paýlanýar diýip hasap edip, ekranyň ýagtylandyrylyşyny, ýagtylanyjylygyny we ýagtylanma ýitiligini (röwşenligini) kesgitlemeli. Ekranyň ölçegleri $S = (5\times 4) m^2$, serpikdirme koeffisiýenti $\rho = 0,75.$

Çözülişi:

1. Ekranyň ýagtylandyrylyşy;

$$E = \frac{\Phi}{S} \quad (1)$$

2. Ekranyň ýagtylanyjylygy:

$$R = rE = r\frac{\Phi}{S} \quad (2)$$

3. Ekranyň ýagtylanma ýitiligi (röwşenligi):

$$B = \frac{R}{\pi} = r\frac{\Phi}{\pi S} \quad (3)$$

(1), (2), (3) aňlatmalarda ululyklaryň san bahalaryny goýup, hasaplap alarys:

$$E = \frac{2000}{20} = 100\ lk\cdot \quad R = 0,75\frac{2000}{20} = 75\ lk\cdot$$

$$B = 0,75\frac{2000}{3,14\cdot 20} = 23,9nt$$

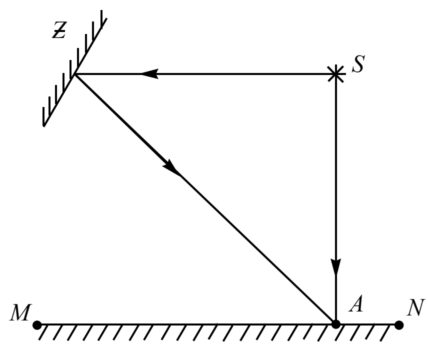
Meseleler

1.1. Doly ýagtylyk akymy 30 *lm* deň bolan nokatlanç çeşmäniň ýagtylyk güýjüni kesgitlemeli.

1.2. Konusyň depesinde ýerleşdirilen nokatlanç ýagtylyk çeşmesi konusyň içi bilen 90 *lm* ýagtylyk akymyny goýberýär. Çeşmäniň ýagtylyk güýji 220 *kd*. ω jisim burçuny we konusyň 2φ aralyk burçuny kesgitlemeli.

1.3. 1000 *lm* doly ýagtylyk akymyny goýberýän çyra selen fotoelementinden 50 *sm* uzaklykda ýerleşdirilse, bu fotoelemente birikdirilen galwonometr näçe tok güýjüni görkezer? Fotoelementiň iş üsti 6 sm^2, onuň duýgurlygy 400 *mkA/lm*.

1.4. S nokatlanç ýagtylyk çeşmesi MN üsti ýagtylandyrýar (*3.1 surat*). Eger-de S çeşmäniň gapdalynda we ýagtylandyrylýan üste çenli aralyga deň bolan aralykda, ýagtylygy (A nokada) serpikdiriji $\check{Z}$ aýna ýerleşdirilse, ýagtylygyň üste dik düşýän A nokadynyň ýagtylandyrylyşy nähili üýtgär?



1.3-nji surat

1.5. Meýdany 25 m^2 deň kwadrat otagyň ortasynda çyra asylan. Otagyň burçlarynda ýagtylandyrylyşyň iň uly bolmaklygy üçin çyra ýerden haýsy beýiklikde ýerleşmeli? Çyrany nokatlanç çeşme diýip hasaplamaly.

1.6. Bir sany elektrik çyraly stoluň üstünde goýulýan çyra, diametri 1,2 *m* bolan tegelek stoluň ortasynda 40 *sm* beýikde dur. Stoluň ortasyndan 2 m belentlikde şeýle çyradan dördüsi bolan lýustra asylan. Haýsy ýagdaýda stoluň gyralarynyň ýagtylandyrylyşy uly (we näçe esse) bolar: stoluň üstünde goýulýan çyra ýanandamy ýa-da lýustra?

1.7. Fotosurat negatiwden kagyza geçirilende negatiw 40 *sm* uzaklykda duran 25 *kd* ýagtylyk güýji bolan çyra bilen 2 *s* dowamynda ýagtylandyryldy. Eger-de negatiw 3 *m* uzaklykda duran 100 *kd* ýagtylyk güýji bolan çyra arkaly ýagtylandyrylýan bolsa, fotokagyzyň garalmasynyň birinji ýagdaýdaky ýaly bolmaklygy üçin, ol näçe sekunt ýagtylandyrylmaly?

1.8. 100 wattlyk elektrik çyrasy bilen ýagtylandyrylýan predmetiň suratyny 1m uzaklykda almak üçin fotoplýonkany 8 *s* ýagtylandyrmaly boldy. Eger ol predmet, 3 we 4 m uzaklyklarda duran, iki sany 100 wattlyk çyra bilen ýagtylandyrylsa, şeýle hem fotoplýonka düşýän ýagtylyk energiýasynyň umumy mukdary ozalkysy ýaly bolýan bolsa, fotoplýonkany näçe wagt ýagtylandyrmaly?

1.9. Aşakda dürli monohromatik ýagtylyklara gözüň duýgurlygynyň $\left(V(\lambda)\right)$ ululyklary görkezilen:

λ, mkm...	0,4	0,5	0,45	0,55	0,556	0,60	0,65	0,7	0,75
V(λ)...	0,0004	0,038	0,323	0,995	1,000	0,631	0,107	0,041	0,00012

Tolkun uzynlygy 0,6 *mkm* bolan monohromatik ýagtylygyň 0,15 Wt energiýa akymy ýaly görüş duýgusyny döredip bilýän, tolkun uzynlyklary 0,45 *mkm* we 0,75 *mkm* monohromatik ýagtylyklaryň energiýa akymynyň ululyklaryny kesgitlemeli.

1.10. Eger Gün şöhleleriniň perpendikulýar düşýän Ýer üstüniň 1 sm^2 meýdançasy 1 minutda 1,5 *kal* ýylylyk mukdaryny alýan bolsa, Ýer üstüniň energetik ýagtylandyrylyşyny kesgitlemeli.

1.11. Ölçegleri 1×1 m^2 bolan kwadrat stoluň ortasynyň ýokarsynda çyra asylgy. Stoluň gyralarynyň ýagtylandyrylyşynyň iň uly bolmaklygy üçin çyranyň beýikligi näçe bolmaly?

1.12. Günüň beýikligi φ_1 burçdan φ_2 burça çenli üýtgeýär. Ýeriň üstüniň ýagtylandyrylyşy nähili üýtgeýär?

1.13. Egrilik radiusy *R*=50 *sm* bolan oýuk sferik aýnanyň baş fokusynda nokatlanç ýagtylyk çeşmesi ýerleşdirilen, aýnanyň baş optiki okuna perpendikulýar edilip, aýnadan *L*=25*m* uzaklykda ekran ýerleşdirilen. Ekranda emele gelýän ýagty menegiň ortasynyň ýagtylandyrylyşy, zerkalo ýok bolanda ýagtylyk çeşmesiniň, ekranyň şol ýerinde döredýän ýagtylandyrylyşyndan näçe esse uly bolar?

1.14. Ýagtylyk güýji 100 *kd* bolan elektrik çyrasy hemme tarapa her minutda 122 *J* ýagtylyk energiýasyny şöhlelendirýär. 1) ýagtylygyň mehaniki ekwiwalentini; 2) eger çyra 100 *Wt* kuwwat sarp edýän bolsa, onuň ýagtylyk berijiliginiň PTK-ny tapmaly .

1.15. Ýagtylyk güýji 50 *kd*, diametri 60 *sm*-e deň bolan şar formasyndaky çal aýnadan ybarat bolan ýagtyltgyjyň ýagtylyk akymyny, ýagtylanyjylygyny we röwşenliligini kesgitlemeli.

1.16. Beýikligi $h = 8m$ sütünden, ýagtylyk güýji J=1 *kkd* bolan elektrik çyrasy asylan. Ýagtylyk çeşmäni nokatlanç hasap edip, sütüniň düýbünden näçe uzaklykda, ýeriň üstüniň ýagtylandyrylyşy E=1 *lk* deň boljakdygyny hasaplamaly.

1.17. Eger nokatlanç ýagtylyk çeşmeden l=2 *m* uzaklykda E=15 *lk* ýagtylandyrylyş bolýan bolsa, bu çeşmäniň doly ýagtylyk akymyny kesgitlemeli.

1.18.Ýagtylanýan kubuň röwşenligi hemme ugur boýunça bir deň we 5 kkd/m^2 ululyga deň. Kubuň gapyrgasy 20 *sm*-e deň. Haýsy ugur boýunça kubuň ýagtylyk güýji iň uly bolar? Kubuň iň uly ýagtylyk güýjüni hasaplamaly.

1.19. Ýagtylanýan konus hemme tarapa birdeň 2 kkd/m^2 röwşenlige eýe. Konusyň esasy ýagtylanmaýar. Konusyň esasynyň diametri 20 *sm*, beýikligi 15 *sm*-e deň. 1) konusyň okunyň ugry boýunça we 2) konusyň okuna perpendikulýar ugur boýunça ýagtylyk güýjüni kesgitlemeli.

1.20. 20×30 *sm* ölçegi bolan ak kagyzyň üstüne 120 *lm* ýagtylyk akymy normal düşýär. Eger kagyzyň üstünden ýagtylygyň pytradylma koeffisiýenti 75%-e deň bolsa, kagyzyň üstüniň ýagtylandyrylyşyny, ýagtylanyjylygyny we röwşenliligini kesgitlemeli.

1.21. Içinde ýagtylanýan jisim hökmünde diametri 3 *mm* bolan şarjagaz ýerleşdirilen çyra 85 *kd* ýagtylyk güýjüni berýär. Bu çyranyň sferik kolbasy diametri *6 sm* bolan: 1) dury aýnadan ýasalan bolsa,

2) çal aýnadan ýasalan bolsa, çyranyň ýagtylanma ýitiligini hasaplamaly.

1.22. Çal elektrik çyrasy, fokus aralygy $F = 0,3m$ we diametri $d = 0,05m$ bolan linzanyň kömegi bilen ekrana proýektirlenýär. Çyradan linza çenli aralygy $a = 1,2m$, şekiliň ýagtylandyrylşy $E = 10^3 lk$ -e deň. Çyranyň ýagtylanyjylygyny kesgitlemeli.

1.23. Serpikdirme koeffisiýenti $\rho = 0,85$ bolan ýalpyldawuk däl kagyzyň röwşenliginiň $B = 3kd / m^2$ -e deň bolmaklygy üçin, onuň ýokarsynda ýagtylyk güýji $I = 45kd$ bolan elektrik çyrany näçe beýiklige ýerleşdirmeli?

1.24. Diaskopyň obýektiwiniň göräli deşigi $1:2$. Ulaldyş 100 esse bolanda, ekranda şekiliň ýagtylandyrylyşynyň $E = 100\,lk$ bolmaklygy üçin çeşmäniň röwşenligi näçe bolmaly? Ýagtylyk geçirijilik koeffisiýenti $r = 0,2$ -ä deň.

1.25. Gurum bilen örtülen üstüň ýagtylandyrylyşy 150 *lk*, onuň ýagtylanma ýitiligi (röwşenligili) ähli ugurlar boýunça $1\frac{kd}{m^2}$ -e deň. Gurumyň ýagtylygy siňdirme koeffisiýentini tapmaly.

IKINJI BAP
ÝAGTYLYGYŇ INTERFERENSIÝASY

Esasy kanunlar we aňlatmalar

● Ýagtylygyň gurşawda (maddada) ýaýrama tizligi $\vartheta = \dfrac{c}{n}$,

bu ýerde c – ýagtylygyň wakuumda ýaýrama tizligi; n – gurşawyň (maddanyň) absolýut döwme görkezijisi.

● Ýagtylyk tolkunynyň optiki ýolunyň uzynlygy:

$$L = n\ell$$

bu ýerde ℓ – döwme görkezijisi n-e deň bolan gurşawda (maddada) ýagtylyk tolkunynyň geometrik ýolunyň uzynlygy.

● Iki sany ýagtylyk tolkunynyň optiki ýollarynyň tapawudy:

$$\Delta L = L_2 - L_1 = n_2\ell_2 - n_1\ell_1$$

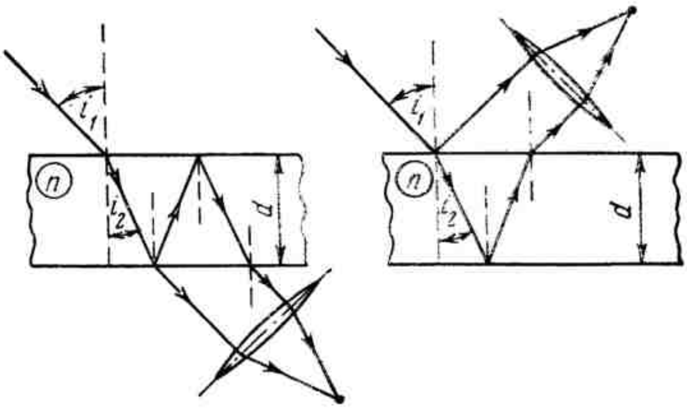
bu ýerde $n_1\ell_1$ we $n_2\ell_2$ degişlilikde tolkunlaryň dürli gurşawlarda geçen optiki ýollary.

● Howada ýerleşen tekizparallel plastinanyň ýa-da ýorkanyň ýokarky we aşaky üstlerinden serpikdirilen ýagtylyk tolkunlarynyň optiki ýollarynyň tapawudy. (*2.1-nji a,b suratlar*)

$$\Delta L = 2d\sqrt{n^2 - \sin^2 i} + \frac{\lambda}{2}, \text{ ýa-da } \Delta L = 2dn\cos r - \frac{\lambda}{2}$$

bu ýerde d – plastinanyň (ýorkanyň) galyňlygy; i – ýagtylygyň düşme burçy; r – ýagtylygyň döwülme burçy.

Aňlatmalardaky ikinji goşulyjy optiki uly dykyzlykly gurşawdan (maddadan) optiki kiçi dykyzlykly gurşawa (madda) serpikmede optiki ýoluň ýarym tolkun uzynlyga üýtgemesini hasaba alýar.



2.1.-nji surat

Howada ýerleşen tekizparallel plastinadan (ýorkadan) geçýän ýagtylyk tolkunynda optiki ýollaryň goşmaça tapawudy ýüze çykmaýar.

● Interferensiýa gözegçilik edilýän nokatda oýandyrylýan yrgyldylaryň faza tapawudy bilen tolkunlaryň geçen optiki ýollarynyň tapawudynyň özara baglanyşygy:

$$\Delta\varphi = 2\pi \frac{\Delta L}{\lambda}.$$

● Interferensiýada ýagtylygyň depgininiň (intensiwliliginiň) iň uly güýçlenme şerti:

$$\Delta L = \pm k\lambda \quad (k = 0, 1, 2, ...).$$

● Interferensiýada ýagtylygyň depgininiň (intensiwliginiň) iň uly gowşama şerti:

$$\Delta L = \pm(2k+1)\frac{\lambda}{2}.$$

● Interferensiýa syn edilýän ekranda iki goňşy (ýanaşyk) interferensiýa zolagyň aralygy:

$$\Delta x = \frac{\ell}{d}\lambda ,$$

bu ýerde d – kogerent çeşmeleriň arasyndaky uzaklyk; ℓ – çeşmeleriň ýerleşýän nokatlaryny birleşdirýän göniniň ortasyndan ekrana çenli aralyk; λ ýagtylygyň tolkun uzynlygy.

● Serpikdirlen ýagtylykda alynýan Nýutonyň ýagty interferensiýa halkarynyň (geçen ýagtylykda garaňky interferensiýa halkalarynyň) radiusy:

$$r_k = \sqrt{(2k-1)R\frac{\lambda}{2}} ,$$

bu ýerde k – halkanyň tertip sany $(k = 0,1,2,...)$; R – linzanyň egrilik radiusy.

● Serpikdirilen ýagtylykda alynýan Nýutonyň garaňky halkalarynyň (geçýän ýagtylykda ýagty halkalaryň) radiusy:

$$r_k = \sqrt{kR\lambda} .$$

Mesele çözmegiň mysallary

1-nji mesele. Galyňlygy özara deň we $1,2\,mm$ bolan suw we aýna gatlagyndan $\nu = 5\cdot 10^{14}\,Gs$ ýygylykly monohromatik ýagtylyk normal boýunça geçýär. Suw we aýna gatlagynda bu ýagtylygyň näçe tolkun uzynlygy ýerleşer? Suwuň döwme görkezijisi $n_1 = 1,33$, aýnanyň döwme görkezijisi $n_2 = 1,5$.

Çözülişi: Ýagtylygyň ýygylygy onuň ýaýraýan gurşawynyň (maddasynyň) döwme görkezijisine bagly däl we ol özüniň wakuumdaky ululygyny saklaýar. ν ýygylyga degişli ýagtylygyň wakuumdaky tolkun uzynlygy

$$\lambda_0 = \frac{c}{\nu}.$$

Ýagtylygyň gurşawyň kesgitli galyňlygynda ýerleşen tolkun uzynlyklaryň sany ýagtylygyň optiki ýoluna bagly bolýar $L = n\ell = N\lambda_0$.

Biziň ýagdaýymyzda suwuň berlen galyňlygynda ýerleşýän tolkunlaryň N_1 sany:

$$L_1 - n_1\ell = N_1\ell_0 .$$

Aýnanyň berlen galyňlygynda ýerleşýän tolkunlaryň N_2 sany:

$$L_2 = n_2\ell = N_2\lambda_0 .$$

Onda:
$$N_1 = \frac{n_1\ell}{\ell_0} = \frac{n_1\ell}{\frac{c}{v}} = \frac{n_1\ell v}{c};$$

$$N_2 = \frac{n_2\ell}{\lambda_0} = \frac{n_2\ell v}{c}.$$

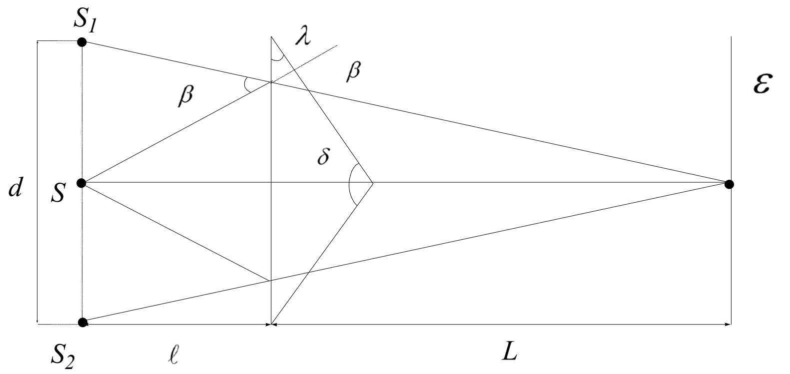
Soňky aňlatmalarda ululyklaryň san bahalaryny ornuna goýup hasaplasak,

$$N_1 = 1,33\frac{1,2\cdot 10^{-3}\cdot 5\cdot 10^{14}}{3\cdot 10^8} = 2660;$$

$$N_2 = 1,5\frac{1,2\cdot 10^{-3}\cdot 5\cdot 10^{14}}{3\cdot 10^8} = 3000$$

bahalary alarys.

2-nji mesele. Freneliň biprizmasy bilen geçirilýän tejribe 2-nji suratda şekillendirilen. Eger yşdan (ýagtylyk çeşmesinden) biprizma çenli uzaklyk $\ell = 50sm$ we biprizmadan ekrana çenli uzaklyk $L = 450sm$ bolanda ekranda alynýan interferensiýa zolaklaryň aralygy $\Delta x = 1,1mm$ deň bolsa, biprizmanyň δ kütek burçunyň ululygyny tapmaly. Biprizmanyň maddasynyň döwme görkezijisi $n = 1,578$, yşa düşýän monohromatik ýagtylygyň tolkun uzynlygy $\lambda = 520nm$ -e deň diýip kabul etmeli.



2.2-nji surat

Çözülişi: Suratdan görnüşi ýaly;

$$\delta = \pi - 2\alpha \tag{1}$$

α we β burçlaryň kiçi bolýanlygyna görä biprizma üçin;

$$\beta = (n-1)\alpha \tag{2}$$

baglanyşyk alynýar.

Interferensiýa zolaklaryň aralygy,

$\Delta x = \dfrac{r}{d}\lambda$ aňlatmadan kesgitlenilýär.

Bu ýerde $r = \ell + L$; $d = 2\ell\beta = 2\ell(n-1)\alpha$

Onda:

$$\Delta x = \frac{\ell + L}{2\ell(n-1)\alpha}\lambda. \tag{2}$$

Bu ýerden: $$\alpha = \frac{\ell + L}{2\ell(n-1)\Delta x}\lambda. \tag{3}$$

(3) aňlatmadan α-yň ululygyny (1) aňlatma goýup alarys:

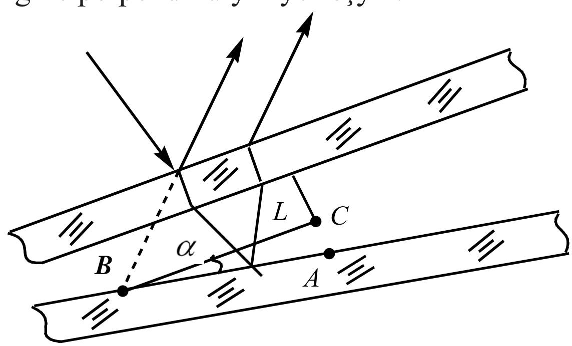
$$\delta = \pi - \frac{(\ell + L)}{\ell(n-1)\Delta x}\lambda \tag{4}$$

Ululyklaryň san bahalaryny ornuna goýup, hasaplama geçirsek,

$$\delta = 3,14 - \frac{(0,5+4,5)\cdot 0,59\cdot 10^{-6}}{0,5(1,578-1)1,1\cdot 10^{-3}} = 179,9^0.$$

3-nji mesele. Iki sany tekizparallel aýna plastinalarynyň arasynda örän inçe howa pahnasy emele getirilen. Plastinalara monohromatik $(\lambda_0 = 0,5mkm)$ ýagtylygyň parallel dessesi normal boýunça düşýär. Eger serpikdirlen ýagtylykda 1*sm* aralykda $N = 20$ sany interferensiýa zolak ýüze çykýan bolsa, plastinalaryň arasyndaky burç näçä deň bolar?

Çözülişi: Berlen ýagdaýda howa gatlagynyň ýokarky we aşaky üstlerinden serpikdirilen 1 we 2 şöhleler goşulyp, interferensiýany ýüze çykarýar (*2.3-nji surata seret*). Bu ýagdaýda deň galyňlygyň interferensiýa zolaklary alynýar. Bu zolaklar pahnanyň üstünde çyzgynyň tekizligine perpendikulýar ýerleşýär.



2.3-nji surat

Goý, *A* we *B* nokatlar iki sany ýanaşyk ýerleşen zolaklara degişli bolsun. Ýokarky plastina parallel *BC* gönini geçirip, pahnany burçunyň has kiçidigini hasaba alyp, aňlatmany alarys:

$$\alpha = \frac{AC}{AB} = \frac{(h_A - h_B)N}{\ell}. \qquad (1)$$

Bu ýerde h_A, h_B – degişlilikde howa pahnasynyň *A* we *B* nokatlaryndaky galyňlyklary. Goý, *A* we *B* nokatlaryň aralygy garaňky zolaklaryň aralygyna deň bolsun.

Interferensiýada ýagtylygyň depgininiň iň uly gowşama şertinden

$$\Delta L = \pm(2k+1)\frac{\lambda}{2} \tag{2}$$

we optiki uly dykyzlykly gurşawdan optiki kiçi dykyzlykly gurşawa serpikdirilmedäki ýarym tolkun uzynlygyna optiki ýoluň üýtgemesini hasaba alýan aňlatmadan ýagny;

$$\Delta L = 2hn\cos r + \frac{\lambda}{2} \tag{3}$$

peýdalanyp, howa gatlagynyň galyňlygy üçin $(n = 1; r = 0)$

$$h = (k+1)\frac{\lambda}{2} \tag{4}$$

aňlatmany alarys.

Onda:

$$h_A - h_B = (k_A+1)\frac{\lambda}{2} - (k_B+1)\frac{\lambda}{2} = (k_A - k_B)\frac{\lambda}{2};$$

bu ýerde k_A we k_B degişlilikde *A* we *B* nokatlardaky garaňky zolaklaryň tertip sany bolup, goýan şertimize görä $(k_A - k_B) = 1$-e deň.

Onda $$h_A - h_B = \frac{\lambda}{2}. \tag{5}$$

Bu netijäni (1) goýup, pahnanyň burçy üçin,

$$\alpha = \frac{N\lambda}{2\ell} \tag{6}$$

aňlatmany alarys.

(6) aňlatmada ululyklaryň san bahalaryny ornuna goýup hasaplasak, alarys:

$$\alpha = \frac{20\cdot 5\cdot 10^{-6}}{2\cdot 1\cdot 10^{-2}} = 5\cdot 10^{-4}\,rad = 1'40''.$$

4-nji mesele. Egrilik radiusy $R = 1m$ bolan tekiz güberçek linzanyň $(n_1 = 1,52)$ güberçek üstüniň depesi tekiz aýna plastinasyna (n_2=1,7) galtaşdyrylyp ýerleşdirilen (Nýutonyň gurnamasy). Linza bilen aýna plastinanyň arasyndaky giňişlik käbir suwuklyk guýlup doldurylan. Serpigen $(\lambda = 0,589mkm)$ ýagtylykda Nýutonyň halkalaryna gözegçilik edip, 10-njy halkanyň ρ radiusy kesgitlenilen. Aşakdaky iki ýagdaý üçin suwuklygyň döwme görkezijisini tapmaly:

1) $\rho = 2,05mm$; 2) $\rho = 1,9mm$.

Çözülişi: Bilişimiz ýaly serpikdirlen ýagtylykda gözegçilik edilýän Nýutonyň garaňky we ýagty halkalarynyň radiusy üçin;

$$\rho_k = \sqrt{kR\lambda} \tag{1}$$

$$\rho_k = \sqrt{(2k-1)R\frac{\lambda}{2}} \tag{2}$$

aňlatmalara suwuklygyň (ýa-da başga gurşawyň) döwme görkeziji anyk görnüşde girmeýär. Ony girizmek üçin;

$$\lambda = \frac{\upsilon}{n} = \frac{c}{n_s \nu} = \frac{\lambda_0}{n_s} \tag{3}$$

aňlatmadan peýdalanmaly.

Bu ýerde c – ýagtylygyň wakuumda ýaýrama tizligi; λ_0 – ýagtylygyň wakuumdaky tolkun uzynlygy; n_s – suwuklygyň döwme görkezijisi.

Şu ýerde ýene-de käbir ýagdaýlara ünsi çekmek zerur. Birinji bellemeli zat (1), (2) aňlatmalar tekizgüberçek linzanyň we aýna plastinanyň döwme görkezijileri özara deň diýip kabul edilip çykarylýar. Ikinjide gurnamadaky suwuklygyň döwme görkezijisi näbelli we şoňa görä garaňky halkalaryň radiusy üçin (1) we (2) aňlatmalaryň haýsysynyň dogrudygyny kesgitlemeli.

Goý, suwuklygyň döwme görkezijsi,

$$n_S < n_1 < n_2 \quad \text{ýa-da} \quad n_1 < n_2 < n_S \tag{4}$$

şertleriň birini kanagatlandyrýan bolsun. Bu ýagdaýda garaňky halkalaryň radiusyny (1) we (3) aňlatmalary peýdalanyp, suwuklygyň döwme görkezijisi üçin,

$$n_S = k\frac{R\lambda_0}{\rho_k^2}$$ (5) aňlatmany alarys.

Ululyklaryň san bahalaryň ornuna goýup, hasaplama geçirsek,

1) $n_{S_1} = 1,41$; 2) $n_{S_2} = 1,63$ bahalary alarys.

Indi bolup biljek ýeke-täk ýagdaýa seredeliň. Goý, suwuklygyň döwme görkezijisi,

$$n_1 < n_S < n_2 \tag{6}$$

şerti kanagatlandyrýan bolsun (bu ýagdaýda $n = n_1$; $n = n_2$ bolup bilmeýär, sebäbi serpikdirme bir üstden bolup, Nýutonyň halkalary ýüze çykmaýar).

Onda garaňky halkalar üçin (2) we (3) aňlatmalardan:

$$n_S = \frac{(2k-1)R}{\rho_k^2}\frac{\lambda_0}{2} \tag{7}$$

ululyklaryň san bahalaryny ornuna goýup hasaplama geçirsek,

1) $n_{S_1} = 1,34$; $n_{S_2} = 1,55$ bahalary alarys.

(5) we (7) aňlatmalardan alnan netijeleri deňeşdirmek (iki dürli döwme görkezijili suwuklyklar üçin) arkaly birinji ýagdaýda alnan bahalar ($n_{S_1} = 1,41$; $n_{S_1} = 1,34$) (4) şerti kanagatlandyrýan hem bolsa, (6) şerti kanagatlandyrmaýar. Şoňa görä (5) aňlatmadan meseläniň dogry jogaby, birinji suwuklyk üçin $n_{S_1} = 1,41$-e deň bolýar. Ikinji ýagdaýda ($n_{S_2} = 1,63$; $n_{S_2} = 1,55$) (6) şert kanagatlandyrylýar. Şoňa görä (7) aňlatma meseläniň dogry jogabyny berýär we ikinji suwuklygyň döwme görkezijisiniň $n_{S_2} = 1,55$ bolýandygyny gelip çykýar.

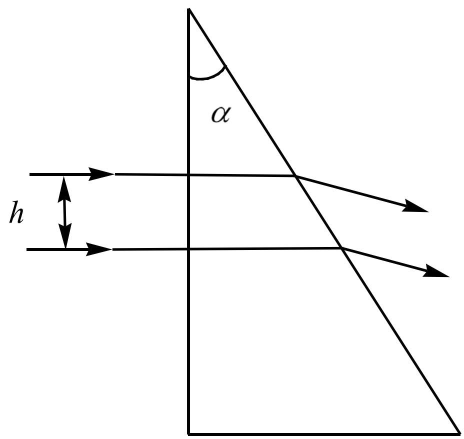
Meseleler

2.1. Suwda gyzyl ýagtylygyň tolkun uzynlygy, howada ýaşyl ýagtylygyň tolkun uzynlygyna deň. Suw gyzyl ýagtylyk bilen ýagtylandyrylýar. Suwa çümen adam suwuň düýbünde gözüni açsa nähili reňkli ýagtylygy görer?

2.2. Aýnanyň $r_1 = 5mm$ uzynlygynda ýerleşýän tolkunlaryň sany wakuumda näçe r_2 uzaklykda ýerleşer?

2.3. Monohromatik ýagtylygyň almazda $r_1 = 100m$ aralygy geçýän wagtynda, ol suwda näçe r_2 aralygy geçer?

2.4. Monohromatik ýagtylygyň iki sany şöhlesi döwüji burçy $\alpha = 40^0$ bolan aýna prizmasynyň üstüne dik düşýärler (*2.4-nji surat*) we döwlüp prizmadan çykýarlar. Prizmada döwlenden soň, ol şöhleleriň optiki ýollarynyň tapawudyny kesgitlemeli. Prizma düşýän şöhleleriň aralygy $h = 3sm$.



2.4-nji surat

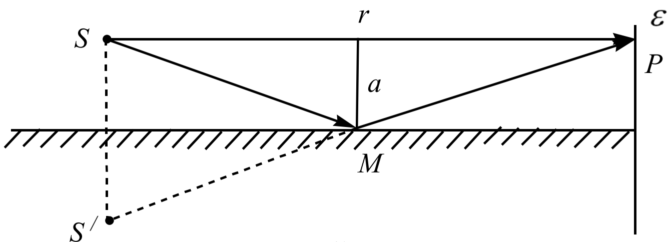
2.5. Iki sany kogerent nokatlanç ýagtylyk çeşmesi spirtde (n=1,36) biri-birinden 1 *sm* uzaklykda ýerleşen. Ýagtylyk çeşmelerini birikdirýän gönä perpendikulýar ugurda bir çeşmeden 1 *sm* uzaklykda ýerleşen nokat üçin optiki ýollaryň tapawudyny kesgitlemeli.

2.6. Howada biri-birinden 20 *mm* uzaklykda ýerleşen iki kogerent çeşme birdeň başlangyç fazaly, $5 \cdot 10^{14} c^{-1}$ ýygylykly ýagtylyk tolkunlaryny goýberýärler. Iki çeşmäni birikdirýän gönä perpendikulýar ugurda, bir çeşmeden 50 *sm* uzaklykdaky nokada gelýän ýagtylyk yrgyldylarynyň faza tapawudy näçe bolar?

2.7. Ýunguň tejribesinde, interferensiýany ýüze çykarýan şöhleleriň biriniň ýolunda şöhlä perpendikulýar edip, galyňlygy 2 *sm* bolan aýna plastina ýerleşdirilýär. Plastinanyň dürli ýerlerinden geçen şöhleleriň optiki ýollarynyň tapawudy 1 *mkm*-den geçmeýän bolsa, ol ýerleriň döwme görkezijisiniň tapawudy näçä deň?

2.8. S ýagtylyk çeşmesi $(\lambda = 0,6mkm)$ we M tekiz aýna çyzgyda görkezilişi ýaly ýerleşen (*2.5-nji surat*). Eger $SP = r = 2m$, $a = 0,55mm$, $SM = MP$ bolsa SM we SMP şöhleleriň goşulýan ekranyň P nokadynda ýagty bolarmy ýa-da garaňky?

2.9. Lloýduň aýnasynyň käbir ýagdaýynda ekrandaky interferensiýa zolagynyň ini $\Delta x = 1mm$ boldy. Aýna özüne parallel $\Delta d = 0,3mm$ ululyga süýşürlenden soň interferensiýa zolagynyň ini üýtgedi. Interferensiýa zolagynyň ininiň üýtgemän galmagy üçin ekrany haýsy ugur boýunça we nähili $\Delta\ell$ ululyga süýşürimeli?



2.5-nji surat

2.10. Interferensiýanyň görnüp başlaýan sabyn ýorkasynyň $(n = 1,33)$ iň kiçi galyňlygyny kesgitlemeli. Ýorkanyň üstüne tolkun uzynlygy 0,6 *mkm* bolan ýagtylyk düşýär. Interferensiýa serpigen ýagtylykda syn edilýär.

2.11. Suwuň üstünde metil spirtiniň ýuka gatlagy ýaýran. Gatlagyň üstünden 45^0 burç bilen serpigen ýagtylykda seredilende, ol gara bolup göründi. Eger-de $\lambda = 589nm$ ýagtylyk bilen ýagtylandyrylýan bolsa onuň iň kiçi galyňlygyny hasaplamaly. Suwuň döwme görkezijisi 1,333, metil spirtiniň döwme görkezijisi 1,330.

2.12. Sabyn ýorkasy wodorod turbajygynyň şöhlesi bilen ýagtylandyrylýar. Wodorod şöhlesiniň spektr düzümi: $\lambda_1 = 388,9nm$; $\lambda_2 = 397nm$; $\lambda_3 = 410,2nm$; $\lambda_4 = 434nm$; $\lambda_5 = 486,1nm$ we

$\lambda_6 = 656,3nm$. Interferensiýa serpigen ýagtylykda syn edilýär. Ýorkanyň *0,615 mkm* galyňlygynda, interferensiýa zerarly, görkezilen ýagtylyklaryň haýsylary iň uly güýçlener we haýsylary iň uly gowşadylar? Ýagtylyk ýorkanyň üstüne dik düşýär we döwme görkezijisi 1,33.

2.13. Tekiz aýna plastinanyň üstünde galyňlygy 0,396 *mkm-e* deň bolan dury ýorka emele getirilen. Eger ýorkanyň üstüne ak ýagtylyk 30^0 burç bilen düşürilse, ol nähili reňke eýe bolar? Aýnanyň döwülme görkezijisi 1,5, ýorkanyň döwme görkezijisi 1,4-e deň.)

2.14. Aýna plastinanyň $(n_1 = 1,5)$ üstüne ýuka ýorka $(n_2 = 1,4)$ örtülen. Ýorkanyň üstüne monohromatik ýagtylyk $(\lambda = 600nm)$ dik düşürilýär. Eger serpigende interferensiýa sebäpli şöhleler has söndürilýän bolsa, ýorkanyň iň kiçi galyňlygyny kesgitlemeli (Jogaby: 140 nm).

2.15. Diwarynyň galyňlygy 0,1 *mkm*-e deň bolan sabyn köpürjiginiň üstüne ak ýagtylyk parallel desse bolup düşýär. Köpürjigiň üstüne ýagtylygyň 1) 0^o; 2) 30^0; 3) 45^0; 4) 60^0 burçlar bilen düşýän ýerleriniň reňki nähili bolar? $\lambda < 440nm$ ýagtylyklar üçin sabynly suwuň döwme görkezijisi 1,34 deň, $\lambda > 440nm$ ýagtylyklar üçin bolsa, ol 1,33 deň. Köpürjigiň diwarynyň galyňlygy hemme ýerde birdeň diýip hasap etmeli.

2.16. Tekiz-parallel aýna plastinalaryň arasynda plastinalaryň galtaşma çyzygyna parallel edip inçe sim goýlan. Netijede serpigen ýagtylykda, zolagyň ini $\Delta x = 1,5mm$ bolan interferensiýa görünýär. Simiň diametri $0,01mm$ we ol plastinalaryň galtaşma çyzygyndan 7,5 *sm* uzaklykda ýerleşen. Düşýän ýagtylygyň tolkun uzynlygyny hasaplamaly.

2.17. Pahna görnüşli aýna plastinanyň üstüne natriý ýalnynyň $\lambda_1 = 589nm$ parallel şöhleleri dik düşýär. Şeýlelikde $13mm$ aralykda 46 gara zolak ýerleşýär. Soňra plastina $\lambda_2 = 499nm$ tolkun uzynlykly ýagtylyk bilen ýagtylandyrylýar. Bu ýagdaýda şol aralykda ýerleşýän gara zolaklaryň sanyny kesgitlemeli.

2.18. Iň uly galyňlygy 0,01*mm* deň bolan howa pahnasy gorizontal üst bilen tekizparallel aýna plastinanyň arasynda emele getirilen. Plastinanyň üstüne $\lambda = 589nm$ tolkun uzynlykly ýagtylyk dik düşürilende, synagçy serpigen ýagtylykda interferensiýa zolagyny görýär. Üst bilen plastinanyň arasy suwuklyk bilen doldurylanyndan soňra, interferensiýa zolaklarynyň sany 12-ä artdy. Suwuklygyň döwme görkezijisini hasaplamaly. Pahnanyň burçunyň kiçidigi sebäpli, ýagtylyk üste dik düşýär diýip, hasap etmeli (Jogaby: 1,35).

2.19. Üstüne 0,52 *mkm* tolkun uzynlykly monohromatik ýagtylyk dik düşende 1*sm*-de 8 interferensiýa zolagy emele gelýän aýna pahnasynyň döwüji burçuny kesgitlemeli. Berlen tolkun uzynlykly ýagtylyk üçin aýnanyň döwülme görkezijisi 1,49.

2.20. Eger-de ikinji we üçünji ýagty halkalaryň aralygy 0,5 *mm*-e deň bolsa, Nýutonyň halkalaryna syn etmek üçin alnan linzanyň egrilik radiusyny kesgitlemeli. Linzanyň üstüne $\lambda = 500nm$ bolan monohromatik ýagtylyk düşürilýär. Interferensiýa serpigen ýagtylykda syn edilýär.

2.21. Serpigen ýagtylykda $\lambda = 0,6mkm$ syn edilende, Nýutonyň onunjy garaňky halkasynyň radiusy 2,1 *mm*-e deň bolsa, linza bilen aýna plastinanyň arasynda ýerleşen suwuklygyň döwme görkezijisini kesgitlemeli. Linzanyň egrilik radiusy 1 *m*.

2.22. Eger tekiz güberçek linza bilen tekiz-parallel aýna plastinanyň aralygy döwme görkezijisi 1,6 bolan kükürtli uglerod bilen doldurylsa, Nýutonyň halkalarynyň radiusy nähili üýtgär?

2.23. Kronglasdan ýasalan linza (döwme görkezijisi 1,51) flintglasdan ýasalan tekizparallel plastinanyň (döwme görkezijisi 1,8) üstünde ýerleşdirilen. Olaryň arasyndaky giňişlik benzol (döwme görkezijisi 1,6) bilen doldurylan. Serpigen ýagtylykda $(\lambda = 590nm)$ syn edilende, Nýutonyň altynjy ýagty halkasynyň radiusy 5 *mm* boldy. Linzanyň egrilik radiusyny kesgitlemeli.

2.24. Tekiz plastina we linza Nýutonyň halkalaryna syn etmek üçin ulanylýar. Plastina we linzanyň arasynyň, bäşinji gara halkasynyň alynýan ýerindäki howa gatlagynyň galyňlygyny hasaplamaly.

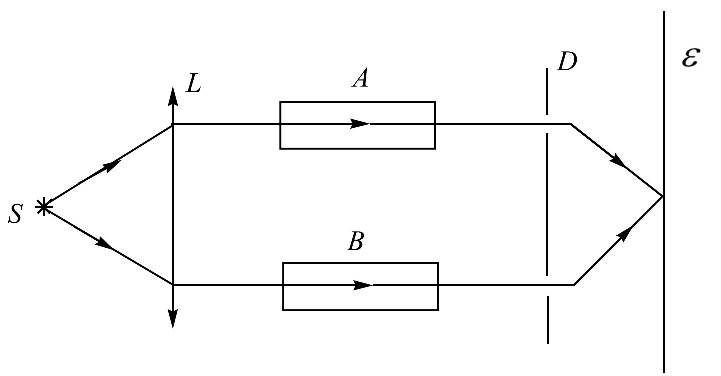
Halkalara serpikdirilen ýagtylykda syn edilýär. Ýagtylygyň tolkun uzynlygy $6560\overset{0}{A}$.

2.25. Kronglasdan taýýarlanan (n=1,51), iki sany birdeň tekizgüberçek linza, sferik üstleri bilen galtaşýarlar. Eger serpigen ýagtylykda $(\lambda = 0,6mkm)$ Nýutonyň bäşinji ýagty halkasynyň diametri 1,5 *mm* deň bolsa, berlen optiki ulgamyň optiki güýjüni hasaplamaly.

2.26. Maýkelsonyň interferometri ýagtylygyň tolkun uzynlygyny ölçemek üçin ulanyldy. Şu maksat bilen interferometriň aýnalarynyň birini $2,94 \cdot 10^{-2} mm$ öňe süýşürilende, interferensiýanyň 100 zolaga süýşýänligini gördüler. Tejribede ulanylan ýagtylygyň tolkun uzynlygy näçä deň?

2.27. Tolkun uzynlygy $\lambda = 480nm$ bolan iki sany monohromatik ýagtylyk çeşmesiniň kömegi bilen ekranda interferensiýa syn edilýär. Bir ýagtylyk dessesiniň ýolunda döwme görkezijisi n=1,46 bolan kwars plastinasy ýerleşdirilende, interferensiýa m=69 zolaga süýşdi. Kwars plastinasynyň d galyňlygyny kesgitlemeli.

2.6-njy suratda şekillendirilen interferometr, dury maddalaryň döwme görkezijisini kesgitlemek üçin ulanylýar.



2.6-njy surat

Bu ýerde S – ýagtylandyrylýan yş ($\lambda = 598nm$), D – iki sany yşy bolan diafragma; howa bilen doldurylan A we B turbalaryň uzynlygy $\ell = 10sm$. Eger A turbadaky howa ammiak bilen çalşyrylsa, ε ekrandaky interferensiýa N=10 zolaga ýokary süýşýär. Ammiagyň döwme görkezijisini hasaplamaly.

2.29. Maýkelsonyň interferometrinde, ýagtylyk desseleriniň ($\lambda = 590nm$) biriniň ýolunda uzynlygy $\ell = 10sm$-e deň bolan, içinde ýokary wakuum döredilen, iki ujy ýapylan, aýna turbajygy ýerleşdirildi. Turbajygyň içi hlorly wodorod bilen doldurylanda, interferensiýa zolaklarynyň süýşmesi ýüze çykdy. Hlorly wodorod, bromly wodorod bilen çalşyrylanda, interferensiýa zolaklarynyň süýşmesi n=42 zolaga artdy. Hlorly wodorodyň we bromly wodorodyň döwme görkezijisiniň n tapawudyny hasaplamaly.

2.30. Aýna obýektiwiň (n_1=1,5) üstüne döwme görkezijisi n_2=1,2 bolan ýuka ýorka (ýagtyldyjy ýorka) örtülen. Ýorkanyň üstünden serpigende, ak ýagtylygyň spektriniň orta böleginiň iň köp söndürilmegi üçin, ýorkanyň galyňlygynyň iň kiçi ululygy näçe bolmaly?

2.31. Aýnanyň üstüni ýaşyl ýagtylyk ($\lambda = 550nm$) üçin ýagtylandyrmak talap edilýär. Eger aýnanyň döwme görkezijisi ýaşyl ýagtylyk üçin 1,52-ä deň bolsa, ýagtylandyryjy ýorkanyň iň kiçi galyňlygyny hasaplamaly.

2.32. Howada ýerleşen aýnanyň $(n = 1,67)$ üstüni ýagtylandyryjy ýorkanyň döwme görkezijisini hasaplamaly.

2.33. Galyňlygy $d = 0,4mkm$ aýna plastinasynyň üstüne ak ýagtylygyň dessesi dik düşýär. Aýnanyň döwme görkezijisi $n = 1,5$. Görünýän ýagtylygyň çäginde ($4 \cdot 10^{-4} mm$-den $7 \cdot 10^{-4} mm$-e çenli) haýsy tolkun uzynlyklar aýna plastinasyndan serpigende güýçlener?

ÜÇÜNJI BAP
ÝAGTYLYGYŇ DIFRAKSIÝASY

Esasy kanunlar we aňlatmalar.

● Sferik tolkun üçin Freneliň *k*-njy zolagynyň radiusy:

$$\rho_k = \sqrt{\frac{ab}{a+b}k\lambda},$$

bu ýerde *a* tegelek deşigi bolan germawdan (diafragmadan) nokatlanç ýagtylyk çeşmesine çenli uzaklyk; *b* – germawdan (diafragmadan) difraksiýa şekiliň alynýan ekranyna çenli uzaklyk; *k* – Freneliň zolagynyň tertip sany; λ – ýagtylygyň tolkun uzynlygy, tekiz tolkun üçin:

$$\rho_k = \sqrt{bk\lambda}$$

● Bir yşa ýagtylyk dik düşürilende, ýüze çykýan difraksiýada ýagtylygyň depgininiň (intensiwliginiň) iň uly gowşama şerti:

$$a\sin\varphi = \pm 2k\frac{\lambda}{2} = \pm k\lambda,\ k = 1,2,3,...$$

bu ýerde*a* – yşyň giňligi; φ – difraksiýa burçy; *k*-iň uly gowşamanyň tertip sany; λ – tolkun uzynlyk.

Ýagtylygyň depgininiň iň uly güýçlenme şerti:

$$a\sin\varphi' = (2k+1)\frac{\lambda}{2},\ k = 1,2,3,...$$

bu ýerde $\varphi \approx \varphi$ difraksiýa burçy.

● Difraksiýa gözenegine ýagtylyk dik düşende, ýüze çykýan difraksiýada ýagtylygyň depgininiň baş iň uly güýçlenme şerti

$d\sin\varphi = \pm k\lambda$, $k = 1, 2, 3, \ldots$ bu ýerde d – difraksiýa gözeneginiň periody (hemişeligi); φ –difraksiýa gözeneginiň üstüne inderilen perpendikulýar bilen difraksiýa sezewar bolan tolkunlaryň ýaýraýan ugrunyň arasyndaky burç.

Difraksiýa gözeneginiň saýgaryjylyk (çözüjilik) ukyby:

$$R = \frac{\lambda}{\Delta\lambda} = kN,$$

bu ýerde $\Delta\lambda$ – iki goňşy, ýanaşyk spektr çyzygyň (λ we $\lambda + \Delta\lambda$) aýratyn bolup görünýän tolkun uzynlyklarynyň iň kiçi tapawudy; N – gözenegiň yşlarynyň sany; k – difraksiýada ýagtylygyň depgininiň iň uly güýçlenmeleriniň tertip sany.

Difraksiýa gözeneginiň burç dispersiýasy:

$$D_\varphi = \frac{\delta\varphi}{\delta\lambda} = \frac{k}{d\cos\varphi}$$

difraksiýa gözeneginiň çyzyk dispersiýasy:

$$D_\ell = \frac{\delta\ell}{\delta\lambda}$$

Difraksiýa burçunyň kiçi bahalary üçin:

$$D_\ell \approx fD_\varphi \approx f\frac{k}{d}$$

bu ýerde f – difraksiýany ekranda şekillendirmek üçin peýdalanylýan linzanyň baş fokus aralygy.

● Teleskopyň obýektiwiniň saýgaryjylyk (çözüjilik) ukyby:

$$R = \frac{1}{\beta} = \frac{D}{1,22\lambda},$$

bu ýerde β – obýektiwiň fokal tekizliginde alynýan şekiliň aýratyn görünýän iki sany ýagty nokadyň arasyndaky iň kiçi burç; D – obýektiwiň diametri.

● Rentgen şöhleleriniň difraksiýasy üçin Wulfyň-Breggiň aňlatmasy:

$$2d\sin\theta = k\lambda$$

bu ýerde d – kristalyň atomlarynyň ýerleşýän tekizlikleriniň aralygy; θ – typma burçy, (kristalyň üsti bilen rentgen şöhleleriniň kristalyň granyna düşýän ugrunyň arasyndaky burç) kristaldan doly serpikme ugry kesgitleýän burç.

Mesele çözmegiň mysallary

1-nji mesele. Nokatlanç ýagtylyk çeşmesinden $R = 1m$ aralykda diametri erkin üýtgedilip bilinýän tegelek deşikli diafragma ýerleşdirilen. Diafragma monohromatik ýagtylyk düşürilende diafragmadan $\ell_0 = 1,25m$ aralykda ýerleşdirilen ekranda difraksiýa şekili emele gelýär. Eger deşigiň radiusy $\rho_1 = 1mm$ bolsa, onda difraksiýa şekiliň merkezi ýagty menek bolýar. Diafragmanyň deşiginiň radiusy ýuwaş-ýuwaşdan üýtgedilende, indiki ýagty halka deşigiň radiusy $\rho_2 = 1,29\ mm$-e deň bolan ýagdaýynda ýüze çykýar. Diafragma düşýän ýagtylygyň tolkun uzynlygyny kesgitlemeli.

Çözülişi: Deşikde ýerleşýän Freneliň m-nji zolagynyň radiusyny deşigiň radiusyna deň diýip hasap edip,

$$\rho_m = \sqrt{m\frac{\ell_0 R}{\ell_0 + R}\lambda} \qquad (1)$$

aňlatma arkaly kesgitlemek mümkin. Difraksiýa şekiliniň merkeziniň ýagty menek bolmagy üçin m täk bitin san bahalara eýe bolmaly.

Eger deşigiň radiusynyň birinji ululygy üçin m täk baha deň bolsa onda:

$$(\rho_m)_1 = \sqrt{m\frac{\ell_0 R}{\ell_0 + R}\lambda} \qquad (2)$$

görnüşde ýazyp bileris. Indiki ýagty halka $(m+2)$ deň bolan Freneliň zolaklarynyň sanynda alnar. Onda deşigiň radiusynyň ikinji ululygy üçin,

$$\left(\rho_{(m+2)}\right)_2 = \sqrt{(m+2)\frac{\ell_0 R}{\ell_0 + R}\lambda} \tag{3}$$

görnüşde ýazyp bileris.

(2) we (3) aňlatmalary kwadrata göterip, (3)-den (2)-i aýryp alarys:

$$\left(\rho_{(m+2)}\right)_2^2 - \left(\rho_m\right)_1^2 = 2\frac{\ell_0 R}{\ell_0 + R}\lambda \tag{4}$$

Bu ýerden:

$$\lambda = \left[\left(\rho_{(m+2)}\right)_2^2 - \left(\rho_m\right)_1^2\right]\frac{\ell_0 + R}{2\ell_0 R} \tag{5}$$

Ululyklaryň san bahalaryny ornuna goýup hasaplasak,

$$\lambda = \left[\left(1,29\cdot10^{-3}\right)^2 - \left(10^{-3}\right)^2\right]\frac{1,25+1}{2\cdot1,25} = \frac{0,664\cdot10^{-6}\cdot2,25}{2,5} =$$

$$= \frac{1,494\cdot10^{-6}}{2,5} \approx 0,6\cdot10^{-6}m = 0,6mkm$$

bolar.

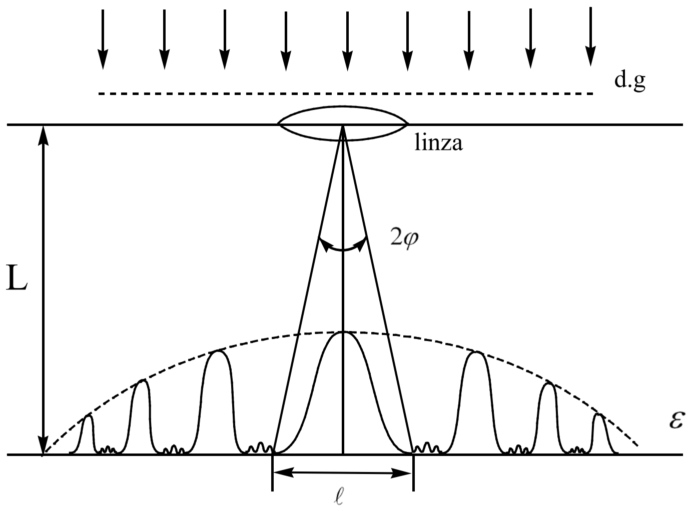
2-nji mesele. Difraksiýa gözenegine tolkun uzynlygy $\lambda = 0,5mkm$ bolan monohromatik ýagtylygyň parallel dessesi dik düşürilýär. Gözenege ýakyn aralykda ýygnaýjy linza ýerleşdirilip, linzadan $L = 1m$ aralykda ýerleşdirilen tekiz ekranda difraksiýa şekil alnan. Ekranda ýüze çykýan ýagtylygyň depgininiň (intensiwliliginiň) birinji tertipli iň uly güýçlenmeleriniň aralygy $\ell = 21,0sm$. Şu berlen ululyklaryň kömeginde: 1) difraksiýa gözenegininiň *d* hemişeligini; 2) gözenegiň *1sm*-indäki yşlaryň sanyny; 3) gözenegiň berip biljek iň uly depgin güýçlenmeleriniň aňrybaş sanyny; 4) iň gyraky, iň uly depgin güýçlenmä degişli şöhleleriň iň uly gyşarma burçuny kesgitlemeli.

Çözülişi: Belli bolşy ýaly, difraksiýa gözeneginden geçen ýagtylygyň depgininiň iň uly güýçlenme şerti:

$$d \sin\varphi = k\lambda \qquad (1)$$

görnüşde aňladylýar. Bu ýerde k – spektriň tertip sany (meseläniň şertinde $k = 1$).

Eger $\frac{\ell}{2} << L$ bolsa, onda $\sin\varphi \approx \mathrm{tg}\,\varphi$ diýip kabul edilse, ýalňyşlyk uly bolmaýar.



3.1-nji surat

3.1-nji suratdan görnüşi ýaly:

$$\mathrm{tg}\,\varphi = \frac{\left(\frac{\ell}{2}\right)}{L} \qquad (2)$$

onda (1) aňlatmany

$$d\,\frac{\ell}{2L} = \lambda \qquad (3)$$

görnüşde ýazyp bileris.

Bu ýerden gözenegiň hemişeligi üçin:

$$d = 2\frac{L}{\ell}\lambda \tag{4}$$

aňlatmany alarys.

Ululyklaryň san bahalaryny ornuna goýup hasaplasak,

$$d = 2\frac{1}{0,21}0,5\cdot10^{-6} = 4,71\cdot10^{-6}m = 4,71mkm$$

Gözenegiň $1sm$ uzynlygyndaky yşlarynyň sany gözenegiň hemişeliginiň ters ululygy ýaly kesgitlenilýär.

$$n = \frac{1}{d} = \frac{\ell}{2L\lambda} \tag{5}$$

Ululyklaryň san bahalaryny ornuna goýup hasaplasak,

$$n = \frac{0,21}{2\cdot0,5\cdot10^{-6}} = 21\cdot10^{4}m^{-1} = 21\cdot10^{2}sm^{-1}.$$

Difraksiýa gözeneginiň berip biljek iň uly depgin (intensiwligiň) güýçlenmeleriniň aňrybaş sany, ýagny spektrleriniň iň uly tertip sany (1) aňlatmada $\varphi = 90^0$ ýagdaýyndan kesgitlenilýär $\left(\sin 90^0 = 1\right)$.

Onda $$k_{i\check{n}\ uly} = \frac{d}{\lambda} \tag{6}$$

Ululyklaryň san bahalaryny ornuna goýup hasaplasak,

$$k_{i\check{n}\ uly} = \frac{4,71\cdot10^{-6}}{0,5\cdot10^{-6}} = 9,45$$

k – san hökman bitin bolmaly. Mundan başga-da k san 10-a deň bolup bilmeýär, sebäbi $\sin\varphi$-iň bahasy 1-den uly bolmaýar. Diýmek, biziň şertimizde $k_{i\check{n}\ uly}=9$.

Difraksiýa gözeneginiň kömegi bilen ýüze çykarylýan merkezi iň uly depgin güýçlenmeden sagda we çepde alynýan iň uly depgin güýçleriň sany özara deňdir.

Onda difraksiýa gözeneginiň berip biljek iň uly depgin güýçlenmeleriniň umumy sany:

$$N=1+2k_{i\check{n}\ uly} \tag{7}$$

ýagny, $N = 1 + 2 \cdot 9 = 19$ bolar.

Iň gyraky iň uly depgin güýçlenmä degişli ýagtylygyň iň uly gyşarma burçuny kesgitlemek üçin (1) aňlatmany aşakdaky ýaly ýazalyň.

$$\sin \varphi_{iň\ uly} = k_{iň\ uly} \frac{\lambda}{d} \qquad (8)$$

Bu ýerden

$$\varphi_{iň\ uly} = \arcsin\left(k_{iň\ uly} \frac{\lambda}{d} \right)$$

Ululyklaryň san bahalaryny ornuna goýup hasaplasak,

$$\varphi_{iň\ uly} = \arcsin\left(k_{iň\ uly} \frac{\lambda}{d} \right) = \arcsin\left(9 \frac{0,5 \cdot 10^{-6}}{4,71 \cdot 10^{-6}} \right) = \arcsin(0,9553)$$

$$\varphi_{iň\ uly} = 72^0 48'$$

3-nji mesele. Periody $d = 2,9\ mkm$ bolan difraksiýa gözeneginiň natriýniň sary spektr çyzyklarynyň dubletiniň düzüjilerini saýgaryp bilmegi üçin, onuň yşlarynyň iň kiçi bolup biljek sanyny kesgitlemeli ($\lambda_1 = 589nm$ we $\lambda_2 = 589,6nm$).

Çözülişi: Difraksiýa gözeneginiň saýgaryjylyk ukyby,

$$R = \frac{\lambda}{\Delta\lambda} = kN \cdot \qquad \textbf{(1)}$$

bu ýerde N -difraksiýa gözeneginiň yşlarynyň sany, k -spektriň tertibi.

(1) aňlatmadan,

$$N = \frac{R}{k};$$

N-iň iň kiçi bahasy, *R*-iň iň kiçi bahasyna we *K*-yň iň uly bahasyna gabat gelýär.

ýagny

$$N_{iň\ içi} = \frac{R_{iň\ kiçi}}{k_{iň\ uly}} \qquad (2)$$

$$R_{iň\ kiçi} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1}. \qquad (3)$$

aňlatma arkaly kesgitlenilýär.

k-yň iň uly bahasy difraksiýa gözeneginiň aňlatmasynda $\sin\varphi = 1$ we $\lambda = \lambda_2$ şertden kesgitlenilýär.

Bu şert ($\lambda = \lambda_2$) dubletiň iki düzüjisiniň hem $k=k_{iň\ uly}$ tertip sanynda aýratyn görünýändigini kepillendirýär. Bu ýagdaýda k-yň bitin san bolmalydygyny hasaba alyp $E(x)$ funksiýa girizeliň (x^* – funksiýanyň bitin bölegini aňladýar. Mysal üçin $E(1)=1$; $E(\pi)=3$; $E(5,9)=5$ we ş.m.)

Onda $k=k_{iň\ uly} = E\left(\frac{d}{\lambda_2}\right) = E\left(\frac{2,9\cdot 10^{-6}}{589,6\cdot 10^{-9}}\right) = E(4,9) = 4$.

(2) aňlatmada $R_{iň\ kiçi}$ we $k=k_{iň\ uly}$ bahalary ornuna goýup, alarys:

$$N_{iň\ içi} = \frac{\lambda_1}{k_{iň\ uly}(\lambda_2 - \lambda_1)} \qquad (4)$$

Ululyklaryň san bahalaryny ornuna goýup hasaplasak,

$$N_{iň\ kiçi} = \frac{589\cdot 10^{-9}}{4(589,6-589)\cdot 10^{-9}} = 2,5\cdot 10^2\cdot$$

4-nji mesele. Obýektiwiniň diametri $D = 60\ sm$ bolan teleskop arkaly Mars planetasyna gözegçilik edilende onuň üstünde aýratyn görünýän iki nokadyň arasyndaky iň kiçi uzaklygy kesgitlemeli. Gözegçilik edýän tolkun uzynlygy $\lambda = 550nm$ ýagtylykda amala aşyrylan we Ýerden Marsa çenli aralyk $r = 56 \cdot 10^6$ diýip hasap etmeli.

Çözülişi: Teleskopyň obýektiwiniň saýgaryjylyk ukyby,

$$R = \frac{1}{\beta} = \frac{D}{1,22\lambda} \tag{1}$$

aňlatma arkaly kesgitlenilýär. Bu ýerde β aýratyn görünýän iki nokadyň arasyndaky iň kiçi burç;

$$\beta = \frac{d}{r} \tag{2}$$

bu ýerde d - aýratyn görünýän iki nokadyň iň kiçi aralygy.

Onda (2)-ni (1)-de goýup alarys:

$$d = \frac{1,22\lambda}{D} r \tag{3}$$

Ululyklaryň san bahalaryny ornuna goýup, hasaplama geçirsek,

$$d = \frac{1,22 \cdot 5,5 \cdot 10^7 \cdot 56 \cdot 10^9}{0,6} = 6,3 \cdot 10^4 m.$$

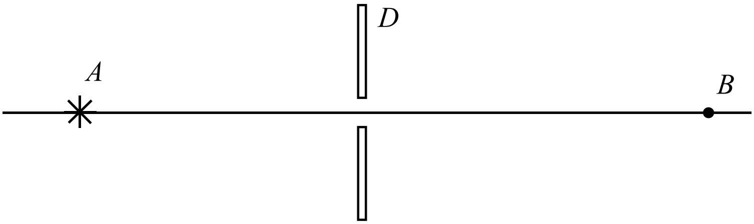
Meseleler

3.1. Monohromatik ýagtylyk ($\lambda = 0,6mkm$) tegelek deşikli diýafragma dik düşýär. Deşigiň diametri 6 mm. Diafragmadan 3 m uzaklykda ekran ýerleşdirilen. 1. Diafragmanyň deşiginde Freneliň näçe zolagy ýerleşer? 2. Ekranda difraksiýa şekiliniň merkezi garaňky bolarmy ýa-da ýagty.

3.2. Nokatlanç monohromatik ýagtylyk çeşmeden 4*m* uzaklykda difraksiýa syn edilýär $(\lambda = 500nm)$. Çeşme bilen ekranyň aralygynyň ortasynda tegelek deşigi bolan diafragma ýerleşdirilen. Deşigiň diametriniň haýsy ululygynda ekranda emele gelýän difraksiýa şekiliniň merkezi has garaňky bolar?

3.3 Tekiz tolkun fronty üçin Freneliň 4-nji zolagynyň radiusy 3 *mm*. Freneliň 12-nji zolagynyň radiusyny hasaplamaly.

3.4. *A* nokatlanç ýagtylyk çeşmesi bilen difraksiýa syn edilýän *B* nokadyň arasy 2*m* (*3.2-nji surat*). *B* nokatdan seredilende diametri 1,8 *mm* bolan *D* diafragmada Freneliň 3 sany zolagynyň ýerleşmegi üçin, ol diafragmany *AB* şöhläniň haýsy nokadynda ýerleşdirmeli? Ýagtylygyň tolkun uzynlygy $\lambda = 600 nm$.



3.2-nji surat

3.5. Radiusy 1,4 *mm* tegelek deşikli diafragmanyň üstüne tekiz ýagtylyk fronty ($\lambda = 700 nm$) dik düşýär. Diafragmadan has uzakda ýerleşen, difraksiýa sebäpli ýagtylyk depgininiň iň uly gowşamalarynyň emele gelýän nokatlaryna çenli bolan b_1, b_2, b_3 aralyklary hasaplamaly.

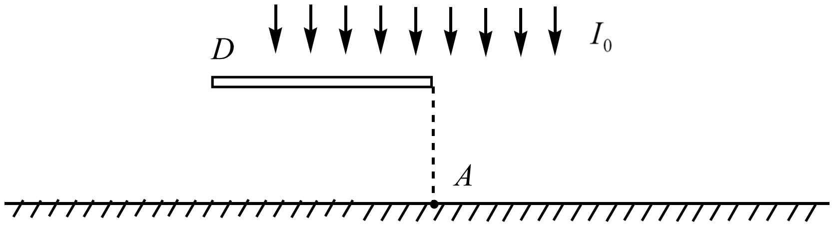
3.6. *A* nokatda monohromatik ýagtylygyň ($\lambda = 500 nm$) nokatlanç çeşmesi ýerleşen (3.2-nji surat). Deşigiň radiusy 1 *mm* bolan *D* diafragmany *A*-dan 50 *sm* aralykdaky nokatdan *A*-dan *150 sm* aralykdaky nokada süýşürildi. Eger *AB*=2*m-e* deň bolsa, B nokatda näçe gezek garaňky görner?

3.7. Depgini I_0 bolan monohromatik ýagtylyk tolkunynyň tekiz frontunyň ýolunda tegelek deşikli diafragma we ekran ýerleşdirilen.

a. Eger deşigiň ululygy Freneliň 1-nji zolagyna; 1-nji zolagyň ýarysyna deň edilse, ekrandaky difraksiýa şekiliň depgini näçä deň bolar?

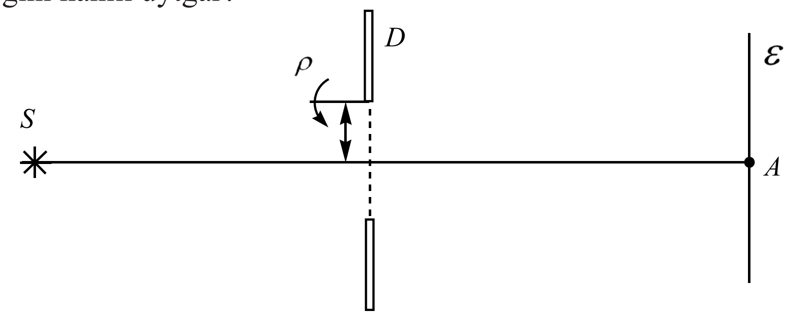
b. Eger tegelek deşikli diafragma Freneliň 1-nji zolagyny ýapar ýaly tegelek dury däl disk bilen çalşyrylsa, ekrandaky difraksiýa şekiliniň ortasynyň depgini näçä deň bolýar?

3.8. Depgini I_0 bolan ýagtylygyň parallel dessesi *D* plastinanyň üstüne dik düşýär. (3.3-nji surat). Difraksiýa zerarly plastinanyň gyrasynyň garşysynda ýerleşen A nokatda, ýagtylygyň depgini näçä deň bolar?



3.3-nji surat

3.9. 3.4-nji suratda S nokatlanç ýagtylyk çeşmesinden D diafragmanyň üsti bilen ε ekrana ýagtylyk düşürilýär. D diafragma Freneliň zolagynyň üçüsi açylanda, P nokatda ýagtylygyň depgini I bolupdyr. Eger diafragma doly açylsa, A nokatdaky ýagtylygyň depgini nähili üýtgär?



3.4-nji surat

3.10. 3.4-nji suratda görkezilen diafragmanyň ýerleşen ýerinde, diametri diafragmanyň diametrine deň bolan tegelek dury däl disk ýerleşdirilse we diafragma aýrylsa, A nokatdaky ýagtylygyň intensiwlgi diafragma bar ýagdaýdakysyndan üýtgärmi?

3.11. Ýagtylygyň monohromatik çeşmesinden λ tolkun uzynlykly ýagtylyk yşyň üstüne dik düşýär. Yşyň giňligi 6λ . Difraksiýa sebäpli, üçünji tertipli iň uly depgin gowşama nähili burç astynda emele geler?

3.12. Tolkun uzynlygy $\lambda = 546nm$ bolan monohromatik ýagtylygyň parallel dessesi yşyň tekizligine dik düşýär. Eger birinji ýagty zolagyň difraksiýa burçy 2^{0}-e deň bolsa, yşyň giňligini hasaplamaly.

3.13. Tolkun uzynlygy $\lambda = 0,4mkm$ bolan monohromatik ýagtylygyň parallel dessesi, giňligi *20mkm* bolan yşyň tekizligine dik düşýär. Yşyň yzynda ýerleşdirilen fokus aralygy *50sm-e* deň bolan linzanyň kömegi bilen ekranda difraksiýa zolaklaryna syn edilýär. Birinji we ikinji ýagty zolaklaryň aralygyny kesgitlemeli.

3.14. Giňligi $2 \cdot 10^{-3}\ sm$ bolan yşyň tekizligine monohromatik ýagtylygyň $(\lambda = 5 \cdot 10^{-5}\ sm)$ parallel dessesi dik düşýär. Yşdan $1m$ uzaklykda ýerleşen ekranda yşyň şekiliniň giňligini kesgitlemeli. Şekiliň giňligi hökmünde, merkezi iň uly güýçlenmäniň iki çetinde ýerleşen birinji iň uly gowşamalaryň arasyndaky uzaklyga düşünilýär.

3.15. Monohromatik ýagtylygyň parallel dessesi ($\lambda = 49nm$) dar yşyň tekizligine dik düşýär. Yşyň ekranda emele getirýän difraksiýa şekiline fokus aralygy $40sm$ bolan linzanyň kömegi bilen syn edilýär. Ekrandaky birinji we ikinji ýagty zolaklaryň ortasynyň aralygy $7mm$ bolsa, yşyň giňligini kesgitlemeli.

3.16. Giňligi $0,1mm$ yşyň tekizligine monohromatik ýagtylygyň ($\lambda = 500nm$) parallel dessesi dik düşýär. Yşdan geçen ýagtylyk linza düşýär, linzanyň fokal tekizliginde ekran ýerleşen. Eger difraksiýa burçy 1) $17'$; 2) $43'$ bolsa, ekranda depgin güýçlenermi ýa-da depgin gowşarmy?

3.17. Ýagtylyk difraksiýa gözeneginiň üstüne dik düşýär. $\phi = 41^{0}$ burçuň ugrunda tolkun uzynlygy $\lambda_1 = 6563\overset{0}{A}$ we $\lambda_2 = 4102\overset{0}{A}$ bolan spektr çyzyklaryň biri-biriniň üstüne düşmegi üçin, difraksiýa gözeneginiň periody näçä deň bolmaly?

3.18. $1mm$ giňliginde n=100 yşy bolan difraksiýa gözeneginiň üstüne monohromatik ýagtylyk dik düşýär. Spektrometriň görüş turbasy 3-nji tertipli güýçlenmä gönükdirilen. Görüş turbasyny şol tertibiň beýleki güýçlenmesine gönükdirmek üçin, ony $\Delta\phi = 20^{0}$ burça öwürmeli boldy. Ýagtylygyň λ tolkun uzynlygyny hasaplamaly.

3.19. Simabyň spektrindäki tolkun uzynlygy $\lambda_1 = 577nm$ we $\lambda_2 = 579nm$ bolan spektr çyzyklar, periody 4 *mkm* bolan difraksiýa gözeneginiň kömegi bilen alnan 1-nji tertipli spektrde biri-birinden näçe aralykda ýerleşer? Spektri ekrana proýektirleýän linzanyň fokus aralygy 60 *sm*. Ýagtylyk gözenegiň üstüne dik düşýär.

3.20. 1 *mm* giňliginde *n*=500 yşy bolan difraksiýa gözeneginiň üstüne ak ýagtylyk dik düşýär. Spektr gözenege golaý ýerleşen linzanyň kömegi bilen ekrana proýektirlenýär. Eger linzadan ekrana çenli aralyk 3 *m-e* deň bolsa, ekranda birinji tertipli spektriň giňligini kesgitlemeli. Görünýän ýagtylygyň tolkun uzynlyklarynyň çägini $\lambda_g = 780nm$, $\lambda_m = 400nm$ diýip kabul etmeli.

3.21. Periody $d = 10mkm$ bolan difraksiýa gözeneginiň üstüne monohromatik ýagtylyk ($\lambda = 600nm$), $\psi = 30^0$ burç bilen düşýär. Ikinji baş güýçlenmä degişli φ difraksiýa burçuny hasaplamaly.

3.22. 1*mm* giňliginde $n = 500$ yşy bolan difraksiýa gözeneginiň üstüne monohromatik ýagtylyk $(\lambda = 590nm)$ $\psi = 30^0$ burç bilen düşende, emele gelýän spektriň güýçlenmesiniň iň uly tertibini hasaplamaly.

3.23. Eger difraksiýa gözeneginiň d periody yşyň a ini bilen $d = na$ deňeşdirerlik bolsa, onda difraksiýa spektrinde tertip sany n-e kratnyý bolan güýçlenmeleriniň ýitýänligini subut etmeli.

3.24. Monohromatik ýagtylyk $\lambda = 5500\overset{0}{A}$ çeşmesinden ekrana çenli aralyk $L = 11m$. Çeşme bilen ekranyň arasynda ekrandan $a = 5m$ aralykda tuty ýerleşdirilen. Tutuda diametri $d = 4,2mm$ bolan deşik bar. Ekranda emele gelýän ýagty menek haýsy ýagdaýda güýçli ýagtylandyryşa eýe bolar, tuty bar ýagdaýdamy ýa-da tuty aýrylanda?

3.25. Periody $2\,mkm$ bolan difraksiýa gözeneginiň üstüne tolkun uzynlygy 5890 $\overset{0}{\mathrm{A}}$ bolan ýagtylyk dik düşeninde, emele gelýän depgin güýçlenmeleriň umumy sanyny hasaplamaly.

3.26. Eger işçi üstüniň giňligi 3 *sm* deň bolan difraksiýa gözenegi tolkun uzynlyklary $4044\ \overset{o}{A}$ we $4047\ \overset{o}{A}$ bolan spektr çyzyklaryny saýgaryp bilýän bolsa, onuň hemişeligi näçä deň?

3.27. Tolkun uzynlyklary $5890\ \overset{o}{A}$ we $5896\ \overset{o}{A}$ bolan spektr çyzyklaryny saýgaryp bilýän difraksiýa gözeneginiň iň kiçi inini kesgitlemeli. Gözenegiň periody $d = 1 \cdot 10^{-3}\,mm$ -e deň.

3.28. 1*mm*-de 420 yşy we işçi üstüniň giňligi 2*sm* bolan hem-de 1*mm* giňliginde 700 yşy we işçi üstüniň giňligi *4,8sm-e* deň bolan iki difraksiýa gözenekleriniň saýgaryjylyk ukybyny deňeşdirmeli.

3.29. Spektriň birinji tertibinde tolkun uzynlyklary $4752\ \overset{o}{A}$ we $4748\ \overset{o}{A}$ bolan spektr çyzyklaryny saýgaryp bilýän difraksiýa gözenegindäki yşlaryň iň az sanyny hasaplamaly.

3.30. Işçi üstüniň giňligi *2sm* bolan difraksiýa gözeneginiň hemişeligi $5 \cdot 10^{-4}$ *sm* bolsa, üçünji tertipli spektrde onuň saýgaryjylyk ukybyny hasaplamaly. Spektriň sary çyzygynda ($\lambda = 600nm$) saýgarylýan iki spektr çyzygynyň tolkun uzynlyklarynyň iň kiçi tapawudy näçä deň?

3.31. Tolkun uzynlygy $\lambda = 589nm$ monohromatik ýagtylyk üçin spektriň birinji tertibinde difraksiýa gözeneginiň burç dispersiýasyny hasaplamaly. Gözenegiň hemişeligi $2{,}5 \cdot 10^{-4}$ *sm* .

3.32. Tolkun uzynlygy $\lambda = 668nm$ ýagtylyk üçin spektriň birinji tertibinde difraksiýa gözeneginiň burç dispersiýasy $2{,}02 \cdot 10^{5}$ *rad / m.* Difraksiýa gözeneginiň periodyny hasaplamaly.

3.33. Käbir tolkun uzynlykly ýagtylyk üçin difraksiýa gözeneginiň D_{φ} burç dispersiýasy (burçlar kiçi bolanda) 5 *min/nm*. Eger gözenegiň ini 2 *sm* bolsa, onuň şol ýagtylyk üçin *R* saýgaryjylyk ukybyny kesgitlemeli.

3.34. Difraksiýa gözeneginiň we fokus aralygy $1\,m$ bolan linzanyň kömegi bilen spektriň suraty alnan. Gurnamanyň çyzyk dispersiýasy we käbir spektr çyzygy üçin, üçünji tertipde difraksiýa burçy ölçenen. Ol ululyklar $D_L = 0,2 mm / \overset{0}{A}$ we $\varphi = 40^0$ deň. Difraksiýa gözeneginiň burç dispersiýasyny we hemişeligini hasaplamaly.

3.35. Difraksiýa gözeneginiň üstüne ýagtylyk dik düşýär. Gözenegiň yzynda optiki güýji 1 dptr linza, linzanyň fokuslar tekizliginde ekran ýerleşdirilen. Eger difraksiýanyň kiçi burçlarynda çyzyk dispersiýa $D_L = 1\, mm / nm$ bolsa, gözenegiň 1mm-däki yşlaryň sanyny hasaplamaly.

3.36. Hemişeligi $2 \cdot 10^{-4}\, sm$ difraksiýa gözeneginiň kömegi bilen alnan birinji tertipli spektrde simabyň iki spektr çyzygy ($\lambda_1 = 577\, nm$ we $\lambda_2 = 579,1\, nm$) ekranda biri-birinden näçe uzaklykda ýerleşer? Spektri ekrana proýektirleýän linzanyň fokus aralygy $0,6m$.

3.37. Teleskopyň obýektiwiniň diametri 8 *sm*. Obýektiwiň fokus tekizliginde aýratyn görünýän iki sany ýyldyzyň kiçi burç aralygy näçä deň? Gowşak ýagtylykda $\lambda = 0,5\, mkm$ tolkun uzynlykly ýagtylyga gözüň duýgurlygy has ýokary.

3.38. Iki çyra biri-birinden 20 sm uzaklykda ýerleşdirilen. Olary obýektiwiniň diametri 15 sm bolan teleskopyň kömegi bilen näçe uzaklykdan aýratyn görüp bolar? Şol uzaklykdan, kiçi diametrli teleskopyň kömegi bilen seredende, çyralar nähili görner? Gözüň has duýgur ýagtylygynyň tolkun uzynlygy $\lambda = 0,55\, mkm$ diýip kabul etmeli.

3.39. Belent jaýyň çür depesinde biri beýlekisinden 20 *sm* aşakda bolan iki sany gyzyl çyra ($\lambda = 640\, nm$) ýerleşdirilen. Jaýa gije 15*km* uzaklykdan teleskopyň kömegi bilen seredýärler. Fokal tekizliginde aýratyn görkezip bilýän obýektiwiň iň kiçi diametrini kesgitlemeli.

3.40. Refraktometriň obýektiwi iki ýyldyzyň şekilini fotoplastinka proýektirleýär. Obýektiwiň egrilik radiuslary $R_1 = R_2 = 2\, m$. Ýyldyzlaryň difraksiýa şekilleriniň aýratyn görünmegi üçin, obýektiwiň iň kiçi diametri näçä deň bolmaly? (Difraksiýa şekilleriň merkezleriniň aralygy, emulsiýanyň däneleriniň ölçeginden uly bolmaly, ýagny ol

0,01 *mm* çemesi aralyga deň). Gözüň has gowy duýýan tolkun uzynlygy $\lambda = 0,55\ mkm$, linzanyň aýnasynyň döwme görkezijisi 1,5.

3.41. Ýeriň üstünde ýerleşen lazeriň ýagtylyk dessesini ($\lambda = 600nm$), obýektiwiniň diametri $2m$ bolan teleskopyň kömegi bilen Aýyň üstüne goýberdiler. Eger Aýdan Ýere çenli uzaklyk 384400 km bolsa, Aýyň üstündäki ýagtylyk meneginiň diametrini kesgitlemeli. Atmosferanyň täsirini hasaba almaly däl.

3.42. Obýektiwiniň diametri 60 sm-e deň bolan teleskopyň kömegi bilen seredende, Marsyň üstündäki aýratyn görünýän iki nokadyň iň kiçi aralygy näçä deň? Ýagtylygyň tolkun uzynlygy $\lambda = 500\ nm$, Ýerden Marsa çenli aralyk $56 \cdot 10^9\ m$.

3.43. Daş duzunyň kristalynyň granyna rentgen şöhlesi $31^0 30'$ burç bilen düşýär ($\lambda = 147\,pm$). Kristalyň atom tekizlikleriniň arasyndaky aralygy kesgitlemeli.

3.44. Şöhlesi kalsiý kristalynyň ($CaCO_3$) üstüne düşýän rentgen turbajygynyň işleýän napryaženiýesini hasaplamaly. Kristalyň üsti bilen, düşýän şöhläniň arasyndaky burçuň iň kiçi ululygy $2^\circ 36'$ bolanda, kristaldan şöhleleriň ýalpyldawuk serpikmesini görmek mümkin. Kalsiniň gözeneginiň hemişeligini ($d = 304\ nm$) atom tekizlikleriniň aralygyna deň diýip almaly.

3.45. Rentgen şöhlesi daş duzunyň (NaCl) kristalynyň tebigy granyna düşende, ondan ýalpyldawuk serpikmäniň ikinji tertibi emele gelýär. Düşýän rentgen şöhlesi bilen kristalyň üstüniň arasyndaky burç $11^\circ 36'$. Rentgen şöhlesiniň tolkun uzynlygyny hasaplamaly. Daş duzunyň kristal gözeneginiň hemişeligi 280*pm-e* deň.

3.46. Kaliý hloridiniň kristaly (KCl) tolkun uzynlygy 145*pm* monohromatik rentgen şöhlesi bilen şöhlelendirilende we rentgen şöhlesiniň typma burçy $14^\circ 20'$ bolanda, ýalpyldawuk serpikmäniň 1-nji tertibi ýüze çykýar. Kristalyň atom tekizlikleriniň aralygyny hasaplamaly.

DÖRDÜNJI BAP
GEOMETRIKI OPTIKA

Esasy kanunlar we aňlatmalar

● Sferik aýnanyň (zerkalo) fokus aralygy:

$$F = \frac{R}{2},$$

bu ýerde R –sferanyň egrilik radiusy.

Sferik aýnanyň optiki güýji:

$$^{4}D = \frac{1}{F}.$$

Döwme görkezijileri dürli bolan iki gurşawyň sferik araçäginde ýagtylygyň döwülme kanuny:

$$\frac{n_1}{a} - \frac{n_2}{b} = \frac{n_1 - n_2}{R},$$

bu ýerde *a* we *b* degişlilikde predmetden we şekilden sferik araçäge çenli aralyk;

R – sferik araçägiň egrilik radiusy; n_1 we n_2 degişlilikde sferik araçäkleşýän gurşawlaryň absolýut döwme görkezijileri

Sferik aýnanyň deňlemesi

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b},$$

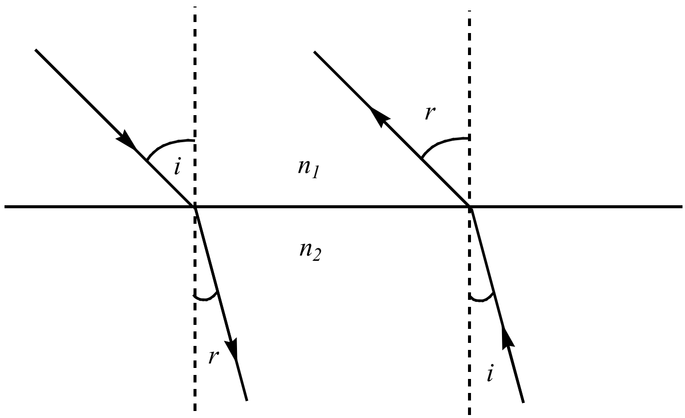
bu ýerde *a* we *b* degişlilikde sferik aýnanyň (depesinden) merkezinden (polýusyndan) predmete we şekile çenli aralyk.

Eger şekil hyýaly bolsa, onda *b* – minus alamaty bilen alynýar.

Eger sferik aýnanyň fokusy hyýaly bolsa (güberçek aýna), onda *F* – minus alamaty bilen alynýar.

● Ýagtylygyň döwülme kanuny:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n_{21},$$



4.1-nji surat

bu ýerde i – ýagtylygyň düşme burçy; r–döwülme burçy; $n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$ ikinji gurşawyň birinji gurşawa görä döwme görkezijisi; n_1 we n_2 degişlilikde, birinji we ikinji gurşawlaryň absolýut döwme görkezijileri.

● Ýagtylyk optiki uly dykyzlykly gurşawdan, optiki kiçi dykyzlykly gurşawa geçende doly içki serpikmesiniň çäk burçy

$$i_{çäk} = \arcsin\left(\frac{n_2}{n_1}\right) \qquad (n_2 < n_1) \quad .$$

● Ýuka linzanyň optiki güýji

$$D = \frac{1}{F}\left(\frac{n_\ell}{n_g} - 1\right)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right).$$

bu ýerde F – linzanyň fokus aralygy; n_ℓ –linzanyň absolýut döwme görkezijisi; n_g –linzanyň ýerleşen gurşawynyň absolýut döwme görkezijisi; R_1 we R_2 linzanyň çäklenen üstleriniň egrilik radiusy; R_1 we R_2 güberçek linzalar üçin položitel, oýuk linzalar üçin otrisatel alamaty bilen alynýar.

● Biri-birine jebis ýerleşdirilen iki linzadan ybarat ulgamyň optiki güýji:

$$D = D_1 + D_2.$$

● Ýuka linzanyň deňlemesi:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}.$$

bu ýerde *a*–linzanyň optiki merkezinden predmete çenli aralyk; *b*–linzanyň optiki merkezinden şekile çenli aralyk.

Eger linzanyň fokusy hyýaly (dargadyjy linza) bolsa, onda F -minus alamaty bilen alynýar.

Eger şekil hyýaly bolsa onda *d*-minus alamaty bilen alynýar.

● Lupanyň burç ulaldyşy:

$$G = \frac{L}{F},$$

bu ýerde L –kadaly gözüň iň gowy görýän aralygy $(L = 25\ sm)$.

● Teleskopyň burç ulaldyşy:

$$G = \frac{F_{ob}}{F_{ok}} = \frac{D_{ok}}{D_{ob}} = \frac{\mathrm{tg}\alpha}{\mathrm{tg}\alpha_0},$$

bu ýerde F_{ob} we F_{ok} – degişlilikde obýektiwiň we okulýaryň fokus aralyklary; α we α_0 abzal arkaly we ýaraglanmadyk göz arkaly serediləndе jisimiň görünýän burçy.

● Teleskopyň obýektiwinden okulýaryna çenli aralyk:

$$L = F_{ob} + F_{ok},$$

Teleskopa degişli aňlatmalar gözegçilik edilýän zatlar örän uzakda ýerleşen ýagdaýy üçin ulanarlyklydyr.

● Mikroskopyň burç ulaldyşy:

$$G = \frac{\delta L}{F_{ob}F_{ok}} = \frac{0,25 \cdot \delta}{F_{ob}F_{ok}},$$

bu ýerde δ −obýektiwiň yzdaky fokusy bilen okulýaryň öňündäki fokusyna çenli aralyk.

● Mikroskopyň obýektiwinden okulýaryna çenli aralyk:

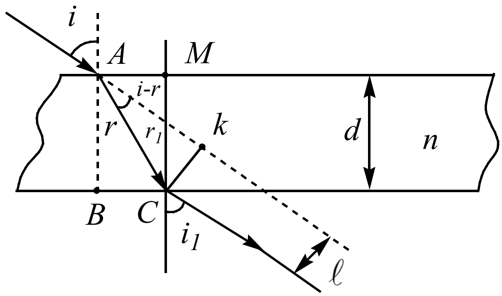
$$L = F_{ob} + \delta + F_{ok}.$$

Mesele çözmegiň mysallary

1-nji mesele. Howada ýerleşen döwme görkezijisi n we galyňlygy d bolan tekizparallel aýnanyň üstüne ýagtylyk şöhlesi i burç bilen düşýär. Şöhle aýna gatlagyndan geçende ugry nähili üýtgär ?

Çözülişi: Şöhläniň *A* we *C* nokatlarda döwülmesi üçin (*4.2-nji surata seret*)

$$\left.\begin{aligned} \frac{\sin i}{\sin r} &= n, \\ \frac{\sin r_1}{\sin i_1} &= \frac{1}{n} \end{aligned}\right\} \qquad (1)$$



4.2-nji surat

AB we *MC* özara parallel bolmagyna görä *AC* gönä atanak ýerleşen burçlar $r = r_1$, şeýle-de aýna gatlagyndan çykan şöhle onuň başlangyç ugruna parallel bolup, ℓ -aralyga süýşýändigine görä $i = i_1$.

ΔACK -dan peýdalanyp şöhläniň süýşme ℓ aralygyny kesgitläp bolar.

Onda: $$\ell = CK = AC\sin(i-r) \tag{2}$$

ΔABC -den alarys:

$$d = AC\cos r \qquad AC = \frac{d}{\cos r} \tag{3}$$

Onda:

$$\ell = d\,\frac{\sin(i-r)}{\cos r} \tag{4}$$

(1)-den $\sin r = \frac{1}{n}\sin i$;

Käbir trigonometrik özgertmelerden peýdalanalyň.

$$\cos r = \sqrt{1-\sin^2 r} = \sqrt{1-\frac{\sin^2 i}{n^2}} = \frac{\sqrt{n^2}-\sin^2 i}{n}; \tag{5}$$

$$\sin(i-r)=\sin i\cos r-\cos i\sin r=\sin i\frac{\sqrt{n^2-\sin^2 i}}{n^2}-\sqrt{1-\sin^2 i}\cdot\frac{\sin i}{n}=$$
$$=\frac{\sin i}{n}\left(\sqrt{n^2-\sin^2 i}-\sqrt{1-\sin^2 i}\right) \tag{6}$$

(5)-den $\cos r$ -iň we (6)-dan $\sin(i-r)$ -iň bahalaryny (4)-de ornuna goýup alarys:

$$\ell=d\sin i\left(1-\sqrt{\frac{1-\sin^2 i}{n^2-\sin^2 i}}\right). \tag{7}$$

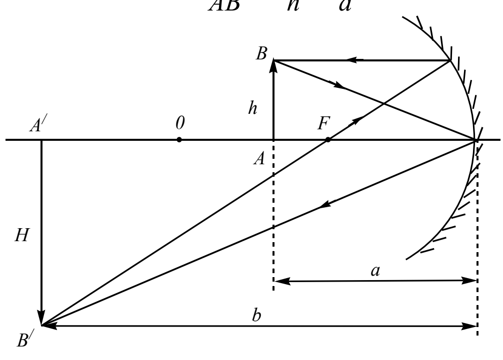
Şu ýerden görnüşi ýaly, tekizparallel aýna gatlagyndan geçen şöhläniň süýşmesi, aýnanyň galyňlygyna, döwme görkezijisine we şöhläniň düşme burçuna baglydyr.

2-nji mesele. Jisimiň dört esse ulaldylan hakyky şekilini berýän oýuk aýnanyň fokus aralygyny hasaplamaly. Jisim bilen onuň şekiliniň aralygy 15 sm-e deň.

Çözülişi: Meseläni çözmek üçin 4.3-nji suratda şekillendirilen çyzgydan peýdalanmaly.

Oýuk aýnanyň kömegi bilen ulaldylan şekili almak üçin predmeti aýnanyň bir fokus aralygyna golaý aralykda ýerleşdirmeli. 4.3-nji suratda AB-predmet, A_1B_1 - predmetiň şekili.

Meseläniň şertine görä, $\frac{A_1B_1}{AB}=\frac{H}{h}=\frac{b}{a}=4; \quad b=4a$ (1)



4.3-nji surat

$$b - a = 15\,sm; \quad 4a - a = 15\,sm \quad ; \; 3a = 15\,sm \quad . \qquad (2)$$

Alnan netijäni sferik aýnanyň aňlatmasynda ornuna goýsak,

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}; \qquad \frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{4a}$$

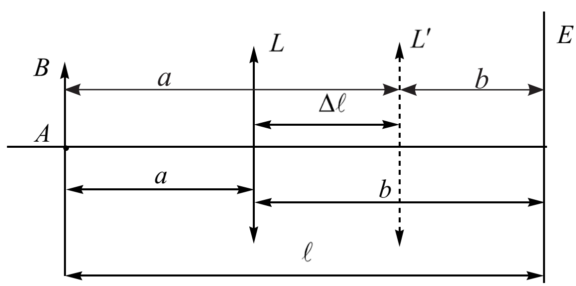
$$\frac{1}{F} = \frac{5}{4a}; \; F = \frac{4a}{5}; \; \text{bolar.} \qquad (3)$$

San bahasyny hasaplasak,

$$F = \frac{4 \cdot 5}{5} sm = 4\,sm\,.$$

3-nji mesele. Optiki oturgyçda predmet bilen ekranyň aralygynda linza ýerleşdirilen. Predmet bilen ekranyň aralygy $\ell = 80\,sm$ -e deň we üýtgemez ýaly berkidilen. Linzanyň käbir ýagdaýynda ekranda predmetiň has ulaldylan anyk şekili alynýar. Şu ýagdaýdan linza ekrana tarap $\Delta\ell = 40\,sm$ aralyga süýşürilende, ekranda predmetiň has kiçeldilen anyk şekili alynýar. Linzanyň fokus aralygyny tapmaly.

Çözülişi: Predmet bilen linzanyň aralygy a linzanyň bir fokus aralygyndan azajyk uly bolan ýagdaýynda, ekranda predmetiň has uly anyk şekili alynýar; eger linza bilen ekranyň aralygy bir fokus aralygyndan azajyk uly bolan ýagdaýynda, ekranda predmetiň has kiçi anyk şekili alynýar.



4.4-nji surat

4.4-nji suratda şekillendirilen çyzgydan görnüşi ýaly, I ýagdaýda $$a + b = \ell\,, \tag{1}$$

II ýagdaýda $$a - b = \Delta\ell\,. \tag{2}$$

Bu aňlatmalardan

$$a = \frac{\ell + \Delta\ell}{2}, \tag{3}$$

$$b = \frac{\ell - \Delta\ell}{2}. \tag{4}$$

(3) we (4) aňlatmalary ýuka linzanyň deňlemesinde ornuna goýup alarys:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}; \quad \frac{1}{F} = \frac{1}{\frac{\ell + \Delta\ell}{2}} + \frac{1}{\frac{\ell - \Delta\ell}{2}}$$

$$F = \frac{\ell^2 - \Delta\ell^2}{4\ell} \tag{5}$$

Ululyklaryň san bahalaryny ornuna goýup hasaplasak,

$$F = \frac{6400 - 1600}{320} = 15\ sm\,.$$

4-nji mesele. Tükeniksiz uzaklykdaky zatlara gözegçilik etmek üçin sazlanan görüş turbasynyň obýektiwiniň optiki güýji $D_{ob} = 2\ dptr$. Eger onuň okulýarynyň optiki güýji $D_{ok} = 10\ dptr$ bolsa ol nähili ulaldyşy berer? Tükeniksiz uzaklyga sazlanan bu görüş turbasynda $50\ m$ uzaklykdaky zatlary anyk görmek üçin onuň okulýaryny näçe aralyga süýşürmeli?

Çözülişi: Görüş turbasynyň ulaldyşy

$G = \dfrac{F_{ob}}{F_{ok}} = \dfrac{D_{ok}}{D_{ob}}$ (1) aňlatma arkaly kesgitlenilýär.

Ululyklaryň san bahalaryny ornuna goýup hasaplasak, $G = \frac{10}{2} = 5$ esse.

Tükeniksiz aralyga sazlanan görüş turbasynda kesgitli a aralykda ýerleşen jisimi anyk görmek üçin, görüş turbasynyň obýektiwiniň berýän şekilini onuň okulýarynyň fokal tekizliginde alynmagyny gazanmaly. Onuň üçin okulýary yza süýşürmeli, ýagny şekili obýektiwden daşlaşdyrmaly.

Onda linzanyň deňlemesinde:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F_{ob}}, \tag{2}$$

bu ýerde, $b = F_{ob} + \Delta a$,

$$\frac{1}{b} + \frac{1}{F_{ob} + \Delta a} = \frac{1}{F_{ob}}. \tag{3}$$

Bu aňlatmadan Δa-i kesgitlesek,

$$\Delta a = \frac{F_{ob}^2}{b - F_{ob}} = \frac{1}{\left(b \cdot D_{ob} - 1\right) D_{ob}};$$

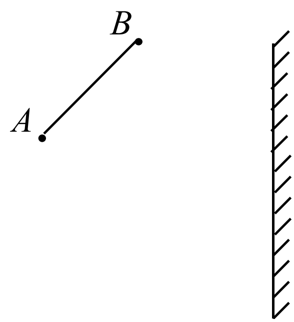
Ululyklaryň san bahalaryny ornuna goýup, hasaplama geçirsek:

$$\Delta a = \frac{1}{\left(50 \cdot 2 - 1\right) \cdot 2} \approx 5 \cdot 10^{-3} m.$$

Diýmek, $b = 50m$ aralykdaky jisimiň anyk şekilini görmek üçin tükeniksiz uzaklyga sazlanan görüş turbasynyň okulýaryny $a = 5mm$ yza süýşürmeli.

Meseleler

4.1. Tekiz aýna we AB jisim 4.5-nji suratda görkezilişi ýaly ýerleşdirilen. Jisimi aýnada doly görmek üçin, adamyň gözi nirede ýerleşmeli?

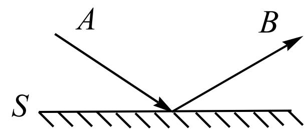


4.5-nji surat

4.2. Kütek φ burç bilen ýerleşdirilen iki sany tekiz aýnalaryň arasynda nokatlanç ýagtylyk çeşmesi ýerleşdirilen. Eger çeşmeden aýnalaryň kesişme çyzygyna çenli aralyk ℓ bolsa, çeşmäniň iki sany hyýaly şekilleriniň aralygyny kesgitlemeli.

4.3. Galwonometriň aýnajygynyň öwrülme burçy, görüş turbasynyň we görkezijiniň kömegi bilen ölçenýär. Eger aýnajykdan serpigen şöhle görkeziji boýunça $10\,sm$ süýşen bolsa, aýnajygyň öwrülme burçuny hasaplamaly. Aýnajykdan görkezijä çenli uzaklyk $1\,m$.

4.4. *A* nokatdan ýaýran şöhle *S* üstden serpigip *B* nokada düşýär (*4.6-njy surat*). Şunlukda şöhläniň iň gysga ýol bilen ýaýraýanlygyny görkezmeli.



4.6-nji surat

4.5. Eger nokatlanç ýagtylyk çeşmesi we onuň iki sany tekiz aýnadaky hyýaly şekilleri deňtaraply üçburçlugyň depelerinde ýatan bolsa, ol aýnalaryň arasyndaky burçy kesgitlemeli. Çyzgyny gurmaly.

4.6. Stoluň üstüne 45^{o} burç bilen düşen ýagtylyk şöhlesiniň ol ýerden we soňra tekiz aýnadan serpigip, stoluň üstüne parallel bolup ýaýramagy üçin, aýnany gorizonta görä nähili burç bilen ýerleşdirmeli?

4.7. Kölüň düýbüne kakylan gazyk suwdan bir metr çykyp dur. Eger kölüň çuňlugy bir metr we Gün şöhlesi suwuň üstüne 45^{o} burç bilen düşýän bolsa, kölüň düýbüne gazykdan düşýän kölegäniň uzynlygyny hasaplamaly. Suwuň döwme görkezijisi 1,33.

4.8. Suw howdanynda suwuň çuňlugy 2,5 *m-e* deň. Synagçy howdanyň düýbünde ýatan jisime suwuň üstüne dik (perpendikulýar) ugur bilen syn edýär. Suwuň üstünden jisime çenli bolan ähtimal çuňlugy hasaplamaly. Suwuň döwme görkezijisi 1,33.

4.9. 20 sm beýiklige çenli, benzoldan doldurylan gabyň düýbünde nokatlanç ýagtylyk çeşmesi ýerleşdirilen. Suwuklygyň üstünde dury däl tegelek plastina ýatyr, onda-da onuň merkezi ýagtylyk çeşmesiniň üstünde dur. Benzolyň üstünden ýekeje-de şöhläniň çykyp bilmezligi üçin, plastinanyň iň kiçi radiusy näçä deň bolmaly? Benzolyň döwme görkezijisi 1,501.

4.10. Tekiz aýna suwuň içinde 0,5 *m* çuňlukda ýatyr. Eger adam suwuň ýokarsyndan 0,25 *m* aralykdan öz şekiline seredýän bolsa, ol gözüni näçe uzaklyga akkomodirlemeli? Suwuň döwme görkezijisi 1,33.

4.11. Galyňlygy $h = 3\,mm$ tekizparallel aýna plastinasynyň iki üstüne-de bellik edilen. Plastinany mikroskopyň kömegi bilen synlaýarlar. Ilki plastinanyň ýokarky üstündäki bellik anyk görülýär, onuň aşaky üstündäki belligi anyk görmek üçin, mikroskopyň tubusyny 2 *mm* süýşürmeli bolupdyr. Aýnanyň döwme görkezijisini kesgitlemeli.

4.12. Parallel şöhleler ekrana 45º burç bilen düşüp ýagty menegi emele getirýär. Eger şöhläniň ýolunda ekrana parallel edip, galyňlygy 1 *sm-e* deň bolan aýna plastina ýerleşdirilse, ekrandaky ýagty menek näçe aralyga süýşer? Aýnanyň döwme görkezijisi 1,5.

4.13. Galyňlygy $h = 10\, sm$ tekizparallel aýna plastinanyň üstüne ýagtylyk şöhlesi 70º burç bilen düşende, onuň üsti boýunça şöhläniň süýşme ululygyny kesgitlemeli.

4.14. Eger iň kiçi gyşartma burçy, döwüji burçuna deň bolsa, aýna prizmanyň döwme burçuny kesgitlemeli.

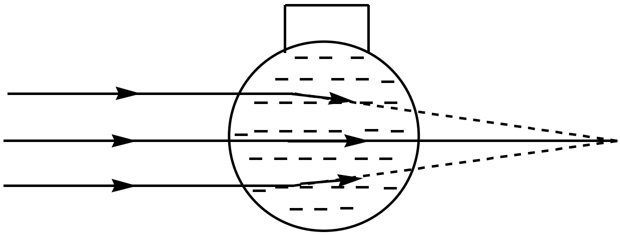
4.15. Döwüji burçy 40º deň bolan prizmanyň gapdal üstüne monohromatik şöhle dik düşýär. Prizmanyň maddasynyň döwme görkezijisi 1,5-e deň. Prizmadan çykanda, şöhläniň ilkibaşdaky ugrundan gyşarma burçuny kesgitlemeli.

4.16. Aýnanyň berlen tolkun uzynlykly ýagtylyk üçin döwme görkezijisi 1,6. Şöhläniň prizmadan çykanynda doly serpikme hadysasynyň ýüze çykmazlygy üçin, onuň prizmanyň üstüne düşme burçunyň iň uly bahasy näçä deň bolmaly? Prizmanyň döwüji burçy 45^0.

4.17. Döwüji burçy 50º-a deň bolan prizma 35º, iň kiçi gyşartma burçuny berýär. Eger prizma suwa çümdürilse, onuň berýän iň kiçi gyşartma burçunyň ululygy näçä deň bolar?

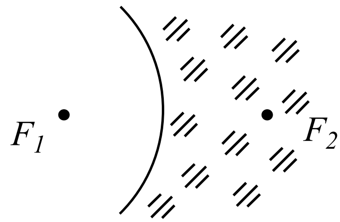
4.18. Käbir monohromatik ýagtylyk üçin prizmanyň döwme görkezijisi 1,5-*e* deň. Prizmadan çykanda ýagtylygyň doly içki serpikmesi üçin, düşýän şöhläniň iň uly düşme burçy näçä deň bolmaly? Prizmanyň döwüji burçy 50º.

4.19. Içi suwuklykdan doldurylan ýuka diwarly sferik kolbanyň üstüne parallel ýagtylyk dessesi düşürilende, kolbanyň garşylykly diwarynda, diametri kolbanyň diametrinden has kiçi ýagty tegek emele gelýär. Ýagtylyk dessesi kolbanyň garşylykly tarapynda, diametri, ýagtylygyň düşýän tarapyndakydan 2 esse kiçi ýagty menek emele getiripdir (*4.7-nji surat*). Kolbadaky suwuklygyň döwme görkezijisini kesgitlemeli.



4.7-nji surat

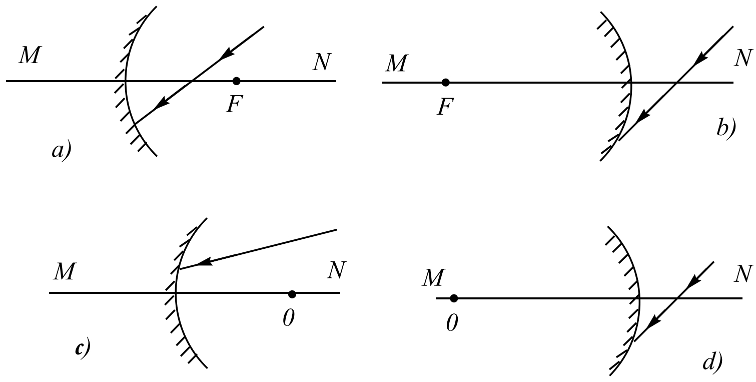
4.20. Monohromatik ýagtylyk şöhlesi sferik aýnanyň üstüne howadan düşýär (4.8-nji surat). Fokuslaryň ýagdaýy nokatlar bilen bellenen. Gurmak bilen döwlen şöhläniň ýoluny görkezmeli.



4.8-nji surat

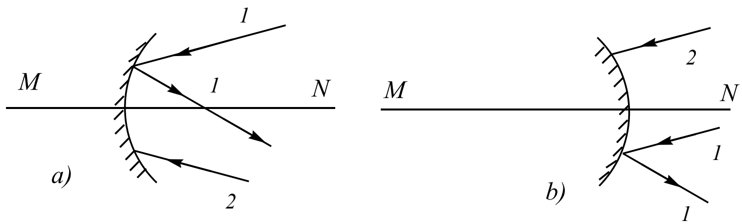
4.21. Üstüniň egrilik radiusy 7,5 *sm* bolan uly aýna böleginiň güberçek üstünden 60 *sm* uzaklykda nokatlanç ýagtylyk çeşmesi, howada ýerleşdirilen. a. Çeşmäniň sferik üstden serpikdirilen we onda döwlen şöhleleriniň berýän şekilleriniň arasyndaky uzaklygy kesgitlemeli. Aýnanyň döwme görkezijisi 1,5. b. Aýnanyň sferik üsti oýuk bolan ýagdaýy üçin meseläni çözüň.

4.22. Güberçek we oýuk sferik aýnalardan serpigen şöhläniň ýoluny gurmak bilen görkezmeli (4.9-njy surat *a),b),ç),d)*) *MN*-baş optiki ok, *O*-optiki merkez, *F*-baş fokus.



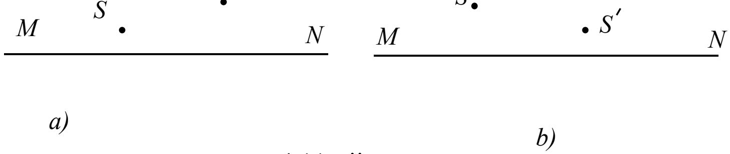
4.9-nji surat

4.23. Oýuk we güberçek aýnalarda 1-nji şöhläniň ýoly görkezilen (4.10-njy surat *a);b)*) 2-nji şöhläniň ýoluny çyzmaly.



4.10-njy surat

4.24. 4.11-nji a) we b) suratda sferik aýnanyň MN baş optiki okunyň, ýagtylanýan S nokadyň we onuň S şekiliniň ýagdaýy görkezilen. Gurmak bilen aýnanyň P depesiniň, O optiki merkeziniň we F baş fokusynyň ýagdaýyny kesgitlemeli. Berlen aýnanyň oýuk ýa-da güberçekdigini anyklamaly. Şekiliň hakyky we hyýalydygyny kesgitlemeli.



4.11-nji surat

4.25. Beýikligi 1 *sm* deň bolan jisim, fokus aralygy 10 *sm* deň bolan oýuk aýnadan 20 *sm* uzaklykda ýerleşen. Şekil aýnadan näçe uzaklykda emele geler we onuň beýikligi näçä deň bolar?

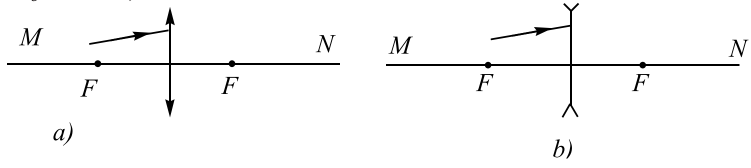
4.26. Güberçek sferik aýnanyň egrilik radiusy 60 *sm.* Aýnadan 10 *sm* uzaklykda beýikligi 2 *sm-e* deň bolan jisim ýerleşdirildi. Şekil nirede emele geler we onuň beýikligi näçä deň bolar. Çyzgyny ýerine ýetirmeli.

4.27. Oýuk sferik aýnanyň öňünde onuň depesinden $\frac{4}{3}F$ uzaklykda, baş optiki oka perpendikulýar edip, ýanýan şem ýerleşdirildi. Şemiň oýuk aýnadaky şekili, fokus aralygy $F_1 = 2F$ deň bolan güberçek aýnanyň üstüne düşýär. Aýnalaryň aralygy 3F deň we olaryň optiki oklary biri-birine gabat gelýär. Şemiň birinji aýnadaky şekili ikinji aýna üçin hyýaly jisim hökmünde bolýar we ikinji aýna hakyky şekil berýär. Bu şekil iki aýnanyň arasynda emele gelýär. Bu şekili gurmaly we iki aýnanyň umumy ulaldyşyny kesgitlemeli.

4.28. Egrilik radiusy 80 *sm* bolan iki sany birdeň oýuk aýnalar umumy optiki oka eýe we fokuslary biri-biriniň üstüne düşýär. Olaryň birinden 60 *sm* uzaklykda nokatlanç ýagtylyk çeşmesi ýerleşdirilen. Şöhleler iki aýnadan hem serpigenden soň şekil nirede emele geler?

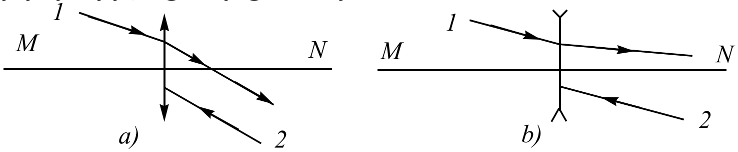
4.29. Fokus aralygy F=25 *sm* bolan oýuk sferik aýnanyň depesinden $a_1 = 20\,sm$ uzaklykda, ýagtylyk güýji $I_0 = 100\,kd$ deň bolan nokatlanç çeşme ýerleşdirilen. Aýnadan serpigen ýagtylyk dessesindäki ýagtylyk güýjüni kesgitlemeli. Aýnanyň ýagtylygy serpikdirme koeffisiýentini 0,8-e deň.

4.30. Ýuka ýygnaýjy we dargadyjy linzalaryň üstüne erkin düşýän şöhläniň linzada döwlenden soňky ýaýraýyş ugruny gurmaly (*4.12-nji surat*).



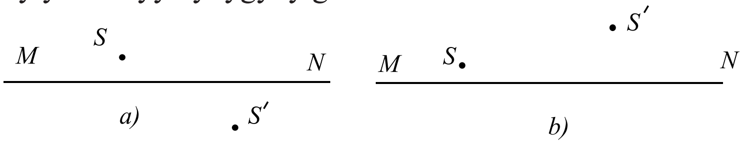
4.12-nji surat

4.31. 4.13-nji suratda ýygnaýjy we dargadyjy linzalaryň üstüne düşýän 1-nji şöhläniň linzada döwlenden soň ýaýraýyş ugry görkezilen. Linzalaryň üstüne düşýän 2-nji şöhläniň linzada döwlenden soňky ýaýraýyş ugruny gurmaly.



4.13-nji surat

4.32. 4.14-nji suratda linzanyň *MN* baş optiki okunyň, ýagtylanýan *S* nokadyň we onuň S' şekiliniň ýagdaýy görkezilen. Gurmak bilen linzanyň O optiki merkeziniň onuň *F* fokuslarynyň ýagdaýyny tapmaly. Berlen linzanyň ýygnaýjy ýa-da dargadyjydygyny, şekili hakyky ýa-da hyýalydygyny görkezmeli.



4.14-nji surat

4.33. Ýuka goşagüberçek simmetrik linzanyň howada optiki güýji $D_1 = 5\,dptr$; käbir suwuklykda bolsa $D_2 = -1{,}65\,dptr$. Linzanyň çäklendirýän üstleriniň egrilik radiusyny we suwuklygyň döwme görkezijisini kesgitlemeli. Linzanyň maddasynyň döwme görkezijisi 1,5.

4.34. Ýuka oýuk-güberçek aýna linzanyň optiki güýji $D = 4\,dptr$. Eger linzany çäklendirýän üstleriň egrilik radiuslarynyň biri-beýlekisinden 2 esse uly bolsa, ol radiuslaryň ululygyny kesgitlemeli.

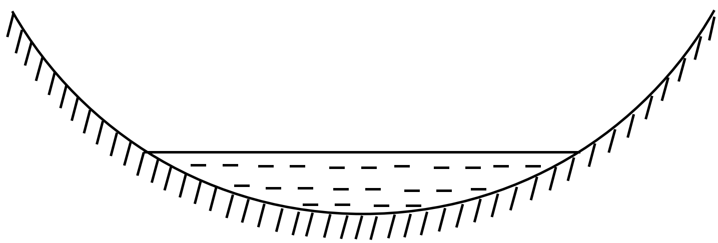
4.35. Bir optiki okda ýerleşdirilen 2 sany ýygnaýjy linzalaryň üstüne, optiki oka parallel düşýän ýagtylyk dessesiniň, linzalardan geçenden soň ýene-de parallel bolup ýaýramagy üçin, ol linzalary özara nähili ýerleşdirmeli? Çyzgyny ýerine ýetirmeli.

4.36. Ýygnaýjy linzanyň fokal tekizliginde onuň optiki okuna perpendikulýar edilip, tekiz aýna ýerleşdirilen. Linzanyň fokusy bilen iki fokus aralygynda jisim ýerleşdirilen. Jisimiň şekilini gurmaly.

4.37. Aýnadan, optiki güýji 5 *dptr* bolan, tekizgüberçek linza ýasamaklyk talap edilýär. Linzanyň egrilik radiusyny kesgitlemeli.

4.38. Iki sany ýuka simmetrik linza bar: birisi-döwme görkezijisi $n_1 = 1,7$-e deň bolan ýygnaýjy linza, beýlekisi döwme görkezijisi $n_2 = 1,51$-e deň bolan dargadyjy linza. Iki linzanyň hem üstleriniň egrilik radiusy R=10 *sm*. Ol linzalary jebis ýerleşdirip, suwa çümdürdiler. Olaryň bilelikdäki fokus aralygy näçä deň?

4.39. Gorizontal ýerleşdirilen oýuk aýnanyň içine az mukdarda suw guýlan (4.15-nji surat). Aýnanyň egrilik radiusy 60 *sm*. Şeýle ulgamyň fokus aralygy näçä deň bolar?

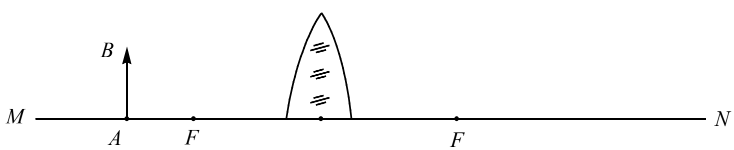


4.15-nji surat

4.40. 4.16-njy suratda ýarym linzanyň, onuň *MN* baş optiki okunyň we *AB* jisimiň ýagdaýy görkezilen.

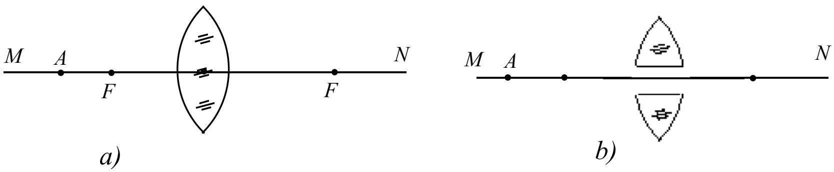
a) bu jisimiň şekilini gurmaly;

b) eger ýarym linza bitin linza bilen çalşyrylsa, şekil nähili üýtgär?



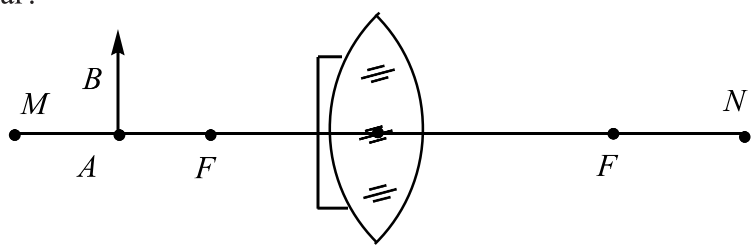
4.16-nji surat

4.41. 4.17-nji a) suratda ýygnaýjy linza, onuň baş optiki oky we ýagtylanýan *A* nokat berlen. 4.17-nji b) suratda bolsa şol linza iki bölege bölünip, käbir ululyga arasy açylan. Iki ýagdaý üçin hem *A* nokadyň şekilini gurmaly.



4.17-nji surat

Linzanyň ortasyna tegelek gara kagyz ýelmenen, (4.18-nji surat). AB jisimiň şekilini gurmaly. Eger gara kagyzy aýyrsak şekil nähili üýtgär?



4.18-nji surat

4.42. Sagadyň birdeň egrilik radiusly 2 sany aýna gapagyny ýelmäp, goşaoýuk “howa” linzasyny taýýarladylar. Egrilik radiusyň ululygy 0,5 *m*. Bu linzanyň suwdaky optiki güýjüni kesgitlemeli.

4.43. Ýuka goşagüberçek linza tekiz aýnanyň üstünde ýatyr. Ýagtylyk çeşmesiniň bu ulgamdaky şekiliniň hakyky bolmagy we onuň çeşmäniň üstüne düşmegi üçin, nokatlanç ýagtylyk çeşmesi nirede ýerleşdirilmeli?

4.44. 10 esse ulaldýan lupanyň optiki güýjüni dioptriýalarda kesgitlemeli.

4.45. Fokus aralyklary $F_1 = 5\ sm$ we $F_2 = 7\ sm$ bolan iki sany linzadan ybarat bolan lupanyň ulaldyşyny kesgitlemeli. Linzalar jebis ýerleşdirilen.

4.46. Lupa 2 esse ulaldyş berýär. Oňa degrip, optiki güýji 20 *dptr* bolan linzany ýerleşdirdiler. Şeýle düzme lupanyň ulaldyşy näçä deň bolar?

4.47. Teleskopy emele getirýän iki linzanyň aralygy 12 sm, ulaldyşy 5-e deň. Eger bu linzalar jebis ýerleşdirilse, olaryň umumy ulaldyşy näçä deň bolar?

4.48. Iň gowy görýän aralygy *10 sm* bolan şowa gözli adam nähili äýnek geýmeli. Äýnegiň optiki güýjüni dioptriada aňlatmaly.

4.49. Hersiniň optiki güýji *5 dptr* bolan iki sany ýuka linzanyň umumy optiki güýjüniň *a) 8 dptr, b) 5 dptr* bolmagy üçin, olary bir optiki okda özara nähili ýerleşdirmeli?

4.50. Şowa gözli adam, kitaby, 12,5 *sm* aralykdan, äýnekli okaýar. Ol optiki güýji näçä deň bolan äýnek dakynmaly?

4.51. Şowa gözli adamyň gözüniň akkomodasiýasynyň (zatlary kadaly görüp bilýän aralayklary) çägi 16 *sm*-den 80 sm-e çenli. Ol äýnekde has uzakdaky zatlary gowy görýär. Ol äýnekli okanda, kitaby iň ýakyn näçe uzaklykda saklap biler?

4.52. Doly aý ýaraglanmadyk göze $31'$ burç astynda görünýär. Eger Aýa obýektiwiniň fokus aralygy 200 sm, okulýarynyň fokus aralygy 10 sm-e deň bolan teleskop bilen seredilse, ol nähili burç astynda görner?

4.53. Obýektiwiniň diametri 10 sm-e deň bolan teleskop, uzakdaky ýagtylanýan nokada gönükdirilen. Okulýardan diametri 4 mm-e deň bolan parallel ýagtylyk dessesi çykýar. Teleskopyň ulaldyşyny kesgitlemeli. Düşýän ýagtylygyň dessesi diňe obýektiwiň gyralary bilen çäklendirilýär.

4.54. Obýektiwiniň fokus aralygy 50 *sm-e* deň bolan görüş turbasy tükeniksizlige gurnalan. 50 *m* uzaklykdaky zatlary görmek üçin, onuň okulýaryny näçe süýşürmeli?

4.55. Kadaly gözli adam, gözüni, elindäki kitapdan, *2m* aralykdaky surata geçirse, onuň gözüniň optiki güýji näçä üýtgär?

4.56. Fokus aralygy 50 *m-e* deň bolan okulýarly teleskopyň burç ulaldyşy 60 esse. Eger okulýary aýryp, obýektiwiň berýän hakyky şekiline iň gowy görýän aralykdan (25 *sm*) ýaraglandyrylmadyk göz bilen seredilse, diňe obýektiwiň berýän burç ulaldyşy näçä deň bolar?

4.57. Mars Planetasyny synlamak üçin, iň amatly bolan ýagdaýda (muňa astronomiýada beýik garşy durma diýilýär), ulaldyşy 75 esse bolan teleskop Marsyň tegelegini $31'$ burç astynda görmäge mümkinçilik berýär. Marsyň burç ölçegini kesgitlemeli we Marsyň beýik garşy durma ýagdaýynda Ýerden Marsa çenli aralygy hasaplamaly. Marsyň diametri 6700 *km*.

4.58. Mikroskopyň obýektiwi 50 esse, okulýary 5 esse ulaldyş berýär. Eger obýektiwden okulýara çenli aralyk 18 *sm* bolsa, mikroskopyň ulaldyşyny we obýektiwiň hem-de okulýaryň fokus aralyklaryny kesgitlemeli.

4.59. Mikroskopyň tubusynyň uzynlygy 17 sm. Obýektiwiň we okulýaryň fokus aralyklary degişlilikde 0,54 *sm* we 2 *sm*. Kadaly gözli adamyň anyk görmegi üçin jisimi obýektiwden näçe uzaklykda ýerleşdirmeli? Şunlukda jisimiň şekili näçe esse ulalar?

4.60. Mikroskopyň obýektiwiniň fokus aralygy 3 *mm*. Jisim obýektiwden 3,1 *mm* aralykda ýerleşdirilen. Eger okulýaryň fokus aralygy 5 *sm* bolsa, mikroskopyň ulaldyşyny kesgitlemeli.

4.61. Mikroskop 640 esse ulaldyş berýär. Jisim obýektiwden 0,41 sm uzaklykda ýerleşdirilen. Obýektiwiň fokus aralygy 0,4 *sm*. Okulýaryň fokus aralygyny we mikroskopyň tubusynyň uzynlygyny hasaplamaly.

4.62. Uzynlygy 50 m-e deň bolan jaýyň suraty alynýar. Ölçegleri 2,5 x 3,6 *sm* bolan fotoplýonkada jaýyň öňüniň doly ýerleşmegi üçin, ony näçe uzaklykda surata düşürmeli? Obýektiwiň fokus aralygy 50 *mm*.

4.63. Eger obýektiwden ekrana çenli aralyk 10 *m* bolsa, fokus aralygy 40 *sm* bolan proýektirleýji apparatyň kömegi bilen näçe esse ulaldyş alyp bolar?

BÄŞINJI BAP
ÝAGTYLYGYŇ POLÝARLANMASY

Esasy kanunlar we aňlatmalar

Brýusteriň kanuny:

$$tgi_B = n_{21}$$

● Bu ýerde i_B– üstden serpikdirilen ýagtylyk tolkunynyň doly polýarlanýan ýagdaýyndaky düşme burçy; n_{21}–gurşawyň göräli döwme görkezijisi.

● Malýusyň kanuny:

$$I = I_0 \cdot \cos^2 a$$

bu ýerde I – seljerijiden geçen tekiz polýarlanan ýagtylygyň depgini (intensiwligi); I_0–seljerijä düşýän tekiz polýarlanan ýagtylygyň depgini; α –seljerijä düşýän ýagtylyk tolkunynyň wektorynyň ugry bilen seljerijiniň ýagtylygy geçirýän tekizliginiň arasyndaky burç.

● Ýagtylygyň polýarlanma derejesi:

$$P = \frac{I_{iň\ uly} - I_{iň\ kiçi}}{I_{iň\ uly} - I_{iň\ kiçi}}$$

bu ýerde $I_{iň\ uly}$ we $I_{iň\ kiçi}$ seljerijiniň geçirýän kem-käs polýarlanan ýagtylygyň depginleri.

Dielektrikden serpikdirilen ýagtylygyň depgini üçin Freneliň aňlatmalary:

$$I_1 = 0,5 \cdot I_0 \left[\frac{\sin(i-r)}{\sin(i+r)} \right]^2,$$

$$I_{II} = 0,5 \cdot I_0 \left[\frac{\mathrm{tg}(i-r)}{\mathrm{tg}(i+r)} \right]^2,$$

bu ýerde, I_0–dielektrigiň üstüne düşýän tebigy ýagtylygyň depgini (intensiwliligi); I_1–elektrik wektory ýagtylygyň düşme tekizligine perpendikulýar bolan serpikdirilen ýagtylygyň depgini; I_{II}–elektrik wektory ýagtylygyň düşme tekizligine parallel bolan, serpikdirilen ýagtylygyň depgini; i–ýagtylygyň düşme burçy; r–ýagtylygyň döwülme burçy.

● Berlen üstüň ýagtylygy serpikdirme koeffisiýenti:

$$R = \frac{(n - n_0)^2}{(n + n_0)^2},$$

bu ýerde n_0–ýagtylygyň ýaýraýan gurşawynyň döwme görkezijisi; n –ýagtylygy serpikdirýän gurşawyň döwme görkezijisi.

● Optiki işjeň maddalarda ýagtylygyň polýarlanma tekizliginiň aýlanma burçy;

a) gaty jisimlerde $\varphi = \alpha d$, bu ýerde α –aýlanma hemişeligi; d –optiki işjeň maddada ýagtylygyň geçen ýolunyň uzynlygy.

b) arassa, dury suwuklyklarda:

$$\varphi = [\alpha]cd \quad ,$$

bu ýerde $[\alpha]$–udel aýlanma burçy; c–garyndyda optiki işjeň maddanyň göwrüm birligindäki massasy.

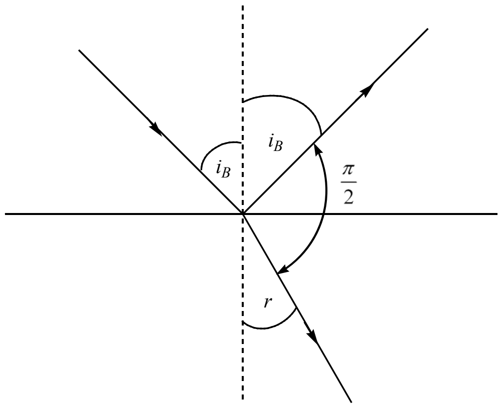
Mesele çözmegiň mysallary

1-nji mesele. Freneliň aňlatmasyndan Brýusteriň kanunyny getirip çykarmaly.

Çözülişi: Belli bolşy ýaly, dielektrigiň üstüne ýagtylyk Brýuster burçy bilen düşende, serpigen we döwülen şöhleler özara perpendikulýar bolýar. Hakykatdan hem ýagtylygyň döwülme kanunynyň esasynda:

$$\mathrm{tg}i_B = \frac{\sin i_B}{\cos i_B} = \frac{\sin i_B}{\sin r} = n \qquad (1)$$

aňlatmany ýazmak bolar.



5.1-nji surat

Şu ýerden görnüşi ýaly:

$$\cos i_B = \sin r$$

Bu ýerde r –ýagtylygyň döwülme burçy i_B we r ýiti burç bolmagyna görä:

$$i_B + r = \frac{\pi}{2}. \qquad (2)$$

Bu bolsa serpikdirilen we döwlen şöhleleriň özara perpendikulýardygyny görkezýär. (2) aňlatmadan (1) aňlatmany almak mümkin.

Ýagny,

$$\frac{\sin i_B}{\sin r} = \frac{\sin i_B}{\sin\left(\frac{\pi}{2} - i_B\right)} = \frac{\sin i_B}{\cos i_B} = \mathrm{tg}i_B = n.$$

Indi Freneliň aňlatmasyna seredeliň.

$$I_1 = 0,5 \cdot I_0 \left[\frac{\sin^2(i_B - r)}{\sin^2(i_B + r)} \right],$$

$$I_{II} = 0,5 \cdot I_0 \left[\frac{\mathrm{tg}^2(i - r)}{\mathrm{tg}^2(i + r)} \right] \qquad (3)$$

(2) aňlatmanyň esasynda $\mathrm{tg}(i + r) = \mathrm{tg}\frac{\pi}{2} = \infty$, $I_{II} = 0$. Bu ýagdaýda, ýagny, düşme burçunyň i_B bahasynda serpikdirilen şöhle doly polýarlanyp, ýagtylyk yrgyldylarynyň diňe bir ugurdaky (düşme tekizligine perpendikulýar) yrgyldylary galýar:

$$\mathrm{tg} i_B = n$$

Bu bolsa Brýusteriň kanunynyň Freneliň aňlatmasynyň netijesidigini görkezýär.

2-nji mesele. Bölekleýin polýarlanan ýagtylyk şöhlesiniň ýaýraýan ugrunda, nikol ýerleşdirilen. Nikolyň ýagtylygy iň gowy geçirýän ýagdaýyndan $\alpha = 60°$ burça öwrülende nikoldan geçen ýagtylygyň depgini $\delta = 3$ esse gowşaýar. Nikola düşen ýagtylygyň polýarlanma derejesini tapmaly.

Çözülişi: Bölekleýin polýarlanan ýagtylyga tebigy we tekiz-polýarlanan ýagtylyklaryň jemi hökmünde seretmek mümkin. Nikol elmydama üstüne düşýän tebigy ýagtylygyň ýarysyny geçirýär (tekiz polýarlanan ýagtylyga öwürýär). Nikolyň polýarlanan ýagtylygy geçirmek derejesi, Malýusyň kanunynyň esasynda polýarlaýjynyň we seljerijiniň baş tekizlikleriniň ýerleşişine bagly bolýar. Şoňa görä nikoldan geçen ýagtylygyň doly depgini:

$$I = 0,5 I_t + I_p \cos^2\alpha \qquad (1)$$

aňlatma arkaly kesgitlenilýär.

Bu ýerde I_t we I_P degişlilikde nikola düşýän ýagtylygyň tebigy we polýarlanan düzüjileriniň depgini.

Ýagtylygyň polýarlanma derejesiniň:

$$P=\frac{I_{iň\ uly}-I_{iň\ kiçi}}{I_{iň\ uly}-I_{iň\ kiçi}} \qquad (2)\ \text{aňlatmasyndan}$$

peýdalanmak üçin $I_{iň\ uly}$ we $I_{iň\ kiçi}$ depginleri (1) aňlatmadan kesgitlemeli.

Onda:

$$I_{iň\ uly} = 0{,}5I_t + I_p \qquad (3)$$

$$I_{iň\ kiçi} = 0{,}5I_t \qquad (4)$$

Meseläniň şertine görä, $I_{iň\ \ uly} = \delta I$ ýa-da (1) we (4) aňlatmalardan

$$I_{iň\ uly} = \delta\,[I_{iň\ kiçi}+(I_{iň\ uly}+I_{iň\ kiçi})]\cos^2\alpha \qquad (5)$$

Bu aňlatmada iki sany näbelli ýagny, $I_{iň\ uly}$ we $I_{iň\ kiçi}$ bar. Polýarlanma dereje (2) aňlatma arkaly kesgitlenýändigine görä, näbelli ululyklaryň gatnaşygyny bilmek ýeterlikdir.

Goý ol

$$\alpha=\frac{I_{iň\ uly}}{I_{iň\ kiçi}} \qquad \text{bolsun.}$$

Onda:

$$P=\frac{(1-a)}{1+a} \qquad (6)$$

(5) aňlatmanyň iki tarapyny hem $I_{iň\ uly}$ bölüp alarys:

$$1=\delta\left[\,a+(1-a)cos^2\alpha\,\right],$$

bu ýerden,

$$a=\frac{1-\delta\cos^2\alpha}{\delta\left(1-\cos^2\alpha\right)} \tag{7}$$

(7)-nji (6)-da ornuna goýup alarys:

$$P=\frac{\delta-1}{1+\delta\left(1-2cos^2\alpha\right)}. \tag{8}$$

Ululyklaryň san bahalaryny ornuna goýup hasaplasak:

$$P=\frac{3-1}{1+3\cdot\left(1-2\cdot\frac{1}{4}\right)}=0,8$$ bolar.

3-nji mesele. Kwars kristalyndan optiki okuna perpendikulýar kesilip alnan $d=1\,mm$ galyňlykly gatlagy monohromatik ýagtylygyň polýarlanma tekizligini $\varphi_1=20°$ burça aýlaýar. Bu ýagtylygyň ýaýraýan ugrunda özara parallel iki nikolyň arasynda ýerleşdirilen kwars kristalynyň, ikinji nikoldan ýagtylyk geçmez ýaly polýarlanma tekizligi aýlaýan galyňlygyny tapmaly we göwrüm birligindäki massasy $c=400\frac{kg}{m^3}$ bolan gant ergininden doldurylan turbanyň haýsy uzynlygynyň bu kristaly çalşyp biljekdigini kesgitlemeli. Gant ergini udel aýlandyrmasy:

$$[\alpha]=0,665\frac{grad}{m\cdot kg\cdot m^{-3}}.$$

Çözülişi: Kwars kristalynyň ýagtylygyň polýarlanma tekizligini aýlama burçy,

$$\varphi=\alpha d \tag{1}$$

aňlatma arkaly kesgitlenilýär.

Şu aňlatmanyň esasynda kristalyň zerur bolan galyňlyny tapmak mümkin.

$$d_2 = \frac{\varphi_2}{\alpha}, \tag{2}$$

bu ýerde φ_2– ýagtylygy doly geçirmeýän polýarlanma tekizliginiň aýlanma burçy $\left(\varphi_2 = \frac{\pi}{2} \right)$. Kwars kristalynyň polýarlanma tekizligi aýlandyrma hemişeligini,

$$\alpha = \frac{\varphi_2}{d_1} \tag{3}$$

gatnaşykdan kesgitlemek bolar.

Onda α –aýlandyrma hemişeligiň bahasyny (2)-de goýup,

$$d_2 = \frac{\varphi_2}{\varphi_1} d_1 \tag{4}$$

aňlatmany alarys.

(4) aňlatmada ululyklaryň san bahalaryny ornuna goýup, hasaplama geçirsek,

$$d_2 = \frac{90^\circ}{20^\circ} \cdot 1\,mm = 4{,}5\,mm \text{ bolar.}$$

Gant ergini bilen doldurylan turbanyň uzynlygyny kesgitlemek üçin:

$$\varphi_2 = [\alpha] c\ell \tag{5}$$

aňlatmadan peýdalanmaly we $\ell = d_2$ diýip, kabul etmeli. Sebäbi gant ergininden doldurylan turbanyň ýagtylygyň polýarlanma tekizligini aýlandyrma burçy d_2 galyňlykdaky kwars kristalyň aýlandyrma burçuna deň.

Onda (5) aňlatmadan:

$$\ell = \frac{\varphi_2}{[\alpha]c} \qquad (6)$$

(6)-a girýän ululyklaryň san bahalaryny ornuna goýup hasaplasak,

$$\ell = \frac{90}{0,665 \cdot 400} = \frac{9}{26,6} = 0,338\, m = 33,8\, sm\,.$$

Meseleler

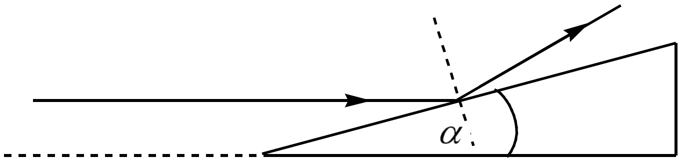
5.1. Döwme görkezijisi 1,54 bolan aýnanyň üstüne tebigy ýagtylyk düşýär. Eger serpigen ýagtylyk doly polýarlanan bolsa, düşýän we serpigýän şöhleleriň arasyndaky burçy hasaplamaly.

5.2. Doly içki serpikmesiniň çäk burçy 42° bolan maddanyň doly polýarlanma burçy näçä deň?

5.3. Aýna (n=1,5) gabynyň içi suwuklykdan doldurylan. Tebigy ýagtylyk suwuklygyň içinden geçip, gabyň düýbünden serpikýär. Gabyň düýbüne ýagtylyk $42^\circ 37'$ burç bilen düşende, serpigen ýagtylyk doly polýarlanýar. Tapmaly: 1) suwuklygyň döwme görkezijisini, 2) gabyň düýbünden ýagtylygyň doly içki serpikmegi üçin, düşme burçunyň çäk ululygyny kesgitlemeli.

5.4. Howadan daş duzunyň kristalyna düşýän ýagtylyk üçin Brýusteriň burçy 57°. Bu kristalda ýagtylygyň ýaýraýyş tizligini kesgitlemeli.

5.5. Tebigy ýagtylyk şöhlesi aýna (n=1,6) prizmanyň üstüne düşýär. (*5.2-nji surat*). Eger serpigen ýagtylyk doly polýarlanan bolsa, prizmanyň iki granynyň arasyndaky α burçy hasaplamaly.

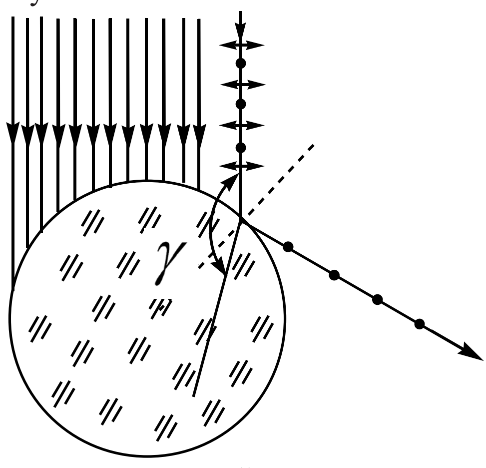


5.2-nji surat

5.6. Aýna (n=1,5) prizmanyň döwüji burçunyň haýsy ululygynda onuň üstüne ýagtylygyň düşme we ondan çykma burçlary doly polýarlanma burçuna deň bolar? Prizma suwa çümdürilen ýagdaý üçin hem meseläni çözmeli.

5.7. Howa-aýna araçägine ýagtylyk düşende döwülme burçunyň 30° –a deň ýagdaýynda serpigen ýagtylyk doly polýarlanýan bolsa, aýnanyň döwme görkezijisi näçä deň?

5.8. Tebigy ýagtylyk şöhlesi aýna (n=1,54) şaryň üstüne düşýär (5.3-nji surat). A nokatda düşýän we döwlen şöhleleriň arasyndaky γ burçy hasaplamaly.



5.3-nji surat

5.9. Nikolyň prizmasynyň üstüne tebigy ýagtylyk düşýän bolsa, ondan geçýän ýagtylygyň depgini näçe prosent azalar? Serpikme we siňdirilme sebäpli, Nikolda ýagtylyk energiýasynyň ýitgisi 12 %.

5.10. Iki nikolyň baş tekizlikleri arasyndaky burç 30°. Eger baş tekizlikler arasyndaky burç 60° edilse, iki nikoldan geçen ýagtylygyň depgini nähili üýtgär?

5.11. Seljeriji, üstüne düşýän polýarlanan ýagtylygyň depginini 2 esse azaldýar. Polýarizatoryň we seljerijiniň baş tekizlikleri arasyndaky burç näçä deň? Serpikme sebäpli, ýagtylygyň ýitgisini hasaba almaly däl.

5.12. Biri-biriniň yzynda ýerleşdirilen üç sany nikolyň içinden ýagtylyk geçirilýär. Birinji we üçünji nikolyň baş tekizlikleri özara parallel, ortadaky nikolyň baş tekizligi beýlekiler bilen 63° burçy emele getirýär. Birinji nikolyň üstüne düşýän ýagtylyk tebigy. Serpikdirme we siňdirme sebäpli, her nikolyň üstüne düşýän ýagtylyk energiýasynyň 10%-ini ýitirýär. Üç nikoldan geçende ýagtylygyň düşýän depgini näçe esse azalar?

5.13. Iki sany Nikolyň prizmasynyň içinden geçmek bilen tebigy ýagtylygyň depgini 9 esse azaldy. Nikollaryň baş tekizlikleri arasyndaky burçy hasaplamaly. Serpikme we siňdirilme sebäpli, ýagtylyk energiýasynyň ýitgisi 10 %.

5.14. Iki sany Nikolyň prizmasynyň içinden geçende, tebigy ýagtylygyň depgini 5,4 esse azaldy. Eger nikollaryň baş tekizlikleriniň arasyndaky burç 45° bolsa, her nikolda ýagtylygyň serpikmegi we siňdirilmegi zerarly ýagtylygyň depgininiň ýitgisini prosentlerde hasaplamaly.

5.15. Kem-käs polýarlanan ýagtylyk tebigy we çyzykly-polýarlanan ýagtylykdan ybarat. Bu ýagtylyklaryň depginleriniň I_t / I_p gatnaşygyny tapmak üçin, kem-käs polýarlanan ýagtylygy, Nikolyň prizmasyndan geçirýärler. Şeýlelikde, Nikolyň prizmasynyň bir ýagdaýynda geçen ýagtylygyň depgininiň has uly $I_{iň\ uly}$, beýleki ýagdaýynda, – has kiçi $I_{iň\ kiçi}$ bolmagyny gazanýarlar. Netijede: $I_{iň\ uly} / I_{iň\ kiçi}$ bolupdyr. Düşýän ýagtylykdaky tebigy we polýarlanan ýagtylyklaryň depginleriniň gatnaşygyny kesgitlemeli.

5.16. Kem-käs polýarlanan ýagtylyk nikolyň içinden geçirilýär. Içinden geçýän ýagtylygyň depgininiň has az ($I_{iň\ kiçi}$) bolan ýagdaýyndan, nikoly 60º burça aýlandyranda, depgin çärýek artdy. Düşýän ýagtylygyň polýarlanma derejesi nähili?

5.17. Kem-käs polýarlanan ýagtylyga nikolyň üsti bilen seredýärler. Ýagtylygyň depgininiň has uly $I_{iň\ uly}$ bolan ýagdaýyndan, nikoly 60° burça aýlanda, depgin 3 esse azalypdyr. Tebigy we çyzyklypolýarlanan ýagtylyklaryň depginleriniň gatnaşygyny we düşýän ýagtylygyň polýarlanma derejesini kesgitlemeli.

5.18. Kem-käş polýarlanan ýagtylykda ýagtylygyň iň uly depginine degişli ýagtylyk wektorynyň amplitudasy, iň kiçi depginine degişli ýagtylyk wektorynyň amplitudasyndan 2 esse uly. Ýagtylygyň polýarlanma derejesini kesgitlemeli.

5.19. Kem-käs polýarlanan ýagtylygyň polýarlanma derejesi 0,5. Seljerijiden geçýän ýagtylygyň iň uly we iň kiçi depginleri näçe esse tapawutlanýar?

5.20. Eger optiki okuna perpendikulýar edilip kesilen kwars plastinasy, baş tekizlikleri parallel bolan iki nikolyň arasynda ýerleşdirilende, görüş meýdany doly garaňkyraýan bolsa, kwars plastinasynyň ýagtylygyň polýarlanma tekizligini aýlama hemişeligini kesgitlemeli. Plastinanyň galyňlygy 4,02 mm-niň.

5.21. Aýna turbajygyna guýlan gant ergini konsentrasiýasy $0,3g \cdot sm^3$. Bu ergin ýagtylygyň polýarlanma tekizligini 25º aýlaýar. Eger-de, edil şunuň ýaly başga turbajyga guýlan gant ergini 20º aýlaýan bolsa, ol ergin iň konsentrasiýasyny hasaplamaly.

5.22. Gant erginli turbajykdan geçende, ýagtylygyň polýarlanma tekizligi 20º aýlanýan bolsa, ergindäki gandyň konsentrasiýasyny kesgitlemeli. Turbajygyň uzynlygy 15 *sm*. $1\,g \cdot sm^{-3}$ konsentrasiýada gandyň udel aýlamasy $66{,}5^\circ\ \ dm^{-1}$.

ALTYNJY BAP
ÝAGTYLYGYŇ DISPERSIÝASY WE SIŇDIRILMESI. ÝAGTYLYGYŇ PYTRADYLMASY

Esasy kanunlar we aňlatmalar

● Ýagtylygyň faza tizligi:

$$\upsilon = \frac{\omega}{2\pi}\lambda = \frac{\omega}{k} = \frac{c}{n}.$$

bu ýerde c–ýagtylygyň wakuumda ýaýrama tizligi; n–ýagtylygy döwme görkezijisi; k–tolkun sany, λ–tolkun uzynlyk.

● Ýagtylygyň topar tizligi:

$$U = \frac{d\omega}{dk} = \upsilon + k\frac{d\upsilon}{dk} = \upsilon - \lambda\frac{d\upsilon}{d\lambda}.$$

Kadaly (normal) dispersiýa üçin Koşiniň aňlatmasy:

$$n = A + \frac{B}{\lambda_0^2} + \frac{c}{\lambda_0^4} + \dots$$

bu ýerde n – maddanyň döwme görkezijisi; λ_0–ýagtylygyň tolkun uzynlygy; A, B, C – her bir madda üçin tejribe arkaly kesgitlenýän hemişelik ululyklar.

● Dury maddanyň kesgitli d galyňlygyndan geçen ýagtylygyň depgini üçin

Bugeriň kanuny:

$$I = I_0 \exp(-kd),$$

bu ýerde I_0–maddanyň üstüne düşýän ýagtylygyň depgini; I – maddadan geçen ýagtylygyň depgini; k – maddanyň ýagtylygy siňdirme koeffisiýenti.

● Ergininiň kesgitli ℓ–aralygyny geçen ýagtylygyň depgini üçin, Bugeriň-Lamberiň aňlatmasy:

$$I = I_0 \exp(-k_1 c\ell),$$

bu ýerde I_0 we I ergine düşen we erginden geçen ýagtylygyň depginleri; k_1 – erginiň udel siňdirme koeffisiýenti; c –maddanyň erginiň göwrüm birligindäki massasy.

● Erginiň optiki dykyzlygy:

$$D = \lg\left(\frac{1}{\tau}\right) = \lg\left(\frac{I_0}{I}\right),$$

bu ýerde, $\tau = \dfrac{I}{I_0}$ – erginiň ýagtylygy geçirme koeffisiýenti.

Ýagtylygyň pytradylmasy sebäpli, depgininiň azalmasy.

$$I = I_0 \exp(-k'd)$$

bu ýerde k' – pytradylma koeffisiýenti.

● Ýagtylygyň siňdirilmesiniň we pytradylmasynyň bileligindäki täsiri netijesinde, depgininiň üýtgemesi:

$$I = I_0 \exp(-\mu d)$$

bu ýerde, $\mu = k + k'$

● Maddanyň ýagtylygy pytratmasynyň ýagtylygyň tolkun uzynlygyna baglylygy: (Releýiň kanuny)

$$I = \mu \frac{1}{\lambda^4}.$$

bu ýerde, μ –ýagtylygyň pytradylma hemişeligi λ –madda düşýän ýagtylygyň tolkun uzynlygy.

● Wawilowyň-Çerenkowyň şöhlelenmesinde şöhlelenmäniň ýaýrama ugry bilen zarýadly bölejigiň tizlik wektorynyň arasyndaky burç:

$$\cos\theta = \frac{c}{n\upsilon} \qquad \text{ýa-da} \qquad \cos\theta = \frac{1}{\beta n};$$

bu ýerde, υ – zarýadly bölejigiň tizligi;

n – gurşawyň döwme görkezijisi; $\beta = \frac{\upsilon}{c}$.

Mesele çözmegiň mysallary

1-nji mesele. Tolkun uzynlyklaryň käbir uly bolmadyk çägi üçin dury maddanyň döwme görkezijisiniň tolkun uzynlyga baglylygy, $n = A + \frac{B}{\lambda^2}$ – funksiýa görnüşde berlen.

Maddanyň dispersiýasyny we maddada ýagtylygyň faza hem-de topar tizliklerini kesgitlemeli.

Çözülişi: Maddanyň dispersiýasy döwme görkezijiden tolkun uzynlyk boýunça alnan birinji önüm ýaly kesgitlenilýär

$$\eta = \frac{dn}{d\lambda} = \frac{d\left(A + B\lambda^{-2}\right)}{d\lambda} = -\frac{2B}{\lambda^3}.$$

Ýagtylygyň faza tizligi:

$$\upsilon = \frac{c}{n} \tag{1}$$

aňlatma arkaly kesgitlenilýär.

Onda meseläniň şertinden n-iň bahasyny (1) aňlatma ornuna goýup alarys:

$$\upsilon = \frac{c}{A + \frac{B}{\lambda^2}} = \frac{c\lambda^2}{A\lambda^2 + B};$$

Ýagtylygyň topar tizligi

$$U = \upsilon - \lambda\frac{d\upsilon}{d\lambda} \tag{2}$$

aňlatma arkaly kesgitlenilýär.

Onda:

$$U = \frac{c\lambda^2}{A\lambda^2 + B} - \lambda \frac{d\left(\dfrac{c\lambda^2}{A\lambda^2 + B}\right)}{d\lambda} = \frac{c\lambda^2\left(A\lambda^2 - B\right)}{\left(A\lambda^2 + B\right)^2}.$$

2-nji mesele. Maddanyň $d_1 = 3{,}8\ mm$ galyňlykly gatlagynyň üstüne dik düşýän ýagtylyk akymynyň $r_1 = 0{,}84$ ülşüni geçirýär, maddanyň galyňlygy $d = 9\ mm$-e çenli artdyrylanda ýagtylyk akymynyň $r_2 = 0{,}7$ ülşüni geçirýär. Bu maddanyň ýagtylygy siňdirme koeffisiýentini tapmaly.

Çözülişi: Dury maddanyň içinden geçen ýagtylygyň depgini Bugeriň kanuny arkaly aňladylýar.

$$I = I_0 \exp(-kd).$$

Bu kanuny maddanyň dürli galyňlyklary üçin aşakdaky ýaly ýazmak bolar.

$$I_1 = I_0 \exp(-kd_1), \tag{1}$$

$$I_2 = I_0 \exp(-kd_2), \tag{2}$$

bu ýerden:

$$\frac{I_1}{I_0} = r_1 = \exp(-kd_1), \tag{3}$$

$$\frac{I_2}{I_0} = r_2 = \exp(-kd_2). \tag{4}$$

Bu deňlikleri gatnaşdyryp,

$\frac{r_1}{r_2} = \exp[k(d_2 - d_1)]$ aňlatmany alarys.

(5) aňlatmany logarifmirlesek,

$$\ln\left(\frac{r_1}{r_2}\right) = k\left(d_2 - d_1\right) \tag{6}$$

Bu ýerden

$$k = \frac{\ln\left(\dfrac{r_1}{r_2}\right)}{d_2 - d_1} \tag{7}$$

(7) aňlatmada ululyklaryň san bahalaryny ornuna goýup, hasaplama geçirip alarys:

$$k = \frac{\ln\left(\dfrac{0,84}{0,7}\right)}{\left(9-3,8\right)\cdot 10^{-3}} = \frac{\ln\left(1,2\right)}{5,2\cdot 10^{-3}} =$$

$$k = \frac{\ln\left(\dfrac{0,84}{0,7}\right)}{\left(9-3,8\right)\cdot 10^{-3}} = \frac{\ln\left(1,2\right)}{5,2\cdot 10^{-3}} = \frac{0,1823}{5,2}\cdot 10^{3} = 35\,.$$

3-nji mesele. Wawilowyň - Çerenkowyň hadysasynyň (effektiniň) suwda ýüze çykmagy üçin, elektronyň ($\frac{MeW}{c}$ ölçeg birliginde) eýeläp biljek iň kiçi impulsyny tapmaly.

Çözülişi: Wawilowyň-Çerenkowyň hadysasy, maddada hereket edýän zarýadly bölejigiň tizligi, bu maddada ýagtylyk tolkunlarynyň ýaýrama tizliginden (faza tizliginde) uly bolan ýagdaýynda ýüze çykýan şöhlelenmedir. Belli bolşy ýaly, ýagtylyk tolkunlarynyň faza tizligi

$$\upsilon_f = \frac{c}{n} \text{ aňlatma arkaly,}$$

kesgitlenilýär. Bu ýerde, c–ýagtylygyň wakuumda ýaýrama tizligi; n–maddanyň döwme görkezijisi. Wawilowyň-Çerenkowyň hadysasynyň ýüze çykmasy üçin zarýadly bölejigiň tizligi:

$$\upsilon > \upsilon_f \text{ ýa-da } \upsilon > \frac{c}{n} \text{ şerti}$$

kanagatlandyrmaly. Adatça bu şert:

$$\beta = \frac{\upsilon}{c}; \ \beta n > 1 \qquad (1)$$

görnüşde aňladylýar.

Wawilowyň-Çerenkowyň şöhlelenmesi relýatiwistik bölejiklere degişli bolýandygyna görä ilki relýatiwistik bölejigiň impulsy üçin aňlatmany ýazmaly

$$P = m\upsilon = \frac{m_0\upsilon}{\sqrt{1-\beta^2}} \text{ ýa-da } P = \frac{m_0 c\beta}{\sqrt{1-\beta^2}}.$$

Impulsyň iň kiçi bahasyna $\beta_{\text{iň kiçi}}$-yň iň kiçi bahasy degişli bolýandygyna görä (1) aňlatmada, $\beta_{\text{iň kiçi}} = \frac{1}{n}$.

Onda impulsyň iň kiçi bahasy üçin,

$$P_{\text{iň kiçi}} = \frac{m_0 c}{\sqrt{n^2 - 1}} \qquad (2)$$

aňlatmany alarys.

Hasaplamany halkara birlikler ulgamyna girmeýän ölçeg birliginde, ýagny $\frac{MeW}{c}$ (bu ýerde c–ýagtylygyň wakuumda ýaýrama tizligi) birliklerde geçirmeli. (meseläniň şertiniň talaby). Onuň üçin elektronyň dynçly energiýasyndan peýdalanmaly.

Bu ýerden:

$$m_0 c = 0{,}511\,\frac{MeW}{c};$$

(2) aňlatmada ululyklaryň san bahalaryny ornuna goýup, hasaplama geçirsek:

$$P_{in\ kici} = \frac{0{,}511}{\sqrt{(1{,}33)^2 - 1}} = \frac{0{,}511}{\sqrt{1{,}77 - 1}} = \frac{0{,}511}{\sqrt{0{,}77}} = 0{,}583\,\frac{MeW}{c}.$$

Meseleler

6.1 $14,5^0 S$ temperaturada we kadaly atmosfera basyşynda natriniň sary çyzygy üçin howanyň döwme görkezijisi 1,0002929. Şol temperaturada we 28,6 atmosfera. basyşynda howanyň döwme görkezijisini kesgitlemeli.

6.2. Natriniň sary çyzygy ($\lambda = 5893 \cdot 10^{-10} m$) üçin kadaly şertlerde, howanyň döwme görkezijisi 1,0002918. 30°*S* temperaturada we $3 \cdot 10^6 Pa$ basyşda, howanyň döwme görkezijisini kesgitlemeli.

6.3. Siňdirilme çyzygyndan uzakda tolkun uzynlygynyň uly bolmadyk çägi üçin, dury maddanyň döwme görkezijisi ýagtylygyň tolkun uzynlygy bilen,

$$n = A + \frac{B}{\lambda^2}$$

gatnaşyk arkaly baglanyşýar. Maddanyň dispersiýasyny, ýagtylygyň faza we topar tizliklerini kesgitlemeli.

6.4. Eger prožektor 0,5 *km* uzaklykdan 960 *lk* ýagtylandyryş, 2,5 *km* uzaklykdan 32 *lk* ýagtylandyryş döredýän bolsa, atmosferanyň her kilometri düşýän ýagtylyk akymynyň näçe ülşüni geçirer?

6.5. Plastinadan geçeninde, siňdirilme netijesinde, λ_1 tolkun uzynlykly ýagtylyk N_1 esse gowşaýar, λ_2 tolkun uzynlykly ýagtylyk bolsa, N_2 esse gowşaýar. Eger λ_1 tolkun uzynlykly ýagtylyk üçin siňdirme, koeffisiýenti k_1 bolsa, λ_2 tolkun uzynlykly ýagtylyk üçin, siňdirilme koeffisiýentini (k_2) kesgitlemeli.

6.6. Giňligi 0,5 *sm* bolan gönüburçly dury gapjagaza (kýuwet) guýlan boýag ergininiň siňdirýän ýagtylygynyň kuwwatyny hasaplamaly. Kuwwaty 1 Wt deň bolan monohromatik ýagtylyk şöhlesiniň akymy gapjagazyň granyna dik düşýär. Ergniň udel siňdirme koeffisiýenti $20 g^{-1} \ell \, sm^{-1}$, ergniň konsentrasiýasy $0,1 g \cdot \ell^{-1}$.

6.7. Tolkun uzynlygy 0,55 *mkm* ýagtylyk üçin boýag ergininiň molýar siňdirme koeffisiýenti $10^5 sm^{-1} \cdot mol^{-1}$. Boýagyň konsentrasiýasy $10^{-6} mol^{-1} \cdot \ell^{-1}$ bolan 0,1 *mm* erginiň gatlagy görkezilen tolkun uzynlykly fotonyň näçesini siňdirer? Erginiň üstüne düşýän ýagtylyk akymy $10^{-3} Wt$.

6.8. Boýagyň konsentarsiýasy $10^{-4} sm \cdot mol^{-1} \cdot \ell$ bolan erginiň gatlagynyň galyňlygy $0{,}5\ mm$. Gök şöhleler üçin erginiň molýar siňdirme koeffisiýenti $10^5 sm^{-1} \cdot mol^{-1} \cdot \ell$. Eger erginiň konsentrasiýasy we onuň üstüne düşýän ýagtylygyň akymy 2 esse artdyrylsa, erginden geçýän ýagtylygyň ýitiligi näçe esse üýtgär?

6.9. Gök şöhleler $(\lambda = 0{,}436\ mkm)$ üçin, grafitiň siňdirme koeffisiýenti $700\ sm^{-1}$. Grafitiň näçe galyňlygy gök şöhleleriň intensiwliligini 100 esse azaldar? Şu kesimde näçe tolkun uzynlyk ýerleşer? Grafit gatlagynyň galyňlygy $30\ mkm$-den $60\ mkm$-e ulaldylanda geçýän ýagtylygyň ýitiliginiň üýtgemezligi üçin, düşýän ýagtylygyň ýitiligini näçe esse artdyrmaly?

6.10. Eger erginiň geçirme koeffisiýenti $\tau = 0{,}3$ bolsa, onuň optiki dykyzlygy näçä deňdir?

6.11. Galyňlygy $\ell = 20 sm$ bolan maddanyň içinden geçen monohromatik ýagtylygyň intensiwliligi 4 esse azaldy. Eger onuň siňdirme koeffisiýenti $k = 0{,}015\ sm^{-1}$ bolsa, pytradylma koeffisiýentini hasaplamaly.

6.12. Molekulýar pytradylan gök ýagtylygyň $(\lambda_1 = 450\ nm)$ depgini pytradylan gyzyl ýagtylygyň $(\lambda_2 = 700\ nm)$ depgininden näçe esse artyk bolar?

6.13. Topar tizligini (U) faza tizliginiň (ϑ) we faza tizliginiň dispersiýasynyň üsti bilen hem-de faza tizliginiň we döwülme görkezijisiniň (n) dispersiýasynyň üsti bilen aňlatmaly.

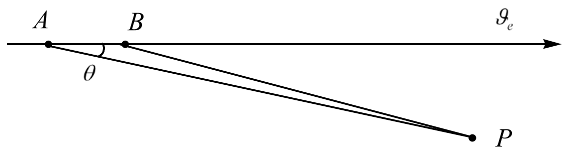
6.14. $\lambda_1 = 656\ nm$ ýagtylyk üçin kükürtli uglerodyň döwme görkezijisi $n_1 = 1{,}620$ deň, $\lambda_2 = 580\ nm$ ýagtylyk üçin bolsa,

$n_2 = 1{,}629$. Spektriň $\lambda = 620\ nm$ tolkun uzynlygy üçin kükürtli uglerodda faza we topar tizlikler näçe esse tapawutlanýar?

6.15. $\lambda_1 = 441{,}6\ nm$ ýagtylyk üçin suwuň döwme görkezijisi $n_1 = 1{,}341$, $\lambda_2 = 589{,}3\ nm$ ýagtylyk üçin $n_2 = 1{,}334$. Spektriň gök bölegi üçin (tolkun uzynlygyny λ_1 we λ_2-niň orta bahasyny almaly) faza we topar tizlikleriň takmyn ululygyny hasaplamaly.

6.16. Wawilowyň-Çerenkowyň effektiniň manysy şundan ybarat, ýagny käbir sredada elektron, ýagtylygyň faza tizliginden ýokary tizlik bilen deňölçegli hereketlenende, şöhlelenme ýüze çykýar. Bu şöhlelenmäniň duşundan elektron geçeninde, onuň meýdanynyň täsirinde gurşawyň molekulalarynyň goýberýän tolkunlarynyň interferensiýasy hökmünde düşünmek mümkin. 6.1-nji suratda elektronyň hereket ugry peýkamjyk bilen görkezilen; *P*-syn edilýän nokat.

Haýsy şertde, ilki *A* nokatdan, soňra *B* nokatdan goýberilen tolkunlaryň *A* we *B* nokatlaryň duran ýerine garamazdan, *P* nokada birwagtda gelip, interferensiýa netijesinde biri-birini güýçlendirýändigini kesgitlemeli. Diňe, elektronyň tizliginiň, berlen gurşawda ýagtylygyň $\upsilon = c/n$ faza tizliginden uly bolan ýagdaýynda, P nokatda şöhlelenmäni görmek mümkindigini görkezmeli.



6.1-nji surat

6.17. Wawilowyň-Çerenkowyň hadysasyna gözegçilik edilende, benzol üçin elektronyň hereketiniň ugry bilen şöhlelenme ugrunyň arasyndaky burç $38°30'$ bolupdyr. Benzolda elektronyň we ýagtylygyň tizligini kesgitlemeli. Benzolyň döwülme görkezijisi $n = 1{,}5$.

6.18. Wawilowyň-Çerenkowyň effektiniň ýüze çykmagy üçin agyr aýnada elektronyň energiýasynyň iň kiçi bahasy näçä deň bolmaly? Agyr aýnanyň döwme görkezijisi $n = 1{,}8$ -e deň.

6.19. Relýatiwistik elektronyň impulsy $m_o c$ deň. Sredanyň döwme görkezijisiniň haýsy iň kiçi ululygynda heniz Wawilowyň-Çerenkowyň effektini görmek bolar?

6.20. Kinetik energiýasy $T = 0{,}51\, MeW$ deň bolan elektron suwda hereketlenýär. Çerenkowyň şöhlelenmesiniň ugry bilen elektronyň hereket ugry arasyndaky θ burçy hasaplamaly.

ÝEDINJI BAP
HEREKETLENÝÄN JISIMLERIŇ OPTIKASY

Esasy kanunlar we aňlatmalar

● Gurşawda (maddada) ýagtylygyň ýaýrama tizligi:

$$\upsilon = \frac{c}{n}$$

bu ýerde c -ýagtylygyň wakuumda ýaýrama tizligi; n – gurşawyň (maddanyň) ýagtylygy döwme görkezijisi.

● Dopleriň hadysasy (effekti):

$$\nu = \nu_0 \frac{\sqrt{1-\beta^2}}{1+\beta \cos\theta}$$

bu ýerde ν_0 –çeşmäniň şöhlelendirýän ýagtylygynyň ýygylygy; ν –gözegçiniň kabul edýän ýagtylygynyň ýygylygy; $\beta = \frac{\upsilon}{c}$ –çeşmäniň gözegçä görä hereket tizligi; c –ýagtylygyň wakuumda ýaýrama tizligi; θ –gözegçi bilen baglanyşykly hasaplaýyş ulgamynda $\vec{\upsilon}$ –tizlik wektory bilen gözegçilik edilýän ugruň arasyndaky burç.

Çeşme gözegçiden daşlaşýan ýagdaýy üçin $(\theta = 0)$:

$$\nu = \nu_0 \sqrt{\frac{1-\beta}{1+\beta}}$$

Çeşme gözegçä ýakynlaşýan ýagdaýy üçin $(\theta = \pi)$:

$$\nu = \nu_0 \sqrt{\frac{1+\beta}{1-\beta}}$$

Mesele çözmegiň mysallary

1-nji mesele. Tolkun uzynlygy $\lambda_0 = 600\ nm$ bolan monohromatik ýagtylyk çeşmesi $\upsilon = 0{,}1\,c$ tizlik bilen kabul edijä tarap hereket edýär. Gözegçiniň spektr abzalynyň kabul edýän şöhlelenmesiniň tolkun uzynlygyny kesgitlemeli:

Çözülişi: Gözegçi bilen baglanyşykly hasaplaýyş ulgamyna görä, abzalyň kabul edýän elektromagnit tolkunlarynyň ýygylygy, Dopleriň hadysasynyň esasynda kesgitlenilýär.

$$\nu = \nu_0 \frac{\sqrt{1-\beta^2}}{1+\beta\, cos\theta} \qquad (1)$$

bu ýerde $\beta = \frac{\upsilon}{c}$; θ –çeşmäniň tizlik wektory bilen gözegçilik edilýän ugruň arasyndaky burç; c – elektromagnit tolkunlarynyň wakuumda ýaýrama tizligi. Meseläniň şertine görä $\theta = \pi$ we $cos\theta = -1$. Onda (1) aňlatmany

$$\nu = \nu_0 \sqrt{\frac{1+\beta}{1-\beta}} \qquad (2)$$

görnüşde ýazyp bileris.

Belli bolşy ýaly, $\nu = \frac{c}{\lambda}$.

Onda (2) aňlatmany tolkun uzynlygy arkaly aňladyp alarys :

$$\lambda = \lambda_0 \sqrt{\frac{1-\beta}{1+\beta}} \qquad (3)$$

Ululyklaryň san bahalaryny ornuna goýup hasaplasak,

$$\lambda = 6 \cdot 10^{-7} \sqrt{\frac{1-0,1}{1+0,1}} = 6 \cdot 10^{-7} \sqrt{\frac{0,9}{1,1}} = 5,42 \cdot 10^{-7} m = 542 \cdot 10^{-9} m = 542\, nm$$

2-nji mesele. Tolkun uzynlygy $\lambda_0 = 550\, nm$ bolan ýagtylyk şöhlesi biri-birine garşylykly ugurda aýlanýan iki sany tekiz aýnalara dik düşýär (A.A. Belopolskiniň tejribesi). Ýagtylyk aýnalardan N=15 gezek serpikdirilen soň, spektroskopa düşýär. Aýna düşýän ýagtylygyň tolkun uzynlygynyň Dopler üýtgemesini kesgitlemeli. Aýnalaryň çyzyk tizligi $\upsilon_1 = 500 \frac{m}{s}$.

Çözülişi: Çeşme dynçlykda duran iki sany tekiz aýnanyň orta arasynda ýerleşdirilende, her bir aýna çenli aralygy ℓ-e deň diýip kabul etsek, onda onuň *N*-nji şekili bilen aralygy $2N\ell$-e deň bolar. Eger aýnalar biri-birine garşy υ_1 çyzyk tizlik bilen aýlanýan bolsa, t-wagta ℓ aralygy geçerler. Şol wagtyň dowamynda çeşmäniň *N*-nji şekili $2N\ell$ aralygy υ tizlik bilen geçer, ýagny:

$$t = \frac{\ell}{\upsilon_1}, \qquad t = \frac{2N\ell}{\upsilon},$$

bu aňlatmalardan,

$$\upsilon = 2N\upsilon_1 . \qquad (1)$$

Bu ýagdaý üçin Dopleriň hadysasy aşakdaky ýaly aňladylýar.

$$\nu = \nu_0 \sqrt{\frac{1-\frac{\upsilon}{c}}{1+\sqrt{\frac{\upsilon}{c}}}} . \qquad (2)$$

Ýygylygy tolkun uzynlyk arkaly aňlatsak

$$\nu = \frac{c}{\lambda_0}; \qquad \nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{c}{\lambda_0 + \Delta\lambda}.$$

Onda:

$$\frac{c}{\lambda_0 + \Delta\lambda} = \frac{c}{\lambda_0}\sqrt{\frac{c-\upsilon}{c+\upsilon}};$$

$$\frac{\lambda_0^2}{(\lambda_0 + \Delta\lambda)^2} = \frac{c-\upsilon}{c+\upsilon} = \frac{c-2N\upsilon_1}{c+2N\upsilon_1};$$

$(\Delta\lambda)^2$ – örän kiçi we $c >> 2N\upsilon$, bolmagyna görä hasaba almazlyk mümkin.

Onda;

$$\Delta\lambda = \frac{2N\upsilon_1}{c}\lambda_0 \qquad (3)$$

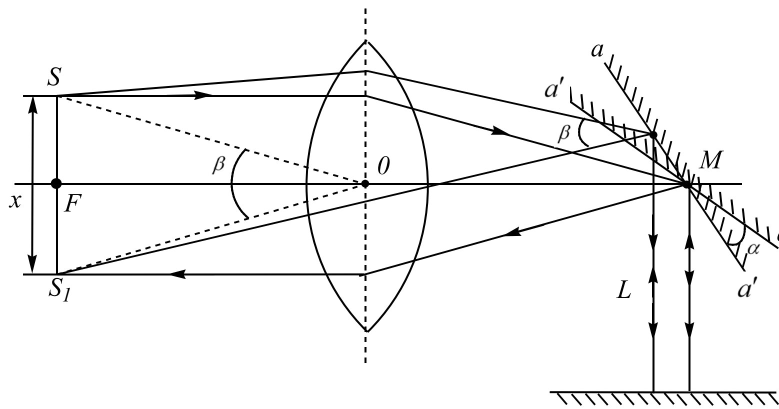
(3) aňlatmada ululyklaryň san bahasyny ornuna goýup, hasaplama geçirsek,

$$\Delta\lambda = \frac{2\cdot 15\cdot 5\cdot 10^2\cdot 5,5\cdot 10^{-7}}{3\cdot 10^8} = 0,275\,\overset{0}{A}.$$

Meseleler

7.1. Ýagtylygyň tizligini ölçemek boýunça, Fizonyň geçiren tejribesinde, ýagtylyk, aýlanýan dişli tigriň dişleriniň arasyndan geçirilip, *L* uzaklykda ýerleşdirilen aýna düşürilýär, ondan serpikdirilip, ýene-de dişli tigre getirilýär we ondan geçip, synagçynyň gözüne düşürilýär. Tejribede tigriň dişleriniň sany *N*=720*,* tigir bilen aýnanyň aralygy *L=8633 m-e* deň bolupdyr. Tigriň aýlanma ýygylygy $\nu = 12,67\ s^{-1}$ bolanda, ondan ýagtylygyň geçmesi birinji gezek kesilipdir. Fizo ýagtylygyň tizligi üçin nähili bahany alypdyr?

7.2. Eger Fukonyň tejribesinde (*7.1-nji surat*) ýagtylyk aýlanýan aa we hereketsiz A aýnalaryň arasyndaky $L = 4\,m$ ýoly suwda geçýän bolsa we linzanyň fokus aralygy $F = 1\,m$, aa aýna sekuntda 800 aýlaw edýän bolsa, x süýşme näçä deň bolar? Suwuň döwme görkezijisi 1,33 deň.



7.1-nji surat

7.3. Fizonyň tejribeleriniň birinde dişli tigirden aýna çenli aralyk $L = 10\,km$ deň bolupdyr. Tigir 720 sany dişe eýe bolupdyr. Ýagtylygyň yzygider iki gezek kesilmesi tigriň aýlaw ýygylygynyň $52\frac{ayl}{s}$ we $72{,}8\frac{ayl}{s}$ ululyklarynda ýüze çykypdyr. Ýagtylygyň tizligini hasaplamaly.

7.4. Fizonyň tejribeleriniň birinde dişli tigirden aýna çenli uzaklyk L=7 *km*, tigriň dişleriniň sany N=720. Ýagtylygyň yzygider iki gezek kesilmesi tigriň aýlaw ýygylygynyň $283\frac{ayl}{s}$ we $313\frac{ayl}{s}$ ululyklarynda ýüze çykypdyr. Ýagtylygyň tizligini hasaplamaly.

7.5. Dünýä efirini suwuň äkitme koeffisiýentini kesgitlemek boýunça, Fizonyň tejribesine meňzeş tejribede, ýagtylygyň suwdaky jemi ýoly $2\ell = 2\,m$, ýagtylygyň tolkun uzynlygy $\lambda = 600\,nm$. Suw $U = 6\,m \cdot s^{-1}$ tizlik bilen herekete getirilende interferensiýa zolaklarynyň süýşme ululygynyň näçe zolagyň inine (ΔN) deň boljakdygyny kesgitlemeli. Suwuň döwme görkezijisi 1,33.

7.6. Ýagtylygyň tizligini ölçemek boýunça, Maýkelsonyň tejribesinde, ýagtylygy kesiji hökmünde 8 granly aýna prizma ulanylýar. $L = 35{,}4\,km$ bolanda, Maýkelson ýagtylygyň tizligi üçin $s = 299796\,km \cdot s^{-1}$ ululygy alan bolsa, prizmanyň haýsy iň kiçi aýlaw ýygylygynda ilkinji gezek ýagtylyk görnüpdir?

7.7. Fizodan soň, onuň tejribesini Karno kämilleşdirýär we tigriň aýlaw ýygylygyny ep-esli artdyrýar. Şeýlelikde, ýagtylygyň 28 gezek yzygider öçüp ýanmasyny gazanýar. Tigrden aýna çenli aralyk $L = 23\,km$, tigiriň dişleriniň sany $N = 200$ bolanda, ýagtylygyň 28-nji görünmesi aýlaw ýygylygynyň 914,3 $\frac{ayl}{s}$ ululygynda ýüze çykan bolsa, Karno ýagtylygyň tizligi üçin nähili ululygy alypdyr?

7.8. Dumanlygyň (gür ýyldyz) Ýere görä hereketlenmegi netijesinde, onuň spektrindäki wodorodyň $\lambda = 656{,}3\,nm$ tolkun uzynlygy $12\,\overset{0}{A}$ ulalýan bolsa, dumanyň Ýere görä şöhle tizligini kesgitlemeli.

7.9. Ýyldyzyň spektrinde geliniň $4472\,\overset{0}{A}$ tolkun uzynlykly spektral çyzygynyň çäkleri $4469\,\overset{0}{A}$-dan $4475\,\overset{0}{A}$ çenli. Spektral çyzygyň giňelme effekti ýyldyzyň aýlanmagy sebäpli ýüze çykýar diýip hasaplap, onuň aýlanmasynyň çyzyk tizligini kesgitlemeli.

7.10. Atomlary erkin hereketlenip bilýän gyzgyn çeşmelerde, atomlar ýylylyk hereketini ýerine ýetirýärler. Bu bolsa Dopler effekti sebäpli, atomlaryň şöhlelenmesiniň spektral çyzygynyň giňelmesine getirýär. Spektral çyzygyň Dopler giňelmesi hökmünde, çyzygyň ýarym giňligi alynýar. Günüň $(T = 5700\,K)$ atmosferasyndaky wodorodyň $4861\overset{0}{A}$ tolkun uzynlykly çyzygynyň dopler giňelmesini hasaplamaly.

7.11. Radiolokasiýa stansiýasynyň kabul edijisiniň kömegi bilen ýakynlaşýan uçaryň tizligini kesgitlemek üçin, peredatçigiň signalynyň ýygylygy bilen uçardan serpigýän signalyň ýygylygynyň tapawutlanmasyndan peýdalanylýar. $\upsilon = 800 km / sag$ tizlik bilen ýakynlaşýan uçar $\Delta\nu = 400\ Gs$ ýygylyk tapawudyny bermegi üçin, radiolokator haýsy ýygylykda işlemeli.

7.12. $(T = 300\ K)$ temperaturada wodorod atomynyň şöhlelenmesiniň spektral çyzygynyň Dopler effekti zerarly $\Delta\lambda / \lambda$ giňelmesini hasaplamaly.

7.13. Iki kosmiki gämi bir göni boýunça hereketlenýärler. Käbir inersial hasaplama ulgamy boýunça, olaryň υ_1 we υ_2 tizligi, degişlilikde, 12 we 8 km/s. Eger birinji gämi $\nu_0 = 1\ MGs$ ýygylykly elektromagnit tolkunlaryny goýberýän bolsa, ikinji gäminiň kabul edýän elektomagnit tolkunlarynyň ýygylygyny hasaplamaly. Şeýle ýagdaýlara seretmeli: 1) kosmiki gämileri biri-birine tarap hereketlenýärler; 2) kosmiki gämiler biri-birinden daşlaşýarlar; 3) birinji gämi ikinjisiniň yzyndan ýetýär; 4) birinji gämi, şol bir ugur boýunça hereketlenýän ikinji gämiden daşlaşýar.

7.14. Alfa bölejikleriniň dessejiginiň ugry boýunça seredilende geliniň $\lambda = 4922\overset{0}{A}$ tolkun uzynlykly spektral çyzygynyň has uly dopler süýşmesi $8\overset{0}{A}$ bolan bolsa, geliniň razrýad turbajygynyň elektrodynda döredilen potensiallaryň tapawudy näçe?

MESELELERIŇ JOGAPLARY WE ÇÖZÜLIŞLERI

1.1. $I = \dfrac{\Phi}{4\pi} = 2,39kd$.

1.2. $\Omega = \dfrac{\Phi}{I} = 0,41ster, \quad 2\varphi = 2\arccos\dfrac{2\pi - \Omega}{2\pi} = 41^0 36'.$

1.3. $I = \dfrac{0,4 \cdot \Phi_0 S}{4\pi r^2} = 76,4mkA \cdot$

1.4. $E_1 = \dfrac{I}{r^2}; \quad E_2 = \dfrac{I}{r^2} + \dfrac{I\cos\alpha}{\left(r + \sqrt{2}r\right)^2}; \quad \dfrac{E_2}{E_1} = 1,12esse$.

1.5. $h = \sqrt{\dfrac{a^2}{2tg^2\alpha}} = \dfrac{a}{2} = \dfrac{5}{2} = 2,5m \cdot$

Bu ýerde a–kwadrat meýdanyň tarapy, a–meýdanyň burçuna şöhläniň düşme burçy.

1.6. $\dfrac{E_1}{E_2} = \dfrac{h}{\left(h^2 + \left(\dfrac{d}{2}\right)^2\right)\sqrt{h^2 + \left(\dfrac{d}{2}\right)^2}} \cdot \dfrac{\left(H^2 + \left(\dfrac{d}{2}\right)^2\right)\sqrt{H^2 + \left(\dfrac{d}{2}\right)^2}}{4H} = 1,2esse$

Bu ýerde $h = 0,4m, \quad H = 2m.$

1.7. $t_2 = \dfrac{I_1 \cdot r_2^2}{r_1^2 \cdot I_2} \cdot t_1 = 28S$.

1.8. $E_1 = \frac{I_1}{r_1^2}$, $E_2 = I_1\left(\frac{1}{3^2} + \frac{1}{4^2}\right) = 0{,}1735 I_1$; $t_2 = \frac{E_1 t_1}{E_2} = \frac{1}{0{,}1735} = 46s$.

1.9. Tolkun uzynlygy *0,6 mkm* ýagtylygyň *0,15 Wt* energiýa akymyna degişli ýagtylyk akymy $\Phi = V_\lambda \cdot \Phi_e$ aňlatmadan kesgitlenilýär:

$\Phi_e = \frac{\Phi}{V_\lambda}$; $0{,}15 = \frac{\Phi}{0{,}631} lm = 0{,}095 lm$. Onda $\lambda = 0{,}45 mkm$ ýagtylyk üçin $\Phi_e = \frac{0{,}095}{0{,}038} = 2{,}5 Wt,$ $\lambda = 0{,}75 mkm$ ýagtylyk üçin $\Phi_e = \frac{0{,}095}{0{,}00018} = 790 Wt$.

1.10. $\frac{\Phi}{S} = \frac{Q}{t \cdot s} = 1050 Wt \cdot m^{-2}$.

1.11. $h = \sqrt{\frac{a^2}{2tg^2\alpha}} = \frac{a}{2} = 0{,}5m$.

Bu ýerde *a*–kwadratyň tarapy.

1.12. $\frac{E_1}{E_2} = \frac{\sin\varphi_1}{\sin\varphi_2}$.

1.13. $\frac{L^2}{F^2} = 10^4 esse$.

1.14. $N=\frac{W}{t}=2,03Wt, \Phi=4\pi I=1256lm, \frac{N}{\Phi}=1,6\cdot10^{-3}\frac{Wt}{lm}$,

$\eta=\frac{N_1}{N}\cdot100\%=\frac{2}{100}\cdot100\%=2\%\cdot$

1.15. $\Phi=4\pi I=628lm,\quad R=\frac{\Phi}{S}=555\frac{lm}{m^2},\quad B=\frac{R}{\pi}=177nt$.

1.16. $x=\sqrt{r^2-h^2}=18,3m$.

1.17. $\Phi_0=4\pi Er^2=754lm$.

1.18. $I=\sqrt{3}\cdot B\cdot a^2=350kd$. Bu ýerde a – kubuň gapyrgasy.

1.19. $I_n=\frac{1}{4}\pi Bd^2=63kd,\quad I_\perp=\frac{1}{2}Bdh=30kd$.

1.20. $E=\frac{\Phi}{S}=2\cdot10^3lk,\quad R=\rho E=1500lk,\quad B=\frac{R}{\pi}=480nt$.

1.21. $B_1=\frac{4I}{\pi d_1^2}=12\cdot10^6nt,\quad B_2=\frac{4I}{\pi d_2^2}=3\cdot10^4nt$.

1.22. $R=\frac{\Phi_0}{S_c}=256,5\cdot10^3\frac{lm}{m^2}$.

1.23. $h=\sqrt{\frac{\rho I}{\pi B}}=2m$.

1.24. Çözülişi: Şekiliň ýagtylandyrylyşy.

$$E=\frac{B}{a^2}\cdot\frac{\pi D^2}{4}\cdot\frac{S}{S'}\cdot r$$

deňlikden kesgitlenilýär. $b>>a$, onda $a \approx F$, diýmek:

$$E = r\frac{\pi B}{4\cdot 10^4}\cdot\frac{D^2}{a^2} = r\frac{\pi B}{4a^4}\left(\frac{D}{F}\right)^2;\ \ E = r\frac{\pi B}{16\cdot 10^4}.$$

Bu ýerden: $B = \dfrac{16\cdot 10^4 E}{\pi\cdot r} = 2,6\cdot 10^7\dfrac{kd}{m^2}$.

1.25. $k = \dfrac{E-\pi B}{E} = 0,98$.

2.1. Ýagtylygyň reňkini onuň tolkun uzynlygy däl-de, ýygylygy kesgitleýär. Ýagtylygyň ýygylygy bolsa, bir gurşawdan beýlekä geçende üýtgemeýär. Diýmek, suwa giren gyzyl reňkli ýagtylyk suwuň içinde hem gyzyl bolup galar.

2.2. $r_2 = n_a\cdot r_1 = 1,5\cdot r_1 = 7,5mm$.

2.3. $L_s = \dfrac{n_a\cdot L_a}{n_s} = 182m$.

2.4. $\Delta L = nhtg\alpha = 3,77sm$.

2.5. $\Delta L = \left[\sqrt{\ell^2+d^2}-\ell\right]\cdot n = 0,034sm$.

2.6. $\Delta\ell = \sqrt{\ell^2+d^2}-\ell$, $\Delta\phi = \dfrac{2\pi}{\lambda}\Delta\ell = 240^0$.

2.7.
$$\Delta n = n_2 - n_1 \le \frac{1\cdot 10^{-6}}{d},\quad \Delta n \le 5\cdot 10^{-5}.$$

2.8. $m = 4\dfrac{a^2}{r\lambda}+1 = 2$. Goşulýan tolkunlaryň ýollarynyň tapawudynda ýarym tolkun uzynlygynyň jübüt sanynyň ýerleşýänligi üçin ekranyň

P nokadynda ýagtylygyň depgini uly bolýar. Şonuň üçin ol ýerde ýagty bolýar.

2.9. $\Delta\ell = \frac{2\Delta d}{\ell} \cdot \Delta x$. Ekrany $\Delta\ell$ ululyga yza çekmeli.

2.10. $d_{i\check{n}\,ki\c{c}i} = \frac{\lambda}{4n} = 0,113mkm$.

2.11. $d_{i\check{n}\,ki\c{c}i} = \frac{\lambda}{4\sqrt{n^2 - \sin^2 i}} = 0,13mkm$.

2.12. Ýokardan serpigen tolkunlaryň güýçlenme şerti: $2dn + \frac{\lambda}{2} = m\lambda$,

gowşama şerti: $2dn + \frac{\lambda}{2} = (2m+1)\frac{\lambda}{2}$. Bu ýerde $m = 0,1,2,3,4,...$

goýup, λ kesgitlenilse $\lambda = 659,3nm$ tolkunyň güýçlenýänligi, $\lambda = 410,2nm$ tolkunyň gowşaýanlygy alynýar.

2.13. $2d\sqrt{n^2 - \sin^2 i} = m\lambda$, deňlikde $m = 0,1,2,3,4,...$ goýlup, λ kesgitlenilse, $\lambda = 0,55mkm$ alyp bolýar. Bu bolsa ýaşyl ýagtylykdyr.

2.14. $d_{in\,kici} = \frac{\lambda}{4n_y} = 107nm$.

2.15. 1) $\lambda_1 = \frac{2 \cdot d \cdot n}{m - \frac{1}{2}}$, $m = 1$ bolanda, $\lambda_1 = 0,532mkm$. Bu ýaşyl reňk, düşme burçy $i \geq 0^0$ bolanda, $2d\sqrt{n^2 - \sin^2 i} + \frac{\lambda}{2} = m\lambda$ deňlikden peýdalanyp hasaplananda:

2) $\lambda_2 = 0,492mkm$, mawy.

3) $\lambda_3 = 0,452mkm$, gök.

4) $\lambda_4 = 0,4089 mkm$, melewşe reňk alynýar. Ýöne λ_4 hasaplananda, $n = 1,34$ ulanmaly.

2.16. $\lambda = \dfrac{2d \cdot \Delta x}{\ell} = 400 nm$.

2.17. $m = \dfrac{46\lambda_1}{\lambda_2} = 54$.

2.18. $n = 1 + \dfrac{6\lambda}{d} = 1,35$.

2.19. $\alpha = \dfrac{\lambda}{2n \cdot \Delta x} = 25''$.

2.20. $R = \dfrac{\left(r_3 - r_2\right)^2}{\left(\sqrt{2,5R\lambda} - \sqrt{1,5R\lambda}\right)^2} = 3,8 m$.

2.21. $n = \dfrac{10R\lambda}{r_{10}^2} = 1,36$.

2.22. $\dfrac{r_1}{r_2} = \sqrt{n} = 1,26$.

2.23. $R = \dfrac{n_b \cdot r_6^2}{6\lambda} = 11,3 m$.

2.24. $d = \dfrac{r_k^2}{2R} = 1,64 mkm$; bu ýerdäki $r_k = \sqrt{kR\lambda}$.

2.25. $D = 2\left(n-1\right)\left(2m-1\right)\dfrac{\lambda}{d^2} = 2,4 dptr$.

2.26. $\lambda = \frac{2\ell}{N} = 5,88 \cdot 10^{-4} mm \cdot$ N–zolagyň sany.

2.27. $d = \frac{N\lambda}{n-1} = 72 mkm \cdot$

2.28. $n' = n + \frac{N\lambda}{\ell}$, n – howanyň döwme görkezijisi.

2.29. $n = \frac{\Delta m \cdot \lambda}{2\ell} = 0,000124 \cdot$

2.30. $d_{iň\ kiçi} = \frac{\lambda}{4n} = 1,15 \cdot 10^{-7} m.$

2.31. $d_{iň\ kiçi} = \frac{\lambda}{2\sqrt{n}} = 2,2 \cdot 10^{-5} sm.$

2.32. $n_1 = \sqrt{n} = 1,29 \cdot$

2.33. $\lambda = \frac{2dn}{m - \frac{1}{2}}$; $m = 3$ bolanda $\lambda = 4,8 \cdot 10^{-4} mm$.

3.1. $k = \frac{\rho_k^2}{b\lambda} = 5$; Difraksiýa şekiliniň merkezi üçin deşikde ýerleşýän zolaklaryň sany täk, şonuň üçin difraksiýa şekiliň merkezi ýagty bolar.

3.2. Difraksiýanyň merkeziniň has garaňky bolmagy üçin, $k=2$ bolmaly, onda: $D = \sqrt{\frac{k4ab}{a+b} \cdot \lambda} = 2mm$.

3.3. $r_{12} = \sqrt{12\frac{r_4^2}{4}} = 5,2mm$.

3.4. $a = \dfrac{D^2}{2kb\lambda} = 0,67m$ we $a = 1,33m$.

3.5. $b = \dfrac{\rho_k^2}{k\lambda}$, garaňky nokatlara çenli bolan b-niň iň uly bahalary k-nyň jübüt iň kiçi bahalary bilen şertleşýär. Diýmek $k = 2,4,6,...$ bahalary üçin b-niň bahalaryny tapmaly. Olar $b_1 = 1,4m$, $b_2 = 0,7m$, $b_{31} = 0,47m$.

3.6. Diafragma $a = 50sm$ -deň $a = 150sm$ -e süýşürilende, diňe bir gezek zolagyň sany $\left(k = \dfrac{2\rho^2}{\lambda a} = 4\right)$ jübüt bolýar, ol hem $a = b$ bolanda ýerine ýetirilýär. Şol ýagdaýda B nokatda garaňky bolýar. Diýmek diafragma $a = 50sm$ -deň $a = 150sm$ -e süýşürilende difraksiýa şekiliniň ortasy bir gezek garaňky bolýar.

3.7. a) $E_1 = \dfrac{E_0}{2}$; $I_1 = \dfrac{1}{4}I_0$; b) $E_2 = \dfrac{E_0}{4}$; $I_2 = \dfrac{1}{16}I_0$;

ç) $E_3 = \dfrac{E_0}{2}$; $I_3 = \dfrac{1}{4}I_0$.

3.8. $(E_1)^2 = \left(\dfrac{E_0}{2}\right)^2$; $I_1 = \dfrac{1}{4}I_0$.

3.9. Freneliň zolagynyň sany 3 bolanda, $E_1 = \dfrac{E_{01}}{2} + \dfrac{E_{03}}{2}$, $E_{01} \approx E_{03} \approx E_0$ diýsek $E_1 = E_0$ $I_1 = I_0$ bolar. Diafragma doly açylsa, $E_2 = \dfrac{E_0}{2}$, $I_2 = \dfrac{I_0}{4}$ ýagtylygyň depgini 4 esse azalar.

3.10. Diafragma barka, syn edilýän nokatda ýagtylygyň depgini $E_1 = E_0$, $I_1 = I_0$ bolar. Diafragma aýrylsa, $E_2 = \frac{E_0}{2}$, $I_2 = \frac{1}{4} I_0$ ýagtylygyň depgini 4 esse azalar.

3.11. $\varphi = \arcsin \frac{k\lambda}{6\lambda} = 30^0$.

3.12. $b = \frac{(2m+1)}{2 \cdot \sin \varphi} = 23,5mkm$.

3.13. $\Delta\ell = F \cdot \frac{\lambda}{b} = 1sm$.

3.14. $x = 2\frac{F\lambda}{b} = 5sm$.

3.15. $b = \frac{F\lambda}{\Delta\ell} = 2,8mm$.

3.16. 1) $m = \frac{b \sin \varphi_1}{\lambda} = 1$ gowşar, 2) $m = \frac{2b \sin \varphi_2}{\lambda} = 5$ güýçlener.

3.17. $d = \frac{5\lambda_1}{\sin \varphi_1} = \frac{8\lambda_2}{\sin \varphi_2} = 5 \cdot 10^{-6} m$.

3.18. $\lambda = \frac{d \sin \frac{\Delta\varphi}{2}}{m} = 580nm$.

3.19. $\Delta x = \frac{F}{d}(\lambda_2 - \lambda_1) = 0,3mm$.

3.20. $\Delta x = \frac{F}{d}(\lambda_2 - \lambda_1) = 57sm$.

3.21. $\varphi = \arcsin\left(\frac{2\lambda + d\sin\psi}{d}\right) = 38^0 18'$.

3.22. $k = \frac{d\left(1-\sin\psi\right)}{\lambda} \approx 2$.

3.23.Eger $d = na$ bolsa, $na\sin\varphi = n\lambda$ güýçlenme, $a\sin\varphi = \lambda, 2\lambda, 3\lambda, ...$ gowşamalara öwrülýär.

3.24. Freneliň zolaklarynyň sany $k = \frac{d^2}{4\lambda} \cdot \frac{\ell}{a\left(\ell - a\right)} \approx 3$ bolýanlygy üçin, tuty barka ekrandaky difraksiýa şekiliniň ortasynyň ýagtylandyrylyşy, tuty ýok wagtyndakysyndan uludyr.

3.25. $N = 2n + 1 = 7$ bu ýerde $N = \frac{d}{\lambda}$.

3.26. $d = k\frac{\ell \cdot \Delta\lambda}{\lambda} = 2,2 \cdot 10^{-3} sm$ bu ýerde $k = 1$.

3.27. $\ell = \frac{\lambda \cdot d}{\Delta\lambda} = 0,6mm$.

3.28. $\frac{R_2}{R_1} = \frac{\ell_2 \cdot d_1}{d_2 \cdot \ell_1} = 4$, $\frac{R_1}{R_2} = 1:4$.

3.29. $N = \frac{\lambda}{\Delta\lambda \cdot k} = 1187$, bu ýerde $k = 1$.

3.30. $R = k\frac{\ell}{d} = 12000$, $\Delta\lambda = \frac{\lambda \cdot d}{k \cdot \ell} = 5 \cdot 10^{-2} nm$.

3.31. $D_\varphi = \dfrac{k}{d \cdot \cos\varphi} = 4 \cdot 10^5 \dfrac{rad}{m}$; $\varphi \to 0$ bolanda $\cos\varphi \to 1$.

3.32. $\dfrac{d\varphi}{d\lambda} = \dfrac{1}{d\cos\varphi}$ aňlatmadan alýarys:

$d\cos\varphi = \dfrac{1 \cdot 10^{-5}}{2,02} = 49,5 \cdot 10^{-7} m$ diýmek: $d\cos\varphi = 49,5 \cdot 10^{-7} m$ (1)

$d\sin\varphi = \lambda$ (2), bu iki deňlikleriň gatnaşygyndan alýarys:

$\mathrm{tg}\,\varphi = \dfrac{\lambda}{49,5 \cdot 10^{-7}} = 0,1349$, $\varphi = 7^0 41'$, $d\sin\varphi = \lambda$ deňlikden,

$d = \dfrac{\lambda}{\sin\varphi} = 5 \cdot 10^{-6} m$.

3.33. $D_\varphi = \dfrac{k}{d} = 1,45 \cdot 10^6 \dfrac{rad}{m}$, $R = k\dfrac{\ell}{d} = 2,9 \cdot 10^4$.

3.34. $D_\phi = \dfrac{D_L}{F} = 2 \cdot 10^{-4} \dfrac{rad}{\overset{0}{A}}$, $d = \dfrac{k}{D_\varphi \cos\varphi} \approx 2 mkm$.

3.35. $n = \dfrac{1}{d} = \dfrac{D_L}{k \cdot F} = 10^3 \dfrac{ys}{mm}$.

3.36. $\Delta x = \dfrac{F}{d}\left(\lambda_2 - \lambda_1\right) = 0,65 mm$.

3.37. $\beta = \dfrac{1,22 \cdot \lambda}{D} = 1,6''$.

3.38. $\ell = \dfrac{d \cdot D}{1,22 \cdot \lambda} = 44,7km \cdot$

3.39. $D = 1,22 \cdot \lambda \dfrac{\ell}{d} = 6sm \,.$

3.40. $D = \dfrac{1,22 \cdot \lambda \cdot F}{d} = 13,4sm$ bu ýerde $d \approx 0,01\, mm\,.$

3.41. $d = 1,22 \cdot \lambda \dfrac{\ell}{D} = 140,8m \cdot$

3.42. $\beta = \dfrac{1,22 \cdot \lambda}{D} = 10^{-6} rad$, $d = \beta \ell = 56 \cdot 10^{9}\, km \,.$

3.43. $d = \dfrac{\lambda}{\sin\theta} = 0,28nm \,.$

3.44. $U = \dfrac{hc}{2d\ell \sin\theta} = 46,8kw \,.$

3.45. $\lambda = \dfrac{2d \sin\varphi}{k} = 56 \cdot 10^{-12}\, m \cdot$

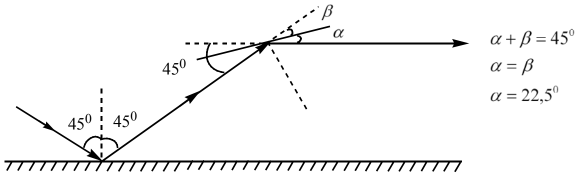
3.46. $d = \dfrac{k\lambda}{2\sin\theta} = 293\, pm \cdot$

4.2. $L = 2\ell \sin\varphi \,.$

4.3. $\varphi = \dfrac{1}{2} \arcsin\dfrac{d}{\ell} = 2^{0}50' \,.$

4.5. $d = 2\varphi = 120^{0}.$

4.6.



4.6-njy meselä degişli surat

4.7. $L = htg32^0 7' + Htg45^0 = 1,62m$. Bu ýerde *h* we *H,* degişlilikde gazygyň suwdan çykyp duran we suwuň içindäki uzynlygy.

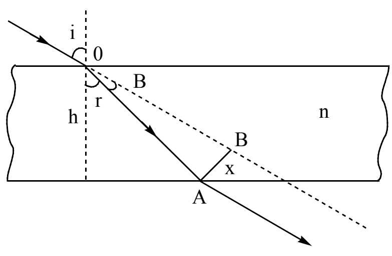
4.8. $h' = \dfrac{h}{n} = 1,88m$.

4.9. $r = h \cdot tg\left(\arcsin\dfrac{1}{n}\right) = 17,8sm$.

4.10. $\ell = 2\left(H + \dfrac{h}{n}\right) = 1,25m$.

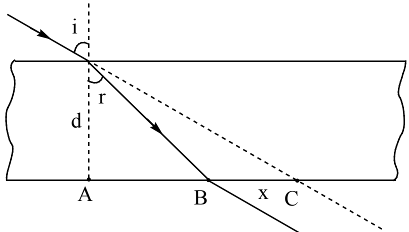
4.11. $n = \dfrac{h}{h'} = 1,5$.

4.12. $x = \dfrac{h}{\cos r} \cdot \sin\beta = 0,46sm$



4.12-nji meselä degişli surat

4.13 $x = d \cdot (tgi - tgr) \approx 20sm$



4.13-nji meselä degişli surat

4.14. $A = 2\arccos\frac{n}{2} = 82^0 48'$.

4.15. $\varphi = \arcsin\left(n \cdot \sin i\right) - i = 34^0 37'$.

4.16. $i_{iň\ uly} = \arcsin\left(n \cdot \sin\left(A - \arcsin\frac{1}{n}\right)\right) = 10^0 10'$.

4.17. $\delta' = 2\left(\arcsin\frac{\sin\frac{A+\delta}{2}}{n_c} - \frac{A}{2}\right) = 11^0$.

Bu ýerde: A–prizmanyň döwüji burçy, δ –iň kiçi gyşartma burçy; δ'–prizmanyň suwdaky iň kiçi gyşartma burçy.

4.18. $i_{iň\ uly} = \arcsin\left(n \cdot \sin\left(A - \arcsin\frac{1}{n}\right)\right) = 12^0 18'$.

4.19. $n_c = 1{,}33$.

4.21. 1) $\Delta b = \frac{n_2 Ra}{R - \left(n_1 - n_2\right)a} - \frac{Ra}{2a + R} = 0{,}265m$.

2) $\Delta b = \dfrac{n_2 Ra}{(n_1 - n_2)a + R} - \dfrac{Ra}{2a - R} = 0,14m$.

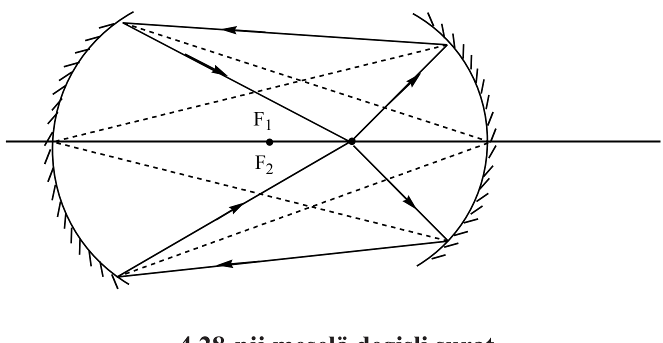
4.25. $b = \dfrac{F \cdot a}{a - F} = 20sm$, $\dfrac{b}{a} = \dfrac{H}{h}$, $a = b$, $H = h = 1sm$.

4.26. $b = \dfrac{a \cdot R}{R + 2a} = 7,5sm$, $H = \dfrac{b}{a} \cdot h = 1,5sm$.

4.27. Birinji aýnanyň ulaldyşy $U_1 = \dfrac{b}{a} = \dfrac{4F \cdot 3}{4F} = 3$.

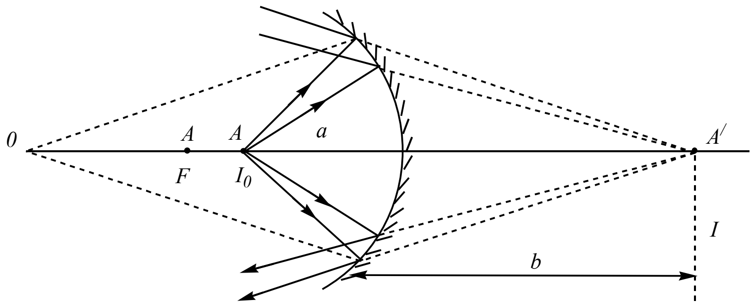
Ikinji aýnanyň ulaldyşy $U_2 = \dfrac{b'}{a'} = \dfrac{2F}{F} = 2$,
Iki aýnanyň umumy ulaldyşy $U = U_1 \cdot U_2 = 3 \cdot 2 = 6$.

4.28. Ikinji aýnada hyýaly şekil $b = 40sm$ aralykda emele gelýär. Ol şekil ikinji aýna üçin predmet bolup hyzmat edýär. Diýmek, birinji aýna üçin predmet $b_1 = 120sm$ uzakda ýerleşýär. Onuň şekili bolsa $b_1 = 60sm$ aralykda emele gelýär. Diýmek, iki aýnanyň umumy berýän şekili nokatlanç çeşmäniň üstüne düşýär.



4.28-nji meselä degişli surat

4.29. $I = \dfrac{\rho \cdot I_0 \cdot F^2}{\left(F - a_1\right)^2} = 2 \cdot 10^3\, kd$.

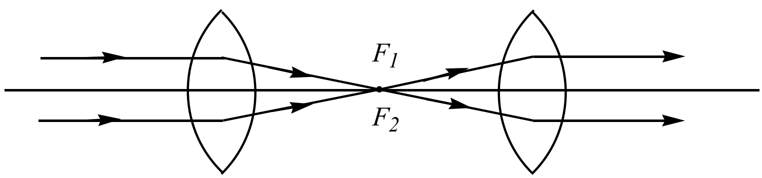


4.29-njy meselä degişli surat

4.33. $n_c = \dfrac{D_1 n}{D_2 n - D_2 + D_1} = 1,8$, $R = \dfrac{2\left(n-1\right)}{D_1} = 0,2m$.

4.34. $R_2 = \dfrac{n-1}{2D} = 6,25sm$, $R_1 = 2R_2 = 12,5sm$.

4.35. *I* linzanyň *II* fokusy, *II* linzanyň *I* fokusyna gabat geler ýaly ýerleşdirmeli.



4.35-nji meselä degişli surat

4.37. $R = \dfrac{n-1}{D} = 10sm$.

4.38. Howada linzanyň umumy fokus aralygy: $F = \dfrac{R}{2\left(n_1 - n_2\right)}$. Suwda olaryň umumy fokus aralygy: $F_c = F \cdot \dfrac{n_s\left(n_1 - n_2\right)}{n' - n_c} = 80,5sm$. Bu ýerde $n' = \dfrac{n_1 - n_2}{2}$.

4.39. Ulgamyň optiki güýji $\dfrac{1}{F} = \dfrac{1}{F_a} + 2\dfrac{1}{F_e} = \dfrac{2n}{R}$; $F = \dfrac{R}{2n} = 22,5sm$.

4.42. $D = -\left(n_c - 1\right)\dfrac{2}{R} = -1,32dptr$.

4.44. $D = \dfrac{U}{0,25} = \dfrac{10}{0,25} = 4dptr$.

4.45. $U = \dfrac{25\left(F_1 + F_2\right)}{F_1 \cdot F_2} = 8,5$.

4.46. $U = 0,25\left(\dfrac{U_1}{0,25} + D_2\right) = 7$, bu ýerde $U_1 = 2$

4.47. $D = \dfrac{1}{F_1} + \dfrac{1}{F_2} = 60dptr$.

4.48. $D_{ä} = \dfrac{1}{0,25} - \dfrac{1}{a} = -6dptr$.

4.49. $D_u = D_1 + D_2 - \Delta D_1 D_2$; $\Delta = \dfrac{D_u - D_1 D_2}{D_1 \cdot D_2}$, a) $\Delta = 8sm$, b) $\Delta = 20sm$.

Bu ýerde, Δ-linzalaryň aralygy.

4.50. $D_{ä} = \frac{1}{a_2} - \frac{1}{a_1} = -4dptr$. Bu ýerde, a_1 we a_2 degişlilikde äýneksiz we äýnekli okalýan aralyklar.

4.51. Äýneksiz gözüň optiki güýçleriniň tapawudyny tapýarys: $\frac{1}{a_1} + \frac{1}{b} = D_1$, $\frac{1}{a_2} + \frac{1}{b} = D_2$. Bu ýerden $\frac{1}{a_1} - \frac{1}{a_2} = D_1 - D_2$, onda $\Delta D = \frac{1}{0,16} - \frac{1}{0,8} = 5dptr$. Äýnek gözüň optiki güýçleriniň çäklerini üýtgedýär, emma olaryň tapawudyny üýtgetmeýär. Onda

$$\frac{1}{a_{iň\ kiçi}} + \frac{1}{b} = D_1', \quad \frac{1}{\infty} + \frac{1}{b} = D_2'$$

Bu ýerden: $\frac{1}{a_{iň\ kiçi}} = D_1' - D_2' = \Delta D$, ýagny $a_{iň\ kiçi} = \frac{1}{\Delta D} = 20sm$.

4.52. $\varphi = \varphi \frac{F_{ob}}{F_{ok}} = 10^\circ 20'$.

4.53. $U = \frac{F_{ob}}{F_{ok}} = \frac{2D}{2d} = 25$.

4.54. Görüş turbasy tükeniksizlige gurnalanda, şekil fokusyň üstünde ýerleşýär, ýagny $b = F_{ob} \cdot (a = \infty)$; $a = 50m$ bolanda: $\frac{1}{50} + \frac{1}{b_1} = \frac{1}{F_{ob}}$, $b_1 = 50,5sm$ bolýar. Okulýar $\Delta b = b_1 - b = 50,5 - 50 = 0,5sm$ süýşürilýär.

4.55. $D_1 = \dfrac{1}{0,25} + \dfrac{1}{b}$; $D_2 = \dfrac{1}{2} + \dfrac{1}{b}$; $D_1 - D_2 = 3,5$.

4.56. $F_{ob} = 60 \cdot F_{ok}$, $U = \dfrac{F_{ob}}{0,25} = 12$.

4.57. $L = 75\dfrac{d}{\varphi} = 5,7 \cdot 10^7\,km$, $\varphi' = \dfrac{d}{L} = 25''$.

4.58. $F_{ok} = \dfrac{25}{U_{ok}} = 5sm$, $F_{ob} = \dfrac{\Delta}{U_{ob}} = 35mm$, $U = U_{ob} \cdot U_{ok} = 250 \cdot$

4.59. $a = \dfrac{\Delta \cdot F_{ob}}{\Delta - F_{ob}} = 0,56sm$, $U = \dfrac{\Delta}{a} \cdot \dfrac{25}{F_{ok}} = 379$.

4.60. Obýektiwiň berýän şekili $b = \dfrac{F_{ob} \cdot a}{a - F_{ob}} = 9,3sm$ uzaklykda emele gelýär. Onuň ulaldyşy $U_1 = \dfrac{b}{a} = 30$ esse. Okulýaryň ulaldyşy $U_2 = \dfrac{25}{F_{ok}} = 5$ esse. Mikroskopyň ulaldyşy $U = U_1 \cdot U_2 = 150$ esse.

4.61. $\Delta = \dfrac{a \cdot F_{ob}}{a - F_{ob}} = 16,4sm$; $F_{ok} = \dfrac{25 \cdot \Delta}{U \cdot F_{ob}} = 1,5sm$.

4.62. $\ell = \frac{F \cdot a}{b} = 70m$, bu ýerde *a*–jaýyň uzynlygy, *b*–onuň fotoplýonkadaky uzynlygy, *F*–obýektiwiň fokus aralygy.

4.63. Şekil obýektiwden $b = \frac{F \cdot a}{a - F} = 0,417m$ uzaklykda emele gelýär Proýektirleýji apparatyň ulaldyşy $U = \frac{a}{b} = 24$ esse bolýar.

5.1. $\alpha = 2 \cdot arctgn = 114^0$.

5.2. $i_B = arctg \frac{1}{\sin i_c} = 56^0 11'$.

5.3. $n_s = \frac{n_a}{tgi} = 1,63; \quad i_c = \arcsin \frac{n_s}{n_a} = 67^0$.

5.4. $\upsilon = \frac{c}{arctgi_B} = 1,9 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$.

5.5. $\alpha = 90^0 - arctgn = 32^0$.

5.6. 1) $A = 2\arcsin\left(\frac{\sin \cdot arctgn}{n}\right) = 66^0 40'$.

2) $A = 2\arcsin\left(\frac{n_s \cdot \sin \cdot arctg \frac{n}{n_s}}{n}\right) = 82^0 40'$.

5.7. $n = tgi_B = tg60^0 = 1,73$.

5.8. $\gamma = 270^0 - 2arctgn = 156^0$.

5.9. $I = (1-k)\cdot 0,5I_0, \quad \Delta I = I_0 - (1-k)\cdot 0,5I_0 = 0,56I_0 = 56\%I_0$.

5.10. $\frac{I_2}{I_1} = \frac{\cos^2 30^0}{\cos^2 60^0} = 3$.

5.11. $\alpha = \arccos\sqrt{0,5} = 45^0$.

5.12. $\frac{I_0}{I_3} = \frac{1}{0,5(1-k)^3 \cos^4\alpha} = 65$ esse.

5.13. $\alpha = \arccos\sqrt{\frac{I_2}{0,5(1-k)^2 \cdot I_0}} = 58^0 23'$.

5.14. $k = 1 - \sqrt{\frac{I_2}{(0,5)^2 \cos^2\alpha \cdot I_0}} = 14\%$.

5.15. $I_p = 0,5I_t$.

5.16. $I_{iň\ uly} = I_p + 0,5I_t = I_p + 2,75I_p = 3,75I_p$

$I_{iň\ kiçi} = 0,5I_t = 0,5\cdot 5,5I_p = 2,75I_p$.

$$P = \frac{I_{iň\ uly} - I_{iň\ kiçi}}{I_{iň\ uly} - I_{iň\ kiçi}} = 0,15.$$

5.17. $\frac{I_t}{I_p} = 0,25$, $I_{iň\ uly} = 1,125I_p$, $I_{iň\ kiçi} = 0,125I_p$, $P = \frac{1}{1,25} = 0,8$.

5.18. $\frac{E_2}{E_1} = 2$, $\frac{I_{uly}}{I_{kici}} = 4$, $P = \frac{I_u - I_k}{I_u + I_k} = 0,6$.

5.19. $\frac{I_{\text{iň uly}} - I_{\text{iň kiçi}}}{I_{\text{iň uly}} + I_{\text{iň kiçi}}} = 0,5$, $\frac{I_{\text{iň uly}}}{I_{\text{iň kiçi}}} = 3$ esse.

5.20. $\alpha = \frac{\varphi}{d}$; $\alpha = \frac{90^0}{d} = 22,4\frac{grad}{mm}$.

5.21. $C_2 = C_1\frac{\varphi_2}{\varphi_1} = 0,24 g \cdot sm^{-1}$.

5.22. $C = \frac{\varphi}{[\alpha]l} = 0,2 g \cdot sm^{-1}$.

6.1. $n_2 - 1 = (n_1 - 1)\frac{P_2}{P_1} = 0,00838$.

6.2. $n_2 - 1 = (n_1 - 1)\frac{N_2}{N_1} = 1,0079$, bu ýerde $N = \frac{P}{kT}$.

6.3. $\frac{dn}{d\lambda} = -\frac{2B}{\lambda^3}$; $\upsilon = \frac{c\lambda^2}{A\lambda^2 + B}$; $U = \frac{c\lambda^2(A\lambda^2 - B)}{(A\lambda^2 + B)^2}$.

6.4. $r = 1 - \frac{\ln\frac{E_2}{E_1}}{d_2 - d_1} = 0,91$.

6.5. $k_2 = k_1 \dfrac{\ln N_2}{\ln N_1}$.

6.6. $P' = P_0\left(1 - \exp\left(-kcd\right)\right) = 0,63Wt\cdot$

6.7. $n = \dfrac{P_0 \cdot t\left(1 - \exp\left(-kcd\right)\right)}{h\nu} = 2,8\cdot 10^{12}\, foton\cdot$

6.8. $I' = 2I_0 \exp\left(-kcd\right) = 1,22$ esse.

6.9. $d = \dfrac{\ln 100}{k} = 66mkm$; $\dfrac{d}{\lambda} = 150$; $N = \exp k\left(d_2 - d_1\right) = 8$ esse.

6.10. $D = \lg\left(\dfrac{1}{\tau}\right) = 0,52\cdot$

6.11. $k' = \dfrac{\ln 4 - kd}{d} = 0,05sm^{-1}$.

6.12. $\dfrac{I_{gok}}{I_{gyzyl}} = \left(\dfrac{\lambda_{gyzyl}}{\lambda_{gok}}\right)^4 = 5,85$ esse.

6.13. $U = \upsilon - \lambda \dfrac{d\upsilon}{d\lambda}$; $U = \upsilon\left(1 + \dfrac{\lambda}{n}\cdot\dfrac{dn}{d\lambda}\right)$.

6.14. $\dfrac{U}{\upsilon} = 1 + \dfrac{\lambda}{n}\cdot\dfrac{dn}{d\lambda} = 0,95\cdot$

6.15. $\upsilon = \frac{c}{n} = \frac{2 \cdot c}{n_1 + n_2} = 2,24 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$; $U = \frac{c}{n} + \lambda \frac{c \cdot dn}{n^2 \cdot d\lambda} = 2,2 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$.

6.16. P nokatda şöhlelenmäni görmek üçin, θ burçy $\cos\theta = \frac{\upsilon}{\upsilon_e}$ şerti kanagatlandyrmaly.

6.17. $\upsilon = \frac{c}{n} = 2 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$; $\upsilon_e = \frac{\upsilon}{\cos\theta} = 2,56 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$

6.18. $\upsilon > \frac{c}{n}$; $E = E_0 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{\upsilon^2}{c^2}}} - 1 \right) = 10^5 eW$;.

6.19. $n = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{\upsilon^2}{c^2}}} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{1}{n^2}}} = 1,41$.

6.20. $\theta = \arccos\left(\frac{1}{\sqrt{0,75} \cdot n} \right) = 30^0$.

7.1. $c = 4NL\nu = 3.15 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$.

7.2. $\Delta S = \frac{8\pi \nu F n}{c} = 0,36mm$

7.3. $c = 2LN\left(\nu_2 - \nu_1\right) = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$.

7.4. $c = 2LN\left(\nu_2 - \nu_1\right) = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$.

7.5. $\Delta N = \frac{\Delta S}{\lambda} = \frac{4\ell\upsilon\left(n^2 - 1\right)}{c\lambda} = 0,1$.

7.6. $\nu = \frac{c}{16L} = 529 \frac{ayl}{s}$.

7.7. $c = \frac{NL\nu}{14} = 300400 \frac{km}{s}$.

7.8. $\upsilon = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} \cdot c = 550 \frac{km}{s}$.

7.9. $\upsilon = \frac{\Delta\lambda}{2\lambda} \cdot c = 200 \frac{km}{s}$.

7.10. $\delta\lambda_D = \lambda_0 \cdot \frac{\sqrt{\frac{3RT}{\mu}}}{c} = 0.19\,\mathring{A}$.

7.11. $\nu_0 = \Delta\nu \frac{c}{\upsilon} = 5,4 \cdot 10^8\, Gs$.

7.12. $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{2}{c}\sqrt{\frac{3RT}{\mu}} = 1,8 \cdot 10^{-5}$.

7.13. 1). $\nu_1 = \nu_0 \left(1 + \frac{\upsilon_1 + \upsilon_2}{c}\right) = 1,000067 MGs$,

2). $\nu_2 = \nu_0 \left[1 - \frac{(\upsilon_1 + \upsilon_2)}{c}\right] = 999933\, Gs$,

3). $\nu_3 = \nu_0 \left[1 + \frac{(\upsilon_1 - \upsilon_2)}{c}\right] = 1,000013\, MGs$,

4). $\nu_4 = \nu_0 \left[1 - \frac{(\upsilon_1 - \upsilon_2)}{c}\right] = 999987\, Gs$.

7.14. $U = \frac{mc^2 (\Delta\lambda)^2}{2\lambda^2 q} = 2500W$.

GOŞMAÇALAR

Matematikadan käbir maglumatlar

Algebranyň we trigonometriýanyň käbir aňlatmalary

$$x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \qquad x_{1,2} = -\frac{P}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{P}{2}\right)^2 - q}$$

$$z = a + ib \qquad z^* = a - ib$$

$$z = \rho\left(\cos\varphi + i\sin\varphi\right) \qquad z^* = \rho\left(\cos\varphi - i\sin\varphi\right)$$

$$z = \rho\exp\left(i\varphi\right) \qquad z^* = \rho\exp\left(-i\varphi\right)$$

$$|z| = \rho = \sqrt{a^2 + b^2} \qquad zz^* = |z|^2$$

$$\sin\left(x + y\right) = \sin x\cos y + \sin y\cos x$$

$$\cos\left(x + y\right) = \cos x\cos y - \sin x\sin y$$

$$\sin\left(x - y\right) = \sin x\cos y - \sin y\cos x$$

$$\cos\left(x - y\right) = \cos x\cos y + \sin x\sin y$$

$$\sin 2x = 2\sin x\cos x \qquad \cos 2x = \cos^2 x - \sin^2 x$$

$$\sin^2 x = \frac{1}{2}\left(1 - \cos 2x\right) \qquad \cos^2 x = \frac{1}{2}\left(1 + \cos 2x\right)$$

$$\sin ax\sin bx = \frac{1}{2}\cos\left(a - b\right)x - \frac{1}{2}\cos\left(a + b\right)x$$

$$\sin ax\cos bx = \frac{1}{2}\sin\left(a + b\right)x + \frac{1}{2}\sin\left(a - b\right)x$$

Differensial we integral hasaplama formulalary

$$\frac{d(U\upsilon)}{dx}=\upsilon\frac{dU}{dx}+U\frac{d\upsilon}{dx}$$

$$\frac{d\left(\frac{U}{\upsilon}\right)}{dx}=\frac{\upsilon\frac{dU}{dx}-U\frac{d\upsilon}{dx}}{\upsilon^2}$$

$$\frac{d(x^m)}{dx}=mx^{m-1}$$

$$\frac{d(\exp(x))}{dx}=\exp(x)$$

$$\frac{d(\ln x)}{dx}=\frac{1}{x}$$

$$\frac{d(a^x)}{dx}=a^x\ell na$$

$$\frac{d(\cos x)}{dx}=-\sin x$$

$$\frac{d(\sin x)}{dx}=\cos x$$

$$\frac{d(\mathrm{ctg}\, x)}{dx}=-\frac{1}{\sin^2 x}$$

$$\frac{d(\mathrm{tg}\, x)}{dx}=\frac{1}{\cos^2 x}$$

$$\int x^m dx=\frac{1}{m+1}x^{m+1}+c \quad (m\neq -1)$$

Takmynan hasaplamak üçin formulalar

Eger a<1 onda hasaplamalarda aşakdaky formulalardan peýdalanmaly

$$\frac{1}{1\pm a}\approx 1\mp a;$$

$$\frac{1}{\sqrt{1\pm a}}\approx 1\mp\frac{1}{2}a$$

$$(1\pm a)^2\approx 1\pm 2a\,;$$

$$\exp(a)\approx 1+a$$

$$\sqrt{1\pm a}\approx 1\pm\frac{1}{2}a;$$

$$\ln(1+a)=a$$

Eger α burç kiçi ($\alpha < 5^0$ ýa-da $\alpha < 0{,}1 rad$) we radianlarda aňladylan bolsa, onda

$$\sin\alpha \approx \mathrm{tg}\,\alpha \approx \alpha; \qquad \cos\alpha \approx 1$$

Trigonometrik funksiýalar

Burçlar	Radianlar	sin	cos		
1	2	3	4	5	6
0^0	0	0	1	1,5708	90^0
1	0,0175	0,0175	0,9998	1,5533	89
2	0349	0349	9994	1,5359	88
3	0524	0523	9986	1,5184	87
4	0698	0698	9976	1,5010	86
5	0,0873	0,0875	0,9962	1,4835	85
6	1047	1051	9945	1,4661	84
7	1222	1228	9925	1,4486	83
8	1396	1405	9903	1,4312	82
9	1571	1584	9877	1,4137	81
10	0,1745	0,1763	0,9848	1,3963	80
11	1920	1944	9816	1,3788	79
12	2094	2126	9781	1,3614	78
13	2269	2309	9744	1,3439	77
14	2443	2493	9703	1,3265	76
15	0,2618	0,2679	0,9659	1,3090	75
16	2793	2867	9613	1,2915	74
17	2967	3057	9563	1,2741	73
18	3142	3249	9511	1,2566	72
19	3316	3443	9455	1,2392	71
20	0,3491	0,3640	0,9397	1,2217	70

1	2	3	4	5	6
21	3665	3839	9336	1,2043	69
22	3840	4040	9272	1,1868	68
23	4014	4245	9205	1,1694	67
24	4189	4452	9135	1,1519	66
25	0,4363	0,4663	0,9063	1,1345	65
26	4538	4877	8988	1,1170	64
27	4712	5095	8910	1,0996	63
28	4887	5317	8829	1,0821	62
29	5061	5543	8746	1,0647	61
30	0,5236	0,5774	0,8660	1,0427	60
31	5411	6009	8572	1,0297	59
32	5585	6249	8480	1,0123	58
33	5760	6494	8387	0,9948	57
34	5934	6745	8290	9774	56
35	0,6109	0,7002	0,8192	0,9599	55
36	6283	7265	8090	9425	54
37	6458	7536	7986	9250	53
38	6632	7813	7880	9076	52
39	6807	8098	7771	8901	51
40	0,6981	0,8391	0,7660	0,8727	50
41	7156	8693	7547	8552	49
42	7330	9004	7431	8377	48
43	7505	9325	7314	8203	47
44	7679	9656	7193	8029	46
45	7854	1,0000	7071	7854	45

Sanlaryň kwadraty (n^2); kwadrat kökler $(\sqrt{n})$; ters ululyklar $\left(\frac{1}{n}\right)$; $\frac{\pi n}{180}$ burçlary gradus ölçeginde radianlara geçirmek üçin

n	(n^2)	$(\sqrt{n})$	$\left(\frac{1}{n}\right)$	$\frac{\pi n}{180}$
1	**2**	**3**	**4**	**5**
1	1	1,000	1,0000	0,0175
2	4	1,414	0,5000	0,0349
3	9	1,732	0,3333	0,0524
4	16	2,000	0,2500	0,0698
5	25	2,236	0,2000	0,0873
6	36	2,449	0,1667	0,1047
7	49	2,646	0,1429	0,1222
8	64	2,828	0,1250	0,1396
9	81	3,000	0,1111	0,1571
10	100	3,162	0,1000	0,1745
11	121	3,317	0,0909	0,1920
12	144	3,464	0,0833	0,2094
13	169	3,606	0,0769	0,2269
14	196	3,742	0,0714	0,2443
15	225	3,837	0,0667	0,2618
16	256	4,000	0,0625	0,2793
17	289	4,123	0,0588	0,2967
18	324	4,243	0,0556	0,3142
19	361	4,359	0,0526	0,3316
20	400	4,472	0,0500	0,3491
21	441	4,583	0,0476	0,3665
22	484	4,690	0,0455	0,3840
23	529	4,796	0,0435	0,4014
24	576	4,899	0,0417	0,4189

1	2	3	4	5
25	625	5,000	0,0400	0,4363
26	676	5,099	0,0385	0,4538
27	729	5,196	0,0370	0,4712
28	784	5,292	0,0357	0,4887
29	841	5,385	0,0345	0,5061
30	900	5,477	0,0333	0,5236
31	961	5,568	0,0323	0,5411
32	1024	5,657	0,0313	0,5585
33	1089	5,745	0,0303	0,5760
34	1156	5,831	0,0294	0,5934
35	1225	5,916	0,0286	0,6109
36	1296	6,000	0,0278	0,6283
37	1369	6,083	0,0270	0,6458
38	1444	6,164	0,0263	0,6632
39	1521	6,245	0,0256	0,6807
40	1600	6,325	0,0250	0,6981
41	1681	6,403	0,0244	0,7156
42	1764	6,481	0,0238	0,7330
43	1849	6,557	0,0233	0,7505
44	1936	6,633	0,0227	0,7679
45	2025	6,708	0,0222	0,7854
46	2116	6,782	0,0217	0,8029
47	2209	6,856	0,0213	0,8203
48	2304	6,928	0,0208	0,8378
49	2401	7,000	0,0204	0,8552
50	2500	7,071	0,0200	0,8727
51	2601	7,141	0,0196	0,8901
52	2704	7,211	0,0192	0,9076
53	2809	7,280	0,0189	0,9250

1	2	3	4	5
54	2916	7,348	0,0185	0,9425
55	3025	7,416	0,0182	0,9599
56	3136	7,483	0,0179	0,9774
57	3249	7,550	0,0175	0,9948
58	3364	7,616	0,0172	1,0123
59	3481	7,681	0,0169	1,0297
60	3600	7,746	0,0167	1,0472
61	3721	7,810	0,0164	1,0650
62	3844	7,874	0,0161	1,0820
63	3969	7,937	0,0159	1,1000
64	4096	8,000	0,0156	1,1170
65	4225	8,062	0,0154	1,1340
66	4356	8,124	0,0152	1,1520
67	4489	8,185	0,0149	1,1690
68	4624	8,246	0,0147	1,1870
69	4761	8,307	0,0145	1,2040
70	4900	8,367	0,0143	1,2220
71	5041	8,426	0,0141	1,2390
72	5184	8,485	0,0139	1,2570
73	5329	8,544	0,0137	1,2740
74	5476	8,602	0,0135	1,2920
75	5625	8,660	0,0133	1,3090
76	5776	8,718	0,0132	1,3260
77	5929	8,775	0,0130	1,3440
78	6084	8,832	0,0128	1,3610
79	6241	8,888	0,0127	1,3790
80	6400	8,944	0,0125	1,3960
81	6561	9,000	0,123	1,4140
82	6724	9,055	0,0122	1,4310
83	6889	9,110	0,0120	1,4490

1	2	3	4	5
84	7056	9,165	0,0119	1,4660
85	7225	9,220	0,0118	1,4840
86	7396	9,274	0,0116	1,501
87	7569	9,327	0,0115	1,518
88	7744	9,381	0,0114	1,536
89	7921	9,434	0,0112	1,5530
90	8100	9,487	0,0111	1,5710
91	8281	9,539	0,0110	1,5880
92	8464	9,592	0,0109	1,6060
93	8649	9,644	0,0108	1,6230
94	8836	9,695	0,0106	1,6410
95	9025	9,747	0,0105	1,6580
96	9216	9,798	0,0104	1,6760
97	9409	9,849	0,0103	1,6930
98	9604	9,899	0,0102	1,7110
99	9801	9,950	0,0101	1,7280
100	10000	10,000	0,0100	1,7450

Fiziki ululyklaryň ölçeg birlikleri barada maglumatlar

Halkara birlikler ulgamynda hususy atlary bolan fiziki ululyklar

Ululyk	Ölçeg birligi		
	ady	belgisi	
		türkmençe	halkara
1	2	3	4
Uzynlyk	metr	m	m
Massa	kilogram	kg	kg
Wagt	sekunt	s	s
Tekiz burç	radian	rad	rad
Jisim burç	steradian	sr	sr
Güýç, agram	nýuton	N	N

1	2	3	4
Basyş	paskal	Pa	Pa
Zor (mehaniki)	paskal	Pa	Pa
Maýyşgaklyk moduly	paskal	Pa	Pa
Iş, energiýa	joul	J	J
Kuwwat	watt	Wt	W
Ýygylyk	gers	Gs	Hz
Temperatura	kelwin	K	K
Ýylylyk mukdary	joul	J	J
Elektrik zarýady	kulon	Kl	C
Tok güýji	amper	A	A
Elektrik meýdanynyň potensialy, naprýaženiýesi	wolt	W	V
Elektrik sygymy	farad	F	F
Elektrik garşylygy	om	Om	Ω
Elektrik geçirijiligi	simens	Sm	S
Magnit induksiýasy	tesla	Tl	T
Magnit akymy	weber	Wb	Wb
Induktiwlik	genri	Gn	H
Ýagtylyk güýji	kandela	kd	cd
Ýagtylyk akymy	lýumen	lm	lm
Ýagtylandyryş	lýuks	lk	lk
Şöhlelenme akymy	watt	Wt	W
Şöhlelenmäniň mukdary (dozasy)	greý	Gr	Gy
Izotopyň işjeňligi (aktiw-ligi)	bekkerll	Bk	Bq

Fiziki ululyklaryň birlikleriniň onluga kratnyý hem-de onlugyň ülüşlerine köpeldilip alynmalarynyň atlandyrylyşy

Ýazylyşy	ady	belgisi	mysal	belgisi
1	**2**	**3**	**4**	**5**
10^{18}	eksa	E	eksametr	Em
10^{15}	peta	P	petagers	PGs
10^{12}	tera	T	terajoul	TJ
10^{9}	giga	G	giganýuton	GN
10^{6}	mega	M	megaom	MOm
10^{3}	kilo	k	kilometr	km
10^{2}	gekto	g	gektowatt	gWt
10^{1}	deka	da	dekalitr	dal
10^{-1}	desi	d	desimetr	dm
10^{-2}	santi	s	santimetr	sm
10^{-3}	milli	m	milliamper	mA
10^{-6}	mikro	mk	mikrowolt	mkW
10^{-9}	nano	n	nanosekunt	ns
10^{-12}	piko	p	pikofarada	pF
10^{-15}	femto	f	femtogramm	fg
10^{-18}	atto	a	attokulon	aKl

Latyn elipbiýi

A a	a	N n	en
B b	be	O o	o
C c	se	P p	pe
D d	de	Q q	ku
E e	e	R r	er
F f	ef	S s	es
G g	ge (že)	T t	te
H h	ha (aş)	U u	u

I i	i	V v	we
J j	ýot (ži)	W w	duble-we
K k	ka	X x	iks
L l	el	Y y	igrek
M m	em	Z z	zet

Grek elipbiýi

A, α alfa	I, ι ýota	P ρ ro
B, β beta	K, χ kappa	Σ,σ sigma
Г, γ gamma	Λ,λ lýambda	T, τ tau
Δ,δ delta	M, μ mýu	Y, υ ipsilon
E, ε epsilon	N, ν nýu	Ф, ϕ fi
Z, ξ dzeta	Ξ,ζ ksi	X, x hi
H, η eta	O,o omikron	Ψ,ψ psi
Θ,ϑ,θ teta	П, π pi	Ω,ω omega

Halkara birlikler ulgamy bilen bir hatarda ulanmaga hukukly ölçeg birlikleri

Ululyk	ady	belgisi	HU bilen gatnaşygy
1	**2**	**3**	**4**
massa	tonna	t	$10^3 kg$
	massanyň atom	m.a.b.	$1{,}66 \cdot 10^{-27} kg$
	birligi		
göwrüm	litr	l	$10^{-3} m^3$
tekiz burç	gradus	$...^0$	$1,74 \cdot 10^{-2}\,rad$
	minut	$...'$	$2,91 \cdot 10^{-4}\,rad$

1	2	3	4
	sekunt	$...''$	$4,85\cdot10^{-6}rad$
iş, energiýa	elektron-wolt	eW	$1,6\cdot10^{-19}J$
temperatura	gradus selsiýa	$^0!$	10^0C 10K

Halkara birlikler ulgamy bilen halkara birlikler ulgamyna girmeýän ölçeg birlikleriniň özara gatnaşygy

1	2
Uzynlyk	1angstrem ($\overset{0}{A}$) = $10^{-10}m$ 1 gije-gündiz = 86400 s
Wagt	1 ýyl= 365,25 gije-gündiz = $3,16\cdot10^7 s$
Tekiz burç	$1^0 = \pi/180rad = 1,75\cdot10^{-2}rad$ $1' = \pi/180\cdot10^{-2}rad = 2,91\cdot10^{-4}rad$ $1'' = \pi/648\cdot10^{-3}rad = 4,85\cdot10^{-6}rad$
Göwrüm	$1l = 10^{-3}m^3$
Massa	$1t = 10^3kg$ 1 m.a.b. = $1,66\cdot10^{-27}kg$
Güýç	1 kG = 9,81 H
Iş, energiýa	1 kG $\cdot m$ = 9,81 J 1 Wt . sag = 3,6 $\cdot10^3$ J 1 eW = 1,6 $\cdot10^{-19}$ J
Kuwwat	1 at g. = 736 Wt
Basyş	1 mm.sim.süt. =133 Pa 1 bar = 10^5 Pa 1 atm = 1,01 $\cdot10^5$ Pa

1	2
Mehaniki güýjenme (zor)	1 kG/mm^2 = 9,81.106 Pa
Aýlaw ýygylygy	1 aýl/min = 1/60 c-1
Tolkun sany	1 sm^{-1} = 100 m^{-1}
Bölejikleriň göwrüm birligindäki sany	1 sm^{-3} = 106 m^{-3}
Ýylylyk (ýylylyk mukdary)	1 kal = 4.19 J 1 kkal = 4.19 $\cdot 10^3 J$
Dipolyň elektrik momenti	1 D = 3.34 $\cdot 10^{30}$ Kl.m
Udel elektrik garşylygy	1 Om mm2/m=10^{-6} Om m
Magnit induksiýasy	1 Gauss = 10^{-4} Tl
Magnit akymy	1 Mks = 10^{-8} Wb
Magnit meýdanynyň güýjenmesi	1 ε = 79,6 A/m
Ýagtylandyrylyş	1 fot = 104 lk
Rentgen we gamma şöhlelenmäniň ekspozisiýalaýyn mukdary (dozasy)	1 R = 2,58 $\cdot 10^{-4}$ Kl/kg
Rentgen we gamma şöhlelenmäniň ekspozisiýalaýyn mukdarynyň (dozasynyň) kuwwaty	1 R/s = 2,58 $\cdot 10^{-4}$ A/Kg
Radioaktiw çeşmedäki nuklidiň işjeňligi (aktiwligi)	1 dargama/s = 1 Bk 1Ki = 3,7 $\cdot 10^{10}$ Bk

Fiziki ululyklaryň tablisalary

Astronomik ululyklar

1-nji tablisa

Kosmiki jisim	Orta radiusy m	Massasy kg	Orta dykyzlygy 103 kg/m^3	Öz okunyň daşynda aýlanma periody gije-gündiz
1	**2**	**3**	**4**	**5**
Gün	6,95	$1{,}97 \cdot 10^{30}$	1,41	25,4
Ýer.	6,37	$5{,}96 \cdot 10^{24}$	5,52	1,00
Aý..	$1{,}74 \cdot 10^{6}$	$7{,}3 \cdot 10^{22}$	3,30	27,3

Gün ulgamynyň planetalary	Günden orta uzaklygy, 10^6 km	Günüň daşyndan aýlanma periody, ýyllarda
Merkuriý	57,87	0,241
Wenera	108,50	0,615
Ýer	149,5	1,00
Mars	227,79	1,881
Ýupiter	777,8	11,862
Saturn	1426,1	29,458
Uran	2867,7	84,013
Neptun	4494	164,79
Pluton	9508	248,43

Maddalaryň dykyzlygy (15-20ºS temperaturada)

2-nji tablisa

Gaty jisimler	**10^3** $\frac{kg}{m^3}$	**Suwuklyklar**	**10^3** $\frac{kg}{m^3}$
Almaz	3,1	Benzol	
Alýuminiý	2,7	Benzin	
Beton	2,2	Gliserin	
Wolfram	19,1	Kastor ýagy	
Gury agaç	0,7	Kerosin	
Galaýy	7,4	Spirt	
Demir (polat çoýun)	7,8	Skipidar	
Grafit	1,6	Efir	
Altyn	19,3	Simap	
Kadmiý	8,65		
Kobalt	8,9	Gazlar (kadaly şertde)	$\frac{kg}{m^3}$
Buz	0,916		
Mis	8,9	Azot	1,25
Molibden	10,2	Argon	1,78
Nikel	8,9	Ammiak	0,77
Platina	21,5	Wodorod	0,09
Probka	0,2	Kislorod	1,43
Gurşun	11,3	Kömürturşy gazy	1,98
Kümüş	10,5	Geliý	0,18
Titan	4,5	Metan	0,72
Uran	19,0	Howa	1,29
Farfor	2,3	Hlor	3,21
Sink	7,0		
Aýna	2,7		

Gaty jisimleriň maýyşgaklyk hemişelikleri

(15-20ºS temperaturada)

3-nji tablisa

Maddalar	Ýunguň moduly 10^9 Pa	Süýşme moduly 10^9 Pa	Puassonyň koef-fisiýenti	Berklik çägi 10^9 Pa	Gysylma koef-fisiýenti 10^9 Pa
Alýuminiý	70	26	0,34	0,1	0,014
Mis	130	40	0,34	0,3	0,007
Gurşun	16	5,6	0,44	0,015	0,022
Demir (polat)	200	81	0,29	0,6	0,006
Aýna	60	30	0,25	0,05	0,025
Kümüş	74	27	-	-	-
Wolfram	380	140	-	-	-

Jisimleriň ýylylykda (termiki) giňelme koeffisiýenti

4-nji tablisa

Gaty jisim	Uzynlygyna giňelme koef-fisiýenti 10^{-6} K^{-1}	Suwuklyk	Göwrümine giňelme koef-fisiýenti 10^{-4} K^{-1}
Alýuminiý	22,9	Gliserin	5,0
Latun	18,9	Kerosin	10,0
Mis	16,7	Suw	1,5
Demir (polat)	11	Simap	1,8
Galaýy	21	Spirt	11,0
Gurşun	29	Efir	17,0
Kümüş	19	Nebit	10,0
Sink	26		
Aýna	8,50		

Gazlaryň hemişelikleri (kadaly şertde)

5-nji tablisa

Gaz	Ýylylyk geçirijilik, $\frac{mWt}{m \cdot K}$	Dinamiki şepbeşiklik, $mkPa \cdot s$	Effektiw diametr, nm	Wan-der-Waalsyň hemişelikleri	
				a $\frac{N \cdot m^4}{mol}$	b $\frac{m^3}{mol} 10^{-5}$
Azot	24,3	16,6	0,38	0,135	3,86
Argon	16,2	21,5	0,35	0,134	3,22
Wodorod	168,4	8,66	0,28	0,024	2,7
Geliý	142	18,9	0,22	-	-
Kislorod	24,4	19,8	0,36	0,136	3,17
Suw bugy	15,8	8,32	0,30	0,545	3,04
Howa	24,1	17,2	0,35	-	-

Suwuklyklaryň hemişelikleri (kadaly şertde)

6-njy tablisa

Suwuklyk	Udel ýylylyk sygymy $\frac{kJ}{kg \cdot K}$	Dinamiki şepbeşiklik koef-fisiýenti $mPa \cdot s$	Üst dartuw koef-fisiýenti mN/m
Aseton	2,16	0,322	23,3
Benzin	2,09	-	
Benzol	-	0,648	28,9
Gliserin	2,39	1480	62
Kerosin	2,1	-	30
Simap	0,138	1,554	5
Suw	4,19	1,002	73
Kastor ýagy	1,8	987	-
Maşyn ýagy	1,67	100	-
Spirt	2,39	1,2	22
Sabynly suw ergini (1)	-	-	40

Sesiň ýaýrama tizligi

7-nji tablisa

Madda	m/s	**Madda**	m/s
Agaç	4000	Aýna	5000
Probka	500	Gurşun	1300
Rezin	54	Suw (0º S)	1485
Demir (polat)	5100	Wodorod (0º S)	1286
Howa (0º S)	331.8	Uglerodyň ikili okisi (0º S)	258

Maddalaryň dielektrik syzyjylygy (ε)

8-nji tablisa

Dielektrik		**Dielektrik**	
Suw	81	Slýuda	7,5
Howa	1,006	Spirt	26
Kerosin	2	Aýna	6
Parafin	2	Farfor	5
Polietilen	2,3	Ebonit	3

Geçirijileriň udel garşylygy we termiki koeffisiýenti

9-njy tablisa

Madda	p $nOm \cdot m$	α $10^{-3} \cdot K^{-1}$	**Madda**	p $nOm \cdot m$	α $10^{-3} \cdot k^{-1}$
Alýumini	26	3,6	Wolfram	50	4,8
Mis	17	4,2	Grafit	3900	80
Nikel	420	0,1	Altyn	20	4,0
Kümüş	16	4,0	Demir	98	4,2
Nihrom	110	0,1	Gurşun	2100	4,0

Spektriň görünýän bölegniň tolkun uzynlyklary

10-njy tablisa

Reňki	Tolkun uzynlygy, A^0	Reňki	Tolkun uzynlygy, A^0
Melewşe	3800 - 4500	Sary-ýaşyl	5500 - 5750
Gök	4500 - 4800	Sary	5750 - 5850
Mawy	4800 - 5100	Mämişi	5850 - 6200
Ýaşyl	5100 - 5500	Gyzyl	6200 - 7600

Maddalaryň döwme görkezijisi

11-nji tablisa

Almaz	2,42	Buz	1,31
Suw.	1,33	Skipidar (20^0C)	1,47
Gliserin	1,47	Etil spirti	1,36
Daş duzy.	1,54	Aýna	1,5
Kwars.	1,54	Kükürtt urşy uglerod	1,63

Metallardan elektronlaryň çykyş işi (eW)

12-nji tablisa

Wolfram	4,5	Nikel	5,0
Demir.	4,74	Platina	5,29
Altyn	4,68	Simap	4,52
Kaliý	2,0	Rubidiý	2,13
Litiý	2,4	Kümüş	4,74
Magniý	3,46	Tantal	4,07
Mis	4,47	Seziý	1,97
Molibden	4,2	Sink	4,0
Natriý	2,3		

Periodlar	I	D.I.Mendeleýewiň himiki elementleriň periodik sistemasy					VII	VIII	Tertip sany 47 Ag 107,868 Kümüş Otnositel atom massasy Ady Himiki belgisi	
		II	III	IV	V	VI				
1	H 1 1,00794 Wodorod						(H)	He 2 4,0026 Geliý		
2	Li 3 6,941 Litiý	Be 4 9,01218 Berilliý	B 5 10,81 Bor	C 6 12,011 Uglerod	N 7 14,0067 Azot	O 8 15,999 Kislorod	F 9 18,998 Ftor	Ne 10 20,17 Neon		
3	Na 11 22,989 Natriý	Mg 12 24,305 Magniý	Al 13 26,981 Alýuminiý	Si 14 28,085 Kremniý	P 15 30,974 Fosfor	S 16 32,064 Kükürt	Cl 17 35,453 Hlor	Ar 18 39,948 Argon		
4	K 19 39,098 Kaliý	Ca 20 40,078 Kalsiý	Sc 21 44,956 Skandiý	Ti 22 47,90 Titan	V 23 50,94 Wanadiý	Cr 24 51,996 Hrom	Mn 25 54,938 Marganes	Fe 26 55,847 Demir	Co 27 58,933 Kobalt	Ni 28 58,70 Nikel
	Cu 29 63,546 Mis	Zn 30 65,38 Sink	Ga 31 69,72 Galliý	Ge 32 72,59 Germaniý	As 33 74,922 Myşýak	Se 34 78,96 Selen	Br 35 79,904 Brom	Kr 36 83,80 Kripton	E – s elementler	
5	Rb 37 85,468 Rubidiý	Sr 38 87,62 Stronsiý	Y 39 88,906 Ittriý	Zr 40 91,22 Sirkoniý	Nb 41 92,906 Niobiý	Mo 42 95,94 Molibden	Tc 43 98,906 Tehnesiý	Ru 44 101,07 Ruteniý	Rh 45 102,905 Rodiý	Pd 46 106,4 Palladiý
	Ag 47 107,868 Kümüş	Cd 48 112,41 Kadmiý	In 49 114,82 Indiý	Sn 50 118,71 Galaýy	Sb 51 121,76 Surma	Te 52 127,60 Tellur	I 53 126,904 Ýod	Xe 54 131,30 Ksenon	E – p elementler	
6	Cs 55 132,905 Seziý	Ba 56 137,33 Bariý	La* 57 138,905 Lantan	Hf 72 178,49 Gafniý	Ta 73 180,947 Tantal	W 74 183,85 Wolfram	Re 75 186,207 Reniý	Os 76 190,23 Osmiý	Ir 77 192,22 Iridiý	Pt 78 195,08 Platina
	Au 79 196,966 Altyn	Hg 80 200,59 Simap	Tl 81 204,38 Talliý	Pb 82 207,2 Gurşun	Bi 83 208,980 Wismut	Po 84 (209) Poloniý	At 85 (210) Astat	Rn 86 (222) Radon	E – d elementler	
7	Fr 87 (223) Fransiý	Ra 88 226,025 Radiý	Ac** 89 (227) Aktiniý	Rf 104 (267) Rezerfordiý	Db 105 (268) Dubniý	Sg 106 (271) Siborgiý	Bh 107 (267) Boriý	Hs 108 (278) Hassiý	Mt 109 (276) Meýtneriý	Ds 110 (282) Darmştadtiý
	Rg 111 (280) Rentgeniý	Uub 112 (286) Ununbiý	Uut 113 (284) Ununtriý	Uug 114 (290) Ununkwadiý	Uup 115 (287) Ununpentiý	Uuh 116 (293) Unungeksiý	Uus 117 (?) (Ununseptiý)	Uuo 118 (293) Ununoktiý	E – f elementler	

*** Lantanoidler**

Ce 58 140,12 Seriý	Pr 59 140,908 Prazeodim	Nd 60 144,24 Neodim	Pm 61 (145) Prometiý	Sm 62 150,4 Samariý	Eu 63 151,96 Ýewropiý	Gd 64 157,25 Gadoliniý	Tb 65 158,925 Terbiý	Dy 66 162,50 Disproziý	Ho 67 164,93 Golmiý	Er 68 167,26 Erbiý	Tm 69 168,934 Tuliý	Yb 70 173,04 Itterbiý	Lu 71 174,967 Lýutesiý

**** Aktinoidler**

Th 90 232,08 Toriý	Pa 91 231,036 Protaktiniý	U 92 238,029 Uran	Np 93 237,048 Neptuniý	Pu 94 (244) Plutoniý	Am 95 (243) Amerisiý	Cm 96 247 Kýuriý	Bk 97 247 Berkliý	Cf 98 251 Kaliforniý	Es 99 254 Eýnşteýniý	Fm 100 257 Fermiý	Md 101 258 Mendelewiý	(No) 102 255 Nobeliý	(Lr) 103 256 Lourensiý

Bellik: 112-118 elementlere degişli maglumatlar gutarnykly däl

Esasy fiziki hemişelikler

1	2
Erkin gaçmanyň tizlenmesi	$g = 9,81 m / s^2$
Grawitasiýa hemişeligi	$G = 6,67 \cdot 10^{-11} m^3 / s^2$
Awogadro hemişeligi	$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} 1 / mol$
Uniwersal gaz hemişeligi	$R = 8,31 J / \min K$
Bolsmanyň hemişeligi	$k = 1,38 \cdot 10^{-23} J / K$
Faradeýiň hemişeligi	$F = 9,65 \cdot 10^7 Kl / \min$
Stefanyň-Bolsmanyň hemişeligi	$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} W / m^2 K^4$
Winiň süýşmek kanunynyň hemişeligi	$2 = 2,9 \cdot 10^{-3} m$
Plankyň hemişeligi	$h = 6,625 \cdot 10^{-34} J \cdot s$
Ridbergiň hemişeligi	$R = 3,29 \cdot 10^{15} s^{-1}$
Ýagtylygyň wakuumda ýaýrama tizligi	$C = 3 \cdot 10^8 m / s$
Massanyň atom birligi	$1 m.a.b.\ 1,66 \cdot 10^{-27} kg$
Elektronyň massasy	$m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} kg$
Elementar zarýad	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} Kl$
Bor boýunça wodorod atomynyň esasy halyndaky elektronyň orbitasynyň radiusy	$a_0 = 5,29 \cdot 10^{-11} m$
Elektronyň Kompton boýunça tolkun uzynlygy	$\lambda_k = 2,43 \cdot 10^{-12} m$
Elektrik hemişeligi	$\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/m
Magnit hemişeligi	$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/m

PEÝDALANYLAN EDEBIÝATLAR

1. *Berdimuhamedow G.* Türkmenistanda saglygy goraýşy ösdürmegiň ylmy esaslary. A.: TDNG, 2007.
2. *Berdimuhamedow G.* Türkmenistan sagdynlygyň we ruhubelentligiň ýurdy. A.: TDNG, 2007.
3. *Berdimuhamedow G*. Döwlet adam üçindir. A.: TDNG, 2008.
4. *Berdimuhamedow G.* Türkmenistanyň Beýik Galkynyş eýýamynyň Konstitusýasy hakynda. A.: TDNG, 2007.
5. *Акоста В.* и другие. Основа современной физики, М.Просвещение,1981.
6. *Ataýew A*. Atom we ýadro fizikasy. Aşgabat, 2006.
7. *Çaryýew A*. Fizikanyň esasy kanunlary. Aşgabat, 2004.
8. *Чертов А.Г., Воробьев А.А.* Задачник по физике М. «Высшая школа» 1981 г.
9. *Гершензон Е.М.* и др. Курс общей физики. Оптика и атомная физика. М-1992.
10. *Идоров И.Е.* Квантовая физика. Основные законы. Москва, 2001.
11. *Иродов И.Е., Савельев И.В.,* Замша О.И. Сборник задач по общей физике. 1982 г.
12. *Савельев И.В*. Курс общей физики. Т.3. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тело. Физика атомного ядра и элементарных частиц. М-1989.
13. *Цедрик М.С.* Сборник задач по общему курсу физики. 1989 г.
14. *Волкенштейн В.С.* Сборник задач по общему курсу физики.2002 г.

M A Z M U N Y

J. Awliýakuliýew, Ý. Baratow, K. Ataýew

FIZIKADAN MESELELER

(Optika)

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw gollanmasy

Redaktory	*O.Abdyrahmanowa*
Teh. redaktory	*T. Aslanowa*
Operatory	*M. Baýramgylyjowa*

Ýygnamaga berildi 13.10.2010. Çäp etmäge rugsat edildi 12.11.2010.
Ölçegi 60x84 $^{1}/_{16}$. Ofset kagyzy. Edebi garnitura.
Ofset çap ediliş usuly. Çap listi 9;0. Hasap-neşir listi 6,8.

Türkmenistanyň Ylymlar akademiýasynyň “Ylym” neşirýaty.
744000. Aşgabat, Türkmenbaşy şaýoly, 18.