FIZIKADAN BÄSLEŞIK MESELELERINIŇ ÝYGYNDYSY

EDEBIÝAT

1. **Иродов И.Е.** Задачи по общей физике. – М.: Наука, 1988.

2. **Кабардин О.Ф., Орлов В.А.** Международные физические олимпиады школьников. – М.: Наука, 1985.

3. **С.М.Козел и др.** Сборник задач по физике. Задачи МФТИ. – М.: Наука, 1987.

4. **Меледин Г.В.** Физика в задачах. – М.: Наука, 1990.

5. **Савельев В.И. и др.** Сборник задач по общей физике под редакцией И.В.Савельева. – М.: Наука, 1975.

6. **Сахаров Д.И.** Сборник задач по физике. – М.: Учпедгиз, 1960.

7. Сборник задач по элементарной физике. Пособие для самообразования (Б.Б.Буховцев и др.). – М.: Наука, 1987.

8. **Фейнман Р. и др.** Задачи и упражнения с ответами и решениями. – М.: Мир, 1969.

MAZMUNY

UOK 53
F 62

F 62 **Fizikadan bäsleşik meseleleriniň ýygyndysy.** – Aşgabat: Ylym, 2002.

Kitap fakultatiw sapaklary geçirmekde, kružok işlerini alyp barmakda, bu dersi öwrenmäge höwesli okuwçylar bilen ýekebara iş geçirmekde kömek eder. Ýygynda fizikanyň ähli bölümleri boýunça bäsleşik meseleleri, şeýle hem halkara bäsleşikleriň maksatnamalaryna has ýakynlaşdyrylan meseleler hem girizildi.

Ýygyndy mekdep mugallymlaryna fizika dersi boýunça okuwçylary dürli derejedäki bäsleşiklere taýýarlamak üçin niýetlenen.

TDKP № 91 **KBK 22. 3 ýa 72**

SÖZBAŞY

Halkymyzyň Altyn asyrynda Türkmenistany gülläp ösdürjek çuňňur bilimli, giň dünýägaraýyşly, baý iş tejribeli, Watana jany-teni bilen berlen we oňa halallyk bilen hyzmat etmäge taýýar hünärmenleri okatmak we terbiýelemek barada Merhemetli Serdarymyz Beýik Saparmyrat Türkmenbaşy gije-gündiz alada edýär. Bu aladalary biz günsaýyn duýýarys. Ylmyň köp pudaklaryndan baş çykarmagy başarýan we olara saldamly goşantlary goşýan Beýik Saparmyrat Türkmenbaşy jöwher zehinli çagalary öz wagtynda tapmagy we olaryň talantlaryny doly açyljak ugurlara gönükdirmegi bilim işgärlerinden berk talap edýär. Beýle talabyň sebäbine, elbetde, düşünmek kyn däl.

Zehinli çagalary tapmakda we olaryň hünärler boýunça dogry ugrukdyrylmagynda mekdeplerde, etraplarda, şäherlerde, welaýatlarda we döwlet möçberinde dersler boýunça her ýylda geçirilýän bäsleşikleriň (olimpiadalaryň) bahasyna ýetip bolmajak ähmiýeti bardyr. Bu hilli bäsleşikleri geçirmek işi hem Beýik Serdaryň üns merkezinde bolmagynda galýar. Dürli derejedäki bäsleşikler geçirilende ýol berilýän nogsanlyklary ol berk ýazgarýar, nogsanlyklary ýok etmek barada gymmatly maslahatlary berýär.

Indi okyjylara hödürlenýän "Meseleler ýygyndysynyň" öňde goýýan maksatlary we çözmekçi bolýan meseleleri barada giňişleýinräk gürrüňe girişeliň.

Fizikanyň meselelerini çözmäge däp bolup galan iki sany çemeleşik bar. Birinjiden, meseläni tejribeler geçirmek arkaly çözmek. Çemeleşikleriň ikinjisi bolsa, meseläni çözmäge nazaryýetiň düzgünlerini ulanmakdan ybaratdyr. Aňrysyna seretsek, bu çemeleşikleriň hiç birisi-de meseläniň gutarnykly çözgüdini özbaşdaklykda almagyň hötdesinden gelip bilenok. Mysal üçin, tejribelerde ölçelip alnan maglumatlary işläp bejermek arkaly alyr.aly netije (kesgitlenýän ululyk) nazaryýetiň gazananlaryny ulanmak bilen alynýar. Mundan hem başga tejribede alna netijeleri nazaryýetiň synagyndan geçirmeli bolýar. Tersine, goýla meseläni nazary usullary ulanylyp çözmeli bolanda hem tejribelerde tapylan köp sanly fiziki hemişelikleri ulanmak zerurlygy ýüze çykýa Görnüşi ýaly, bu iki çemeleşik bilelikde ulanylmaly ekeni, ýagn nazaryýet bilen amalýet arkalaşykly işledilmeli.

Fizika dersini öwrenmekde mesele çözmegiň örän uly ähmiýet bar diýip hasap edilýär. Bu pikir bilen ylalaşmaýan adamy tapmal mümkin däl diýen ýalydyr. Mesele çözmek arkaly fiziki kanunlary w düzgünleri amaly maksatlar üçin ulanmak, olaryň ulanyş çäklerin takyklamak, okuwçylaryň bilim derejesini çuňlaşdyrmak ýaly ugurlard okuwçylaryň zerur endikleri edinmegine ep-esli kömek edýär. Meseleler çözmek arkaly okuwçy özbaşdak pikirlenmäni we işlemäni, alynýa netijeleri analiz etmegi, olaryň ulanyş çäklerine baha bermegi öwrenýä Mesele çözmekde okuwçynyň dünýägaraýşyny giňeldýär, pikir ýöred usullaryny kämilleşdirýär.

Fizikadan mesele çözmegiň okuwçylara berip biljek peýdalarynyň ýokardaky sanawy, elbetde, doly däldir.

Şu ýygyndynyň düzülmegine we çapa taýýarlanyp, aýraty kitapça görnüşde neşir edilmegine esasy sebäpleriň biri okuwçylary etrap, şäher, welaýat we döwlet bäsleşiklerine gatnaşmaga taýýarlaýar mekdep mugallymlarynyň isleg – arzuwlary. Esasy sebäpleriň beýlekisi hökmünde bolsa, mesele çözmegiň okuwça berýän peýdasy barad ýokarda getirilen delilleri görkezeliň.

Bu ugurda türkmen dilinde ýazylan gollanmalaryň düýpde diýen ýaly ýokdugyny hem ýokarda görkezilen sebäpleriň hataryn goşmak gerek. Biz G.Mälikgulyýew bilen G.Toýlyýewiň 1977-nji ýyld çap edilen "Fizikadan türgenleşik meseleleri" atly gollanmasyn salgylanmak bilen çäklenmeli bolýarys.

Ýygyndynyň aýratynlyklary barada bir-iki agyz gürrüň etmek zerur. Ilkinji nobatda oňa fizikanyň ähli bölümleri boýunça meseleleriň goşulandygyny belläliň. Ýygyndyda orta mekdebiň maksatnamasyndan daşary çykýan meseleler hem bardyr. Şu nukdaý nazardan garalanda, ýygyndy halkara bäsleşikleriň maksatnamalaryna has ýakynlaşdyrylandyr.

Ýygyndy 10 bölümden ybarat bolup, her bölümiň başynda "Giriş" berilýär. "Girişlerde" esasy kesgitlemeler, düzgünler barada gysgaça gürrüň edilýär. Bölümde ýerleşdirilen meseleleri çözmek üçin "Girişdäki" maglumatlar ýeterlik.

Ýygynda girizilen meseleleriň käbirini çözmek üçin ýönekeý funksiýalaryň önümlerini bilmek we ýönekeý integrallary hasaplamak başarnygy talap edilýär. Mesele çözmek üçin okuwçydan talap edilýän matematiki taýýarlyk ýygyndynyň ahyrynda ýerleşdirilen "Goşmaçalaryň" çäginden çykmaýar. Mesele çözmegiň gidişinde önümleri ýa-da integrallary hasaplamak zerurlygy ýüze çyksa, "Goşmaçalara" ýüzlenmek maslahat berilýär.

"Ýygyndyda" kyn meseleler bilen bir hatarda aňsat meseleler hem bar. Kyn meseleleriň käbiriniň çözgütleri berilýär. Kitabyň göwrüminiň juda çäkli bolandygy sebäpli, kyn meseleleriň hemmesiniň çözgüdini bermäge mümkinçilik ýok.

"Ýygynda" giriziljek meseleler çöplenende, fizikanyň dürli pudaklarynyň soňky onýyllyklarda ýeten sepgitleri we onuň öňünde duran çözülmeli meseleler bilen baglanyşykly meseleleri seçip almaga çalşyldy. Şular ýaly meseleler ylym pudaklarynyň öňünde duran meseleler bilen okuwçylary tanyşdyrmaga mümkinçilik berjegi we olarda gyzyklanma döretjegi ikuçly däldir.

Mekdep mugallymlaryna fizika dersi boýunça fakultatiw sapaklary geçirmekde, kružok işlerini alyp barmakda, fizikany öwrenmäge höwesli okuwçylar bilen ýekebara iş geçirmekde, galyberse-de okuwçylary dürli derejedäki fiziki bäsleşiklere taýýarlamakda we ş.m. beýleki işlerde ep-esli kömek eder diýen umyt etmek bilen ýygyndy okyjylara hödürlenýär.

Ýygyndynyň mazmuny we onda goýberilen kemçilikler barada okyjylaryň pikirini bilmek ony düzen we çapa taýýarlanlar üçin juda gyzykly.

Şol sebäpli-de, hormatly okyjylar, ýygyndy baradaky bellikleriňizi Türkmenistanyň bilim ministrligine ýetirmegiňizi sizden haýyş edýäris. Siziň hoşniýetli bellikleriňiz, teklipleriňiz uly kanagatlanma bilen kabul ediler. Olar ýygyndynyň hilini ýokarlandyrmaga kömek ederler.

Professor ***Ö. Bekmyradow***

I BÖLÜM

Kinematikanyň esasy düzgünleri we kesgitlemeleri

1. Material nokadyň giňişlikde tutýan ornuny bilmek koordinat we tebigy usullar arkaly amala aşyrylýar. Koordinat usul ulanylanda, material nokadyň käbir koordinat ulgamyndaky $\vec{r}=\vec{r}(t)$ radius-wektorynyň wagt boýunça üýtgemesi berilýär. Tebigy usul ulanylanda bolsa, material nokadyň geçen ýolunyň wagta baglylygy $s=s(t)$ deňlemäniň üsti bilen berilýär.

2. Material nokadyň orta tizligi we orta tizlenmesi:

$$\vec{\upsilon}_{or} \equiv <\vec{\upsilon}> = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}, \quad \vec{a}_{or} \equiv <\vec{a}> = \frac{\Delta\vec{\upsilon}}{\Delta t}. \tag{1}$$

3. Tizligiň we tizlenmäniň berlen wagt pursatyndaky (mgnowen) bahalary:

$$\vec{\upsilon} = \frac{d\vec{r}}{dt}, \quad \vec{a} = \frac{d\vec{\upsilon}}{dt}. \tag{2}$$

4. Material nokadyň egriçyzykly hereketindäki galtaşýan (tangensial) we normal tizlenmeleri:

$$a_g = \frac{d\upsilon_g}{dt}, \quad a_n = \frac{\upsilon^2}{R}, \qquad a_{doly} = (a_g^{\,2} + a_n^{\,2})^{1/2}. \tag{3}$$

5. Material nokadyň geçen ýoly:

$$S = \int \upsilon dt. \tag{4}$$

6. Burç tizligi we burç tizlenmesi:

$$\vec{\omega} = \frac{d\vec{\varphi}}{dt}, \quad \vec{\mathcal{E}} = \frac{d\vec{\omega}}{dt}, \quad <\vec{\omega}> = \frac{\Delta\vec{\varphi}}{\Delta t}, \quad <\vec{\mathcal{E}}> = \frac{\Delta\vec{\omega}}{\Delta t}. \tag{5}$$

7. Çyzykly tizlik we tizlenme bilen burç tizliginiň hem-de tizlenmesiniň arasyndaky baglanyşyk:

$$\vec{\upsilon} = [\vec{\omega}\vec{r}], \quad a_n = \omega^2 R, \quad a_t = \varepsilon R. \tag{6}$$

Meseleler

1. Material nokadyň radius-wektorynyň wagt boýunça üýtgeýşi $\vec{r} = \vec{b}t(1-\alpha t)$, $\vec{b}$ – hemişelik wektor, α = ***hemişelik > 0***, formula arkaly berilýär. Tapmaly: a) material nokadyň $\vec{\upsilon}$ tizligini we $\vec{a}$ tizlenmesini; b) material nokadyň herekete başlan ýerine gaýdyp gelýänçä geçjek Δt wagty hem-de onuň geçen S ýoluny.

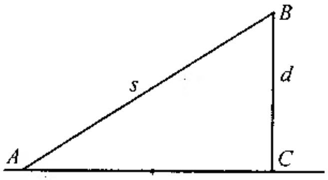
2. Iki sany jisimiň birini dik ýokarlygyna, beýlekisini bolsa, gorizonta $\varphi = 60°$ burç bilen zyňýarlar. Her jisimiň başlangyç tizligi υ_0 = 25 *m/s*. Howanyň garşylygyny hasaba almazdan t = 1,7 *s* wagt geçenden soň, jisimleriň arasyndaky uzaklygyň näçe boljagyny tapmaly.

3. Şarjagaz başlangyç tizliksiz herekete başlap, gorizonta α burç bilen ýapgyt goýlan ýylmanak tekizligiň üstüne düşýär. Şarjagaz h ýoly geçip, tekizlikden maýyşgak serpigýär. Tekizlikden ilkinji gezek serpigen ýerinden näçe uzaklykda şarjagaz gaýtadan serpiger?

4. Jisimi gorizont bilen α burç emele getirýän υ_0 başlangyç tizlik bilen zyňýarlar. Jisim näçe wagtdan soň Ýere gaçar? Ýere düşýänçä ol näçe ýol geçer? Onuň traýektoriýasynyň iň beýik nokady Ýeriň üstünden näçe beýiklikde bolar? Hasaplamalary α = 60° we υ_0 = *15 m/s* san bahalarda ýerine ýetirmeli.

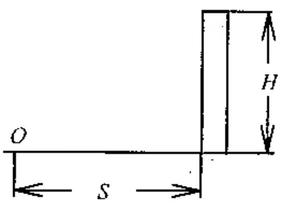
5. 4-nji meselede gürrüňi edilýän jisimiň hereketiniň traýektoriýasyny tapmaly.

6. Awtomobil ähli geçmeli ýolunyň ýarysyny v_0 tizlik bilen geçdi. Ýoluň galan bölegine sarp etmeli wagtyň ýarysyny ol v_1 tizlik, galan ýarysyny bolsa v_2 tizlik bilen ýöredi. Awtomobiliň orta tizligini tapmaly.



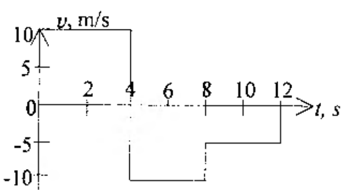
1-nji surat

7. Kölüň kenarynyň A nokadynda duran adam sarp etmegi mümkin bolan wagtyň iň gysgasyny sarp edip, kölüň içinde ýerleşen B nokada barmaly (1-nji surat). $AB=s$, $BC=d$ bolýandygy belli. Adamyň suwdaky hereketiniň tizligi v_1, gury ýerde bolsa v_2 ($v_2 > v_1$). Iň az wagt sarp edip, A nokatdan B nokada barmak üçin adam haýsy ýol boýunça hereket etmeli?



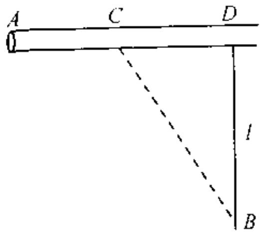
2-nji surat

8. Pökgini zyňyp, beýikligi H bolan dik diwardan aşyrmak gerek. Diwar pökgini zyňmaly O nokatdan S uzaklykda ýerleşýär (2-nji surat). Pökgini zyňyp, diwaryň aňrysyna geçirmegi üpjün edýän başlangyç tizligiň iň az bahasy näçe? Başlangyç tizlik bilen gorizontyň arasyndaky α burç näçe bolmaly? Pökgi hereket etmäge Ýeriň üstünden başlaýar diýip hasap etmeli.



3-nji surat

9. X ok boýunça hereket edýän material nokadyň tizliginiň grafigi 3-nji suratda görkezilen. Material nokadyň geçen ýoluny we onuň orun üýtgetmesini tapmaly. Material nokadyň wagtyň 4, 6, 10 s bahalarynda geçen ýollary we orun üýtgetmeleri näçe?



4-nji surat

10. Reaktiw samolýot $v = 500$ m/s tizlik bilen gözegçiden $l = 6$ km daşlykdan uçup geçdi. Dwigateliň sesini eşiden pursatynda samolýot gözegçiden näçe uzaklykda bolar?

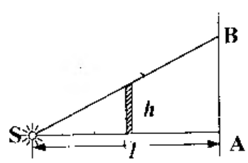
11. Gara ýoluň ugrunda ýerleşen A punktdan, ýoldan sowa meýdanda ýerleşen B punkta iň az wagt sarp edip maşynly barmak zerur (4-nji surat).

Maşynyň meýdandaky tizligi onuň gara ýoldaky tizliginden n esse az. Iň az wagty sarp edip, B punkta ýetmek üçin D nokatdan näçe CD uzaklykda gara ýoldan sowulmaly.

12. Derýanyň akymynyň ugruna hereket edýän kater salyň yzyndan A menzilde ýetdi. Şundan soň kater $t = 60$ min hereket edip, yzyna gaýdýar we A menzilden $l = 6$ km uzaklykda ýene-de sal bilen duşuşýar. Derýa boýunça iki tarapa-da hereket edende, kateriň motory birmeňzeş işläpdir diýip kabul etmek bilen derýanyň akyş v tizligini tapmaly.

13. Elektrik otlusynyň herekete başlan pursatynda onuň öňki ujunda duran adam birinji wagonyň öz duşundan $t_1 = 4s$ wagtda geçenini belläpdir. Onuň duşundan otlynyň n-nji wagony ($n = 7$) näçe wagtda geçer? Otlynyň hereketini deňtizlenýän diýip hasap etmeli.

14. Bir nokatdan şol bir wagtda iki sany jisimi garşylykly taraplara gorizontal ugrukdyrylan $v_1 = 2$ m/s we $v_2 = 5$ m/s başlangyç tizlikler bilen zyňýarlar. Hereket başlanandan soň, näçe wagtdan jisimleriň tizlikleri biri-birine perpendikulýar bolarlar?



5-nji surat

15. Nokatlanç S ýagtylyk çeşmesi AB ekrandan l uzaklykda ýerleşýär (5-nji surat). SA göni çyzyk boýunça ýagtylyk geçirmeýän beýikligi h bolan predmet v_1 tizlik bilen hereket edýär. Predmetiň

kölegesiniň ýokary ujunyň AB ekran boýunça edýän hereketiniň mgnowen tizligini tapmaly.

16. X ok boýunça hereket edýän material nokadyň koordinaty $x = t^2+35t+11$ deňleme arkaly berilýär (x – sm, t – s). Material nokadyň herekete başlan x_0 koordinatyny, onuň başlangyç tizligini we tizlenmesini tapmaly.

17. Tigir hereketsiz okuň töwereginde aýlanýar. φ burçuň wagta baglylygy $\varphi = \beta t^2$ ($\beta = 0.2\ rad/s^2$) deňleme arkaly berilýär. Tigriň üstünde alnan A nokadyň $t = 2.5\ s$ wagt pursatyndaky doly tizlenmesini tapmaly. Şu pursatda A nokadyň tizligi $\upsilon = 0.65\ m/s$.

18. Top oky topuň niliniň içinde $n = 2$ aýlaw edip (niliň iç ýüzi hyrly), $\upsilon = 320\ m/s$ tizlik bilen çykyp gidýär. Niliň uzynlygy $l = 2m$. Niliň içinde okuň hereketini deňtizlenýän diýip kabul etmek bilen onuň nilden çykan pursatyndaky burç tizligini tapmaly.

19. Material nokat töwerek boýunça $\upsilon = \alpha t$ tizlik bilen hereket edýär ($\alpha = 0.5\ m/s^2$). Material nokadyň herekete başlap, töweregiň $n=0.1$ uzynlygyny geçen pursatyndaky doly tizlenmesini tapmaly.

20. Dürli materiallardan ýasalan iki sany ýarym halka bar. Olary kebşirläp R radiusly halka ýasalýar. Ýarym halkalardaky sesiň tizligi C_1 we C_2. Halkanyň kebşirlenen ýerindäki nokady urmak arkaly döredilen ses tolkunlary näçe wagtdan soň duşuşarlar?

II BÖLÜM

Dinamikanyň esasy düzgünleri we kesgitlemeleri

1. Nýutonuň ikinji kanuny

$$m\frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{F}. \qquad (1)$$

2. n sany material nokatdan ybarat ulgamyň massa merkeziniň radius-wektory, tizligi we tizlenmesi $(m = \sum_{(i)} m_i)$

$$\vec{r}_M = \frac{1}{m}\sum_{(i)} m_i\vec{r}_i, \quad \vec{\upsilon}_M = \frac{1}{m}\sum_{(i)} m_i\vec{\upsilon}_i, \quad \vec{a}_M = \frac{1}{m}\sum_{(i)} m_i\vec{a}_i. \qquad (2)$$

Massa merkezi üçin Nýutonuň ikinji kanuny:

$$m\frac{d\vec{v}_m}{dt} = \vec{F}, \qquad (3)$$

$\vec{F}$ – ulgama täsir edýän daşky güýçleriň deňtäsiredijisi.

3. Ulgamyň impulsynyň üýtgemegi:

$$\vec{p}_2 - \vec{p}_1 = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F}dt. \qquad (4)$$

4. Üýtgeýän massaly material nokadyň hereket deňlemesi (Meşşerskiniň deňlemesi):

$$m\frac{d\vec{\upsilon}}{dt} = \vec{F} + \vec{u}\frac{dm}{dt}. \qquad (5)$$

Bu ýerde $\vec{u}$ – material nokatdan gidýän (ýa-da gelýän) massanyň tizligi.

5. Güýjüň işi we kuwwaty:

$$A = \int \vec{F} d\vec{r}, \qquad P = (\vec{F}\vec{\upsilon}). \tag{6}$$

6. Material nokadyň kinetik energiýasynyň üýtgemegi daşky güýçleriň eden işine deňdir:

$$\frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 = A. \tag{7}$$

7. Potensial güýçleriň işi minus alamat bilen alnan potensial energiýanyň üýtgemegine deňdir:

$$A = -(U_2 - U_1). \tag{8}$$

8. Bütindünýä dartylma kanuny:

$$\vec{F} = G\frac{m_1 m_2}{r^3}\vec{r}. \tag{9}$$

9. Biri-birinden r uzaklykda ýerleşen m_1 we m_2 massaly nokatlanç jisimleriň özara täsiriniň potensial energiýasy

$$U = -G\frac{m_1 m_2}{r}. \tag{10}$$

10. Material nokadyň impulsynyň haýsydyr bir O nokada görä momenti $\vec{L} = [\vec{r}\,\vec{p}] = m[\vec{r}\,\vec{\upsilon}]$. Impulsyň momentiniň üýtgemegi barada teorema

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{M}. \tag{11}$$

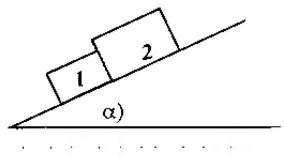
11. Güýjüň momenti

$$\vec{M} = [\vec{r}\vec{F}]. \tag{12}$$

12. Bernulliniň deňlemesi: $p + \frac{1}{2}\rho\upsilon^2 = hemişelik.$ (13)

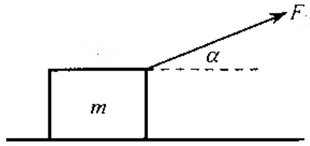
Meseleler

21. Hereketsiz bloguň üstünden geçirilen sapagyň uçlaryndan her biriniň massasy m=240 g bolan iki sany ýük asylgy. Her bir ýük t=4 s wagtda S=160 sm ýol geçer ýaly ýükleriň biriniň üstüne goşmaça näçe Δm ýük goýmaly?



6-njy surat

22. Gorizont bilen α burç emele getirýän ýapgyt tekizligiň üstünde m_1 we m_2 massaly tagta bölekleri 6-njy suratdaky ýaly edip ýerleşdirilýär. Tagta bölekleri bilen ýapgyt tekizligiň arasyndaky sürtülme koeffisiýentleri k_1 we $k_2\,(k_1 > k_2)$. Tagta bölekleri hereket edip başlanlarynda, olaryň arasynda täsir edýän güýji we α burçuň haýsy bahasynda typmagyň bolmajakdygyny kesgitlemeli.



7-nji surat

23. m massaly tagta bölegini sapagy çekip (7-nji surat), gorizontal tekizlikde hereketlendirýärler. Tekizlik bilen tagta böleginiň arasyndaky sürtülme koeffisiýenti k. α burçuň haýsy bahasynda sapagyň dartylma güýji iň kiçi baha eýe bolar? Iň kiçi dartylma güýji tapmaly.

24. υ_0 tizlik bilen gelýän ok galyňlygy h bolan tagta degip, onuň içinden υ tizlik bil n çykdy. Tagtanyň içinde oka täsir edýän garşylyk

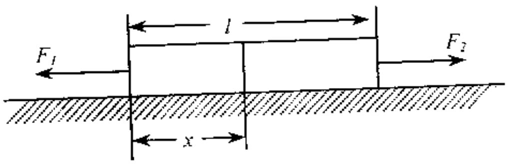
güýji tizligiň kwadratyna proporsional diýip kabul etmek bilen okuň tagtanyň içinde hereket eden wagtyny tapmaly.

25. Ýeriň ekwatorynda $h = 500\ m$ beýiklikden bir agyr jisim başlangyç tizliksiz herekete başlaýar. Howanyň garşylygyny hasaba almazdan, jisimiň Ýere düşjek nokadynyň näçe aralyga we haýsy tarapa süýşjekdigini tapmaly. Jisimiň traýektoriýasy dikden näçe gradus gyşarar?

26. Şaýbany ýapgyt tekizlikde ýerleşdirýärler we oňa ýokarlygyna ugrukdyrylan başlangyç v_0 tizligi berýärler. Şaýba bilen tekizligiň arasyndaky sürtülme koeffisiýenti k. Tekizligiň gorizonta ýapgytlyk α burçunyň haýsy bahasynda şaýbanyň geçjek ýolunyň uzynlygy iň kiçi baha eýe bolar?

27. Sapakdan asylgy şarjagaz dik tekizlikde yrgyldyly hereket edýär. Şarjagazyň iň ýokarky we iň aşaky ýagdaýlaryndaky tizlenmeleri absolýut ululygy (moduly) boýunça biri-birine deň. Şarjagazyň deňagramlyk ýagdaýdan gyşarýan iň uly φ burçuny tapmaly.

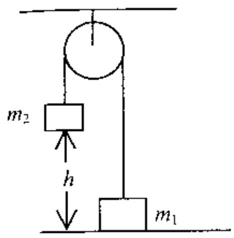
28. Potologa berkidilen bloguň üsti bilen uçlaryna m_1 we m_2 massaly ýükler berkidilen sapak geçirilen. Bloguň we sapagyň massalary hasaba alardan az, sürtülme ýok hasap edip, m_1 we m_2 ýükleriň massa merkeziniň tizlenmesini tapmaly.



8-nji surat

29. Uzynlygy l bolan birhilli sterženiň uçlaryna garşylykly ugrukdyrylan F_1 we F_2 güýçler 8-nji suratdaky ýaly täsir edýärler. Sterženiň bir ujundan x uzaklykdaky kese kesige näçe güýç täsir edýär?

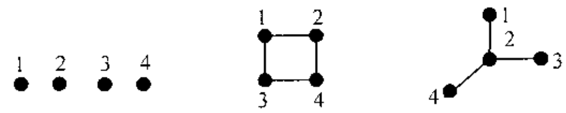
30. Ilki başda m_1 we m_2 massaly ýükler 9-njy suratda görkezilişi ýaly ýerleşdirilýär: m_1 pola degip dur, m_2 bolsa poldan $h = 30$ *sm* beýiklikde. $m_2 = n\, m_1$ ($n = 2$) bolýandygy belli. m_2 ýüki goýberýärler welin, ol aşak tarapa hereket edýär, m_1 bolsa ýokary galýar. m_2 ýük pola degenden soň, m_1 ýüküň galjak h_1 beýikligini tapmaly. Ýükleriň tizlenmesi näçe?



9-njy surat

31. 9-njy suratdaky m_2 ýük pola degende, m_1 ýüküň tizligi näçe? Ýükleriň massa merkeziniň tizlenmesini tapmaly. m_2 ýük pola degen pursatynda ýükleriň massa merkeziniň tizligini kesgitlemeli.

32. Ulgam massalary 1, 2, 3 we 4 *g* bolan dört sany şarjagazdan ybarat. Şarjagazlaryň giňişlikde ýerleşişi 10-njy a, b, ç suratlarda görkezilişi ýaly bolsa, ol suratlara degişli massa merkezleriň koordinatlaryny tapmaly.

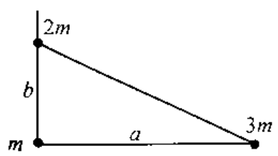


a) göni çyzyk b) kwadrat ç) kubuň çatyk depeleri

10-njy surat

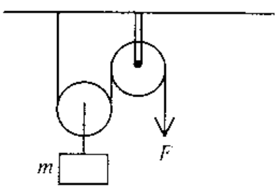
Ýerleşişiň hemme görnüşlerinde hem iki goňşy şarjagazlaryň arasyndaky uzaklyk 10 *sm*.

33. a) katetleriniň uzynlygy a we b bolan gönüburçly üçburçlugyň burçlarynda ýerleşen m, 2 m we 3 m massaly ýükleriň ulgamynyň massa merkeziniň koordinatlaryny tapmaly (11-nji surat);



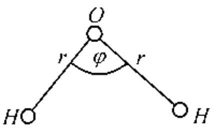
11-nji surat

b) katetleriniň uzynlygy a we b bolan birhilli ýuka plastinanyň massa merkeziniň koordinatlaryny tapmaly.



12-nji a) surat

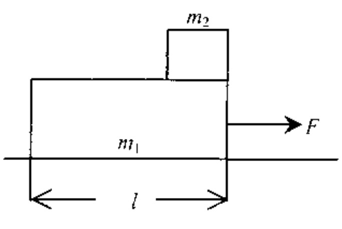
34. Hereketli bloguň okundan m massaly ýük asylgy. Sapagyň ikinji ujy hereketsiz blokdan geçirilýär we F güýç bilen dartylýar (12-nji a) surat). m ýüküň ýokarlygyna a tizlenme bilen hereketlenmegi üçin F güýç näçe bolmaly? m ýüki dynçlykda saklamak üçin näçe güýç gerek? Sapagyň we bloklaryň massalary hasaba alardan az.



12-nji b) surat

35. 12-nji b) suratda suw molekulasynda kislorod we wodorod atomlarynyň ýerleşişi görkezilen. Eger $r = 0{,}96 \cdot 10^{-8}$ *sm*, $\varphi = 108°$ bolýandygy belli bolsa, suw molekulasynyň massa merkeziniň koordinatlaryny tapmaly.

36. m_1 massaly tagta bölegini ýylmanak gorizontal tekizligiň üstünde ýerleşdirýärler. Tagta bölegi tekizligiň üsti bilen sürtülmesiz hereket edip bilýär. m_1 massaly tagta böleginiň üstünde m_2 massaly ýük ýatyr (13-nji surat). m_1 bilen m_2 ýüküň arasyndaky sürtülme koeffisiýent k bolsa, m_1 täsir edýän F güýjüň haýsy bahasynda m_2 ýük typyp başlar? Tagta böleginiň uzynlygy l bolsa, m_2 näçe wagtdan tagta böleginiň üstünden Ýere gaçar?



13-nji surat

37. Gapyrgasynyň uzynlygy $a = 40$ *sm* bolan polatdan ýasalan kuby bir granyndan beýleki bir granyna agdarmak üçin näçe A_1 iş etmeli? Gapyrgasynyň uzynlygy a bolan kub şekilli suw gabyň ýarpy göwrümi suwly. Bu gaby bir granyndan beýleki granyna agdarmak üçin näçe A_2 iş etmeli? Gabyň hususy massasy hasaba alardan az.

38. 37-nji meselede gürrüňi edilýän polat kuby L aralyga

süýşürmek gerek. Ony süýräp süýşürmek amatlymy ýa-da togalamak? Sürtülme koeffisiýenti k. Kuby L uzaklyga geçirmegiň iki usulynda etmeli işler sürtülme koeffisiýentiň haýsy bahasynda deň bolarlar?

39. Massasy $m = 800$ *t* bolan otlynyň tizligini 36 *km/sag*-dan 54 *km/sag*-a çenli artdyrmak üçin näçe iş etmeli? Bu otly 72 *km/sag* tizlik bilen barýarka, ony duruzmak üçin näçe iş etmeli?

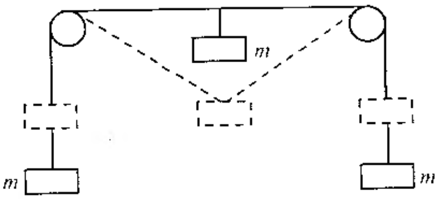
40. Tizlikleri υ_1 we υ_2, massalary bolsa m_1 we m_2 bolan iki sany şar biri-birine tarap hereket edýärler. Şarlaryň absolýut maýyşgak däl çaknyşygy bolup geçse, olaryň temperaturasy näçe artar? Şarlaryň başlangyç temperaturalary deň, olaryň daşarky sreda bilen ýylylyk çalyşmasy ýok.

41. Gorizontal tekizlikde dynçlykda duran $m = 1$ *kg* massaly kuba $\upsilon_1 = 500$ *m/s* gorizontal tizlikli gelýän $m_1 = 10$ *g* massaly polat şar degip, maýyşgak yzyna serpigýär. Kub bilen gorizontal tekizligiň arasyndaky sürtülme koeffisiýenti $k = 0{,}2$. Urgudan soň kub näçe ýol geçer? Çaknyşmada energiýa ýitgileri näçe?

42. Massasy $m = 1$ *kg*, uzynlygy $l = 1{,}4$ *m* bolan zynjyr stoluň üstünde bir ujundan inçe sapak arkaly asylgy. Zynjyryň aşaky ujy stola degip dur. Zynjyryň ýokarky ujuna daňylgy sapagy otlaýarlar welin, ol stoluň üstüne gaçýar. Zynjyr stola näçe hereket mukdaryny we näçe energiýany berýär?

43. m_1 we m_2 massaly iki sany şar υ_1 we υ_2 tizlikler bilen biri-birine tarap hereket edýärler. Merkezi çaknyşma bolup geçýär diýip şarlaryň çaknyşmagyndan soňky u_1 we u_2 tizliklerini tapmaly. Meseläni iki ýagdaý üçin çözmeli: a) çaknyşma absolýut maýyşgak; b) çaknyşma absolýut maýyşgak däl.

44. Oklary gorizontal ýerleşdirilen iki sany meňzeş hereketsiz bloklar biri-birinden 70 *sm* uzaklykda ýerleşýärler. Bloklaryň üsti bilen inçejik süýnmeýän sapak geçirýärler. Sapagyň uçlaryna we ortasyna birmeňzeş üç sany ýük berkidýärler (14-nji surat). Sapagyň ortasyndaky ýüki galdyryp, sapak gorizontal ýerleşer ýaly edýärler. Şondan soň ortaky ýüki erkine goýberýärler welin, ol aşak düşýär, sapagyň uçlaryna daňlan ýükler bolsa ýokaryk galýarlar. Tapmaly: a) ortaky ýüke birigýän sapaklaryň arasyndaky burç 120° bolanda ýükleriň tizliklerini; b) ortaky ýüküň gaýtadan ýokarlygyna herekete başlamazdan öň geçjek ýoluny.



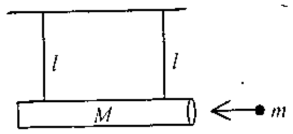
14-nji surat

45. Çuňlugy H bolan deňziň düýbünde suwdan doldurylan kub şekilli gap ýatyr. Kubuň gapyrgasynyň uzynlygy h. Gapdaky suwy deňziň üstüne çykarmak üçin etmeli iň kiçi işi tapmaly. Ýokaryk çykarylýan suwa υ_0 başlangyç tizlik berlen bolsa, etmeli iş nähili üýtgär?

46. Ýeriň atmosferasy ýok diýip hasap etmek bilen Ýeriň üstünden dik ýokarlygyna $5\dfrac{km}{s}$ tizlik berlen jisim näçe beýiklige galar?

47. υ_1 we υ_2 tizlikler bilen hereket edýän m_1 we m_2 massaly jisimler ýapyk ulgamy emele getirýär. υ_1 we υ_2 tizlikler biri-birine perpendikulýar ugrukdyrylan. Jisimleriň massa merkezi bilen bagly koordinat ulgamynda jisimleriň her biriniň impulsyny we kinetik energiýalarynyň jemini tapmaly.

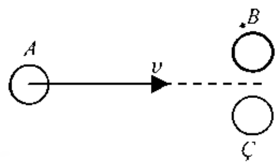
48. Hereket edip barýan molekula edil özi ýaly başga bir dynçlykda duran molekula urulýar. Çaknyşma absolýut maýyşgak bolsa, molekulalaryň tizlikleriniň arasyndaky burçuň 90° bolýandygyny we absolýut maýyşgak däl bolsa, tizlikleriň arasyndaky burçuň 90° bolmaýandygyny subut etmeli.



15-nji surat

49. Gorizontal uçup gelýän m massaly ok her biriniň uzynlygy l bolan iki sany ýüpden asylgy M massaly jisime degýär we onuň içinde galýar (15-nji surat). Şunlukda ýüpler φ burça gyşarýarlar. $m<<M$ diýip okuň başlangyç tizligini tapmaly. Başlangyç kinetik energiýanyň näçe bölegi ýylylyga öwrülýär?

50. $m = 50g$ massaly polat şar $h = 1m$ beýiklikden gorizontal ýerleşen agyr tekiz demriň üstüne gaçýar. Şar köp gezek demriň üstüne gaçyp, ondan yzyna serpigýär. Eger her serpigende şaryň tizligi $n = 0{,}8$ esse ýütgeýän bolsa, şaryň demre berýän impulslarynyň jemini tapmaly.



16-njy surat

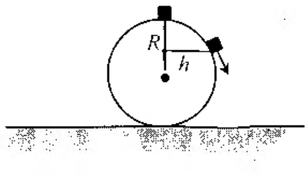
51. Ýylmanak gorizontal üstde üç sany birmeňzeş A, B we $Ç$ şaýbalar ýatyrlar (16-njy surat). A şaýba $\vec{\upsilon}$ tizlik berýärler welin, ol B we $Ç$ şaýbalaryň ikisi bilen hem çaknyşýar. Başda B we $Ç$ şaýbalaryň merkezleriniň arasyndaky uzaklyk şaýbalaryň diametrinden n esse uly. A şaýbanyň çaknyşykdan soň tizligini tapmaly. n-iň haýsy bahasynda A şaýba: a) yzyna serpiler; b) hereketini togtadar; ç) öňe hereketini dowam eder?

52. Beýikligi $h = 5\ m$ bolan sütüniň üstünde massasy $M = 200g$ bolan şar dur. Massasy $m = 10\ g$ bolan ok gorizontal ugurda $\upsilon = 500$ m/s tizlik bilen gelip şara degýär we onuň diametri boýunça hereket edip içinden geçýär: a) eger şar sütünden $l = 20\ m$ uzaklykda ýere gaçýan bolsa, okuň ýere düşjek L uzaklygyny tapmaly; b) okuň kinetik energiýasynyň näçe bölegi ýylylyga öwrülýär? Howanyň garşylygy hasaba alardan az.

53. Oýnawaç pistoletiň gatylygy $k = 180\dfrac{N}{m}$ bolan pružininiň uzynlygy $\Delta l = 6sm$ azalan bolsa, pistoletden $m = 15\ g$ massaly ok näçe tizlik bilen çykar?

54. Her biriniň massasy $M = 250\ kg$ bolan üç sany gaýyk biri-biri bilen tirkeşip, $\upsilon = 5\,{}^{m}\!/_{s}$ tizlik bilen barýarlar. Ikinji gaýykdan beýlekileriň her birine $m = 20\ kg$ massaly ýük bir wagta $\upsilon_1 = 2\,{}^{m}\!/_{s}$ tizlik

bilen (ikinji gaýyga görä) oklaýarlar. Ýükler oklanandan soň, gaýyklaryň u tizligini, her gaýygyň energiýasynyň ΔW üýtgemesini tapmaly.



17-nji surat

55. Uly bolmadyk jisim R radiusly sferanyň depesinden typmaga başlaýar (17-nji surat). Jisim sferanyň depesinden h uzaklygyň haýsy bahasynda sferadan arasyny açar?

56. Futbolist 11 metrlik jerime urgyny ýerine ýetirip, pökgini derwezäniň ýokarsyndaky germewe degip, derwezä girer ýaly edip depdi we pökgini tora saldy. Şunuň ýaly bolmagy üçin pökgä berilmeli iň kiçi energiýa näçe bolmaly, pökginiň başlangyç tizligi bilen gorizontyň arasyndaky α burç näçe bolmaly? Derwezäniň beýikligi h=2,5 m, pökginiň massasy m = 0,5 kg.

57. Matematiki maýatnigiň yrgyldylarynyň periodyny bir gezek beýikligi h = 500m bolan diňiň üstünde kesgitleýärler, beýleki bir gezek bolsa çuňlugy H = 2km şahtanyň içinde kesgitleýärler. Maýatnigiň yrgyldylarynyň periodynyň $\frac{\Delta T}{T}$ otnositel üýtgemesini tapmaly. Ýeri radiusy R = 6400 km bolan birhilli şar we diňiň maýatnige täsiri ýok diýip kabul etmeli.

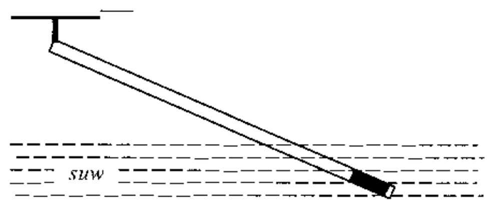
58. Aýdan örän köp uzaklykda herekete başlaýan meteorit onuň üstüne näçe tizlik bilen gaçar?

59. Neýtron ýyldyzynyň (pulsaryň) ýakyn hemrasynyň T aýlaw periodyny tapmaly. Neýtron ýyldyzynyň dykyzlygy $\rho = 10^{17}$ kg/m^3.

60. Aşakda agzalýan güýçleriň Ýeriň üstünde ýerleşen m massaly jisime berip biljek tizlenmelerini we olaryň gatnaşygyny tapmaly:

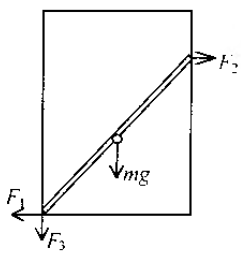
1. Ýeriň dartuw güýjüni; 2. Ýeriň öz okunyň töwereginde aýlanýandygy sebäpli döreýän merkezden daşlaşýan inersiýa güýjüni (hasaplamalary Ýeriň ekwatory üçin geçirmeli); 3. Günüň dartuw güýjüni; 4. Aýyň dartuw güýjüni.

61. Massasy m = 2• 10^3 kg bolan kosmos gämisini Ýerden Aýa eltmek üçin etmeli iň kiçi işi tapmaly. Atmosferanyň garşylygy hasaba alardan az.



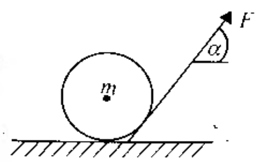
18-nji surat

62. Uzynlygy l = 100 sm bolan inçe agaç steržen bir ujuna daňylgy sapakdan asylgy (18-nji surat) sterženiň beýleki ujy suwuň içinde. Onuň suwuň daşyndaky böleginiň uzynlygy l_1 = 40 sm. Sterženiň dykyzlygyny tapmaly, suwuň dykyzlygy $\rho_0 = 1 g/sm^3$.



19-njy surat

63. Içi ýylmanak silindr görnüşli stakanyň içinde uzynlygy l = 15 sm we massasy m = 30g bolan taýajygy 19-njy suratda görkezilişi ýaly ýerleşdirýärler. Stakanyň radiusy R = 7 sm. Stakanyň düýbüne we diwarlaryna täsir edýän F_1, F_2, F_3 güýçleri tapmaly.



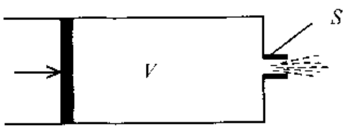
20-nji surat

64. m massaly silindriň daşyna agramsyz, süýnmeýän ýüp saralypdyr. Ýüpüň ujundan 20-nji suratda görkezilişi ýaly, gorizonta α burç bilen ugrukdyrylan F güýç bilen çekýärler. Silindr bilen poluň arasyndaky sürtülme koeffisiýenti k.

Silindriň duran ýerinde aýlanyp durmagyny üpjün edip biljek F güýjüň iň kiçi bahasyny tapmaly. Güýjüň şu bahasynda α burç näçe?

65. Düýbünde kiçijik deşigi bolan giň gap suw we kerosin bilen doldurylan. Şepbeşikligi hasaba almazdan, deşikden akýan suwuň tizligini tapmaly. Suwuň galyňlygy $h_1 = 30sm$, kerosiniň galyňlygy bolsa $h_2 = 20sm$.

66. Radiusy R, massasy bolsa m bolan rezin pökgini çuňlugy h bolan suwa çümdürýärler. Pökgi öz erkine goýberilenden soň, ol suwuň ýüzüne çykýar. Pökgi suwuň üstünden näçe beýiklige galar? Pökginiň hereketine suwuň we howanyň garşylygy täsir etmeýär diýip kabul etmeli.

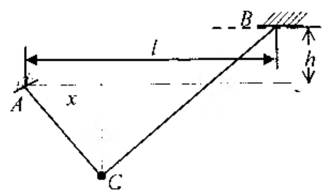


21-nji surat

67. Gorizontal ýerleşen silindriň içinde V göwrümli suw bar. Suwuň hemmesini kese-kesiginiň meýdany S bolan deşikden (21-nji surat) t wagtda gysyp çykarmak üçin porşene hemişelik güýç bilen täsip edip näçe iş etmeli bolar? Sürtülme we şepbeşiklik hasaba alardan az. Deşigiň meýdany silindriň kese-kesiginiň meýdanyndan juda kiçi.

68. Temperaturasy $100°$ S ýokarlanan polat sterženiň uzynlygynyň artmazlygy üçin onuň uçlaryna nähili ululykdaky basyş goýmaly?

69. Uzynlygy L-e deň agramsyz sapak agyr C halkadan geçirilen. Sapagyň uçlary 22-nji suratda görkezilişi ýaly, A we B nokatlarda berkidilen. Nokatlar dürli beýikliklerde. A nokatdan halkanyň üstünden geçýän dik çyzyga çenli x uzaklygy tapmaly.



22-nji surat

70. Massasy m bolan taýajygy içi suwly silindr görnüşli stakana salýarlar welin, onuň ýarysy suwa çümýär. Taýajygyň ýokarky ujy stakanyň diwaryna degýär, aşaky ujy bolsa, stakanyň düýbüne ýetenok. Gorizont bilen taýajygyň arasyndaky burç α bolsa, taýajygyň stakanyň diwaryna näçe güýç bilen täsip edýändigini tapmaly.

71. Beýikligi h_0, esasynyň meýdany S_0 bolan silindr görnüşli gap suwdan doldurylgy. Kese-kesiginiň meýdany S bolan gabyň düýbündäki deşigi açýarlar. Gapdaky suw näçe wagtda akyp gutarar?

72. Awtomobiliň dört tigirine hem bir wagta tormoz berlende. onuň durýança geçýän ýoly (tormoz ýoly) L. Ol awtomobiliň diňe öňündäki iki tigirlerine tormoz berlende togtaýança geçjek L_1 we diňe yzky iki tigirlerine tormoz berlende geçjek L_2 tormoz ýollaryny tapmaly. Awtomobiliň öňki we yzky tigirleriniň arasyndaky uzaklyk l, onuň massa merkeziniň Ýeriň üstünden beýikligi $h = l/4$. Typma sürtülme koeffisiýenti $k = 0,8$.

73. Kese-kesiginiň meýdany $S = 1m^2$ we beýikligi $h = 0.4$ m bolan buz bölegi suwda ýüzüp ýör. Buzy tutuşlygyna suwa çümdürmek üçin etmeli işi tapmaly.

III BÖLÜM

Molekulýar fizika we termodinamika. Esasy düzgünler we kesgitlemeler

1. Ideal gaz halynyň deňlemesi – Mendeleýew-Klapeýronyň deňlemesi

$$pV = \frac{m}{\mu}RT \, . \tag{1}$$

2. Barometrik formula

$$p = p_0 \, exp(-\mu gh / RT), \tag{2}$$

p_0 – Ýeriň üstündäki atmosfera basyşy.

3. Molekulýar-kinetik nazaryýetiň esasy deňlemesi

$$p = nkT. \tag{3}$$

4. Termodinamiki ulgam diýip, daşky sredanyň bir makroskopik bölegine aýdylýar. Berlen ulgam daşardan täsir bolmasa, oňa üzňeleşdirilen (izolirlenen) ulgam diýilýär. Berlen ulgam beýleki ulgamlar bilen energiýa, massa, impuls alşygyna (çalşygyna) gatnaşyp biler.

Ulgamyň ýagdaýy onuň hal-ýagdaý deňlemesi arkaly beýan edilýär. Bu deňlemäniň ýazylyşynyň umumy görnüşi:

$$f\,(p, V, T) = 0. \tag{4}$$

5. Termodinamikanyň birinji kanuny:

$$Q = \Delta U + A, \tag{5}$$

onuň differensial görnüşi

$$\delta Q = dU + \delta A. \tag{6}$$

6. Politropiki hadysanyň deňlemesi

$$pV^n = hemişelik. \tag{7}$$

Bu deňlemelerde:

a) $n = 1$ hemişelik temperaturada bolup geçýän (izotermik) hadysa degişli;

b) $n = 0$ hemişelik basyşda bolup geçýän (izobarik) hadysa degişli;

ç) $n = \infty$ hemişelik göwrümde bolup geçýän (izohorik) hadysa degişli;

d) $n = \gamma = \dfrac{C_P}{C_V}$ bolsa adiabatiki hadysa degişli. C_p, C_V – hemişelik basyşdaky we hemişelik göwrümdäki udel ýylylyk sygymlar; γ – adiabatanyň görkezijisi.

7. Ideal gazlaryň molýar udel ýylylyk sygymy

$$C_V = \frac{i}{2}R, \qquad C_P = \frac{i+2}{2}R = C_V + R\,. \tag{8}$$

Bu ýerde i molekulanyň erkinlik derejesiniň sany. Bir atomly gazlar üçin $i = 3$, iki atomly molekulalardan ybarat gazlar üçin $i = 5$, üç we ondan köp atomly molekulalardan duran gazlar üçin $i = 6$. Şu ýerde görkezilen erkinlik derejelerden başga-da molekulalaryň içki erkinlik derejeleri hem bardyr. Olar molekulalaryň düzümindäki atomlaryň yrgyldyly hereketine degişlidirler.

8. Gazyň giňelende edýän işi

$$A = \int_{V_1}^{V_2} pdV\,. \tag{9}$$

9. Gazyň içki energiýasy (U) we entalpiýasy (H)

$$U = \frac{m}{\mu} C_V T = \frac{m}{\mu} \cdot \frac{RT}{\gamma - 1} = \frac{pV}{\gamma - 1}, \quad H = Q + U. \qquad (10)$$

10. Hemişelik göwrümdaki we hemişelik basyşdaky udel ýylylyk sygymlar

$$C_V = \left(\frac{dQ}{dT}\right)_V = \left(\frac{dU}{dT}\right)_V, \quad C_p = \left(\frac{dQ}{dT}\right)_p = \left(\frac{dH}{dT}\right)_p. \qquad (11)$$

11. Termodinamikanyň ikinji kanuny: 1. Kelwin-Plankyň kesgitlemesi. Durky käbir ýüki ýokary götermekden we degişlilikde ýylylyk çeşmesini sowatmakdan ybarat bolan periodiki hereket ediji maşyny gurmak mümkin däldir. Klauziusyň kesgitlemesi: Ýylylygyň has sowugrak jisimden has gyzgynrak jisime hiç hili iş etmezden, ýagny öz-özünden, geçmegi mümkin däldir.

12. Ýylylyk maşynynyň peýdaly tasir koeffisiýenti

$$\eta = \frac{A}{Q} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}, \qquad (12)$$

Q_1 – çeşmeden alnan ýylylyk mukdary; Q_2 – sowadyja berlen ýylylyk mukdary.

13. Karnonyň sikliniň peýdaly täsir koeffisiýenti

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}, \qquad (13)$$

T_1, T_2 – gyzdyryjynyň we sowadyjynyň temperaturalary.

14. "1" → "2" geçiş hadysada ulgamyň entropiýasynyň üýtgemegi

$$\Delta S = \int_1^2 \frac{\delta Q}{T}. \qquad (14)$$

Molekulýar-kinetik nazarýet entropiýa ulgamyň tertipsizliginiň ölçegi hökmünde garaýar. Mysal üçin, suw bugarýar we gaz halyna geçýär, entropiýa artýar, ýagny tertipsizlik artýar. Termodinamika bolsa, entropiýa ýönekeý bir termodinamiki parametr hökmünde garaýar.

15. Gelmgolsyň erkin energiýasynyň kesgitlemesi:

$$F = U - TS. \qquad (15)$$

16. Termodinamiki potensial (Gibbsiň funksiýasy)

$$G = F + pV = U - TS + pV. \qquad (16)$$

Meseleler

74. V_0, V_1, V_2 göwrümleri bolan ideal gazly gaplar öz aralarynda inçe turbajyklar arkaly birikdirilen. Ilki başda gaplaryň üçüsiniňem temperaturasy T_0, olardaky basyş bolsa p_0. Soňra birinji gabyň temperaturasyny öňküligine saklap, V_1 we V_2 göwrümli gaplary T_1 we T_2 temperaturalara çenli gyzdyrýarlar. Gaplardaky soňky basyşy tapmaly. Turbajyklaryň göwrümi örän kiçi.

75. Göwrümleri 3 *l*, 7 *l* we 5 *l* bolan gaplaryň birinjisinde basyşy 2 *atm* bolan kislorod bar, ikinjisinde 3 *atm* basyşdaky azot bar we üçünjisinde bolsa 0.6 *atm* basyşdaky kömürturşy gazy bar. Gaplardaky temperaturalar deň. Gaplar özara birleşdirilende. gazlaryň garyndysy emele gelýär. Garyndy alnanda temperatura üýtgänok. Garyndynyň basyşyny tapmaly.

76. 160 *g* kislorodyň we 120 *g* azodyň garyndysynyň molýar massasyny tapmaly.

77. 4 *g* wodorodyň we 32 *g* kislorodyň 7° *S* temperaturada we 700 *mm sim. süt.* basyşdaky dykyzlygyny tapmaly.

78. Bir sorumynda $\Delta V = 40\ sm^3$ howa alýan nasos bilen welosiped tigriniň boş kamerasyny howadan doldurmak gerek. Tigriň ýol bilen galtaşýan üstüniň meýdany $S = 60\ sm^2$ bolmaly, tigre düşýän agyrlyk güýji $F = 2\ 0\ N$. Kameranyň göwrümi $V = 2000\ sm^3$.

Atmosferanyň basyşy $p_0=10^5$ Pa. Nasosyň näçe sorumyndan soň kamerada zerur bolan basyş alnar?

79. Iki tarapy hem ýapyk silindr dikligine goýlan. Silindriň içinde ýerleşdirilen porşeniň her tarapynda 1 mol howa bar. Temperatura 300 K bolanda, porşeniň ýokarsyndaky göwrümiň aşagyndaky göwrüme bolan gatnaşygy $n = 4$. Temperaturanyň haýsy bahasynda bu gatnaşyk $n_1 = 3$ bolar?

80. Bir mol ideal gazyň basyşy bilen göwrüminiň arasyndaky baglanyşyk $p = p_0 - \alpha V^2$; (p_0 = *hemişelik*, α = *hemişelik*) deňleme arkaly aňladylýan hadysada temperatura nähili üýtgeýär? Temperaturanyň iň uly bahasyny nädip tapmaly? Ol temperatura näçä deň?

81. Misiň 1 gramynda näçe atom bar? 1 kg nahar duzunda näçe molekula bar? Adaty şertlerde kömürturşy gazyň 1 sm^3 göwrüminde näçe molekula bar?

82. Paleozoý erasynyň gadymy günleriniň birinde ýagan çagbanyň bir damjasy ýeriň tekiz we ýumşak üstüne düşüpdir we öz yzyny galdyrypdyr. Wagt geçmegi bilen damjanyň yzy doňup galypdyr we daşa öwrülipdir. Ony biziň günlerimizde gazuw işlerini geçirip ýören talyp-geolog tapypdyr. Howa juda yssy bolandan soň, argyn we suwsan talyp küýzesindäki suwuň barjasyny içýär. Talyp dynç alyp otyrka, işsizlikden ýaňky içen suwunda gadymy ýagyş damjasynyň näçe molekulasy barka diýip çaklama hasaplamalary geçiripdir.

Size belli bolan maglumatlary ulanyp, meselede gürrüňi edilýän talybyň hasaplamalary ýaly işleri sizem ýerine ýetiriň. Meseläniň şertlerinde getirilmedik jikme-jikler barada kabul ederlikli çaklamalary ulanyň.

83. Gapda $m_1 = 7g$ azot bilen $m_2 = 11g$ kömürturşy gazyň garyndysy $T = 290$ K temperaturada we $p_0 = 1$ atm basyşda saklanýar. Garyndyň dykyzlygyny tapmaly.

84. Azot bilen wodorodyň garyndysynyň 47°S temperaturada we 3 atm basyşdaky dykyzlygy $\rho = 3$ g/l. Garyndynyň 1 sm^3 göwrüminde wodorodyň näçe molekulasy bar?

85. Göwrümi $V_0 = 1.1$ l bolan ýapyk gapda $M = 100$ g gaýnap duran suw bar. Suwuň we buguň temperaturalary 100°S. Suwuň dykyzlygy ρ_0 bolsa, buguň massasyny tapmaly. Gapda howa ýok.

86. Göwrümi $V=10$ l bolan gapda gurak howa bar. Onuň basyşy $p_0=10^5$ Pa, temperaturasy $t_0=20$°S. Gaba 3 g suw guýýarlar we ony $t=100$°S çenli gyzdyrýarlar. Gyzdyrylandan soň gapdaky p basyş näçe boldy?

87. Haýsydyr bir materialdan ýasalan iki sany şaryň her birine Q ýylylyk mukdary berilýär. Aşakdaky iki ýagdaýda her bir şaryň massa merkeziniň haýsy tarapa we näçe süýşjegini anyklamaly (beýleki şertler iki şar üçin hem deň): a) şar stoluň üstünde dur; b) şar ýüpden asylgy.

88. 87-nji meselede garalan şarlaryň gyzdyrylandan soňky temperaturalaryny deňeşdirmeli. Gyzdyrmakdan massa merkeziniň üýtgemegi sebäpli temperatura üýtgemesini hasaplamaly.

89. Göwrümi $V=1.1$ l bolan howa şary bar. Şaryň daşynyň (oboloçkasynyň) massasy $m_0=0.187$ kg. Şaryň uçuşa başlaýan wagtynda daşky howanyň temperaturasy $t_1 = 20$°S, onuň basyşy bolsa $p_1 = 1.013 \cdot 10^5$ Pa, dykyzlygy $\rho_1 = 1.2$ kg/m^3. Şaryň howada erkin galýmalap bilmegi üçin onuň içindäki howanyň t_2 temperaturasy näçe bolmaly?

90. 89-njy meselede gürrüňi edilýän şaryň içindäki howanyň temperaturasy $t_3 = 110$°S-a çenli ýokarlansa, şaryň daňlyp goýlan ýüpüne täsir edýän F dartuw güýjüni tapmaly.

91. Iki sany gaby gysgajyk, kranly turbajyk arkaly birleşdirmäge mümkinçilik bar. Birinji gapdaky howanyň parametrleri p_1, V_1, T_1, ikinji gapdaky howanyň parametrleri bolsa p_2, V_2, T_2. Gaplary birleşdirýän turbajykdaky kran açylandan soň, howanyň temperaturasyny we basyşyny tapmaly.

92. $m = 0.5$ kg ideal gazy hemişelik basyşda bolup geçýän hadysada $\Delta T = 10$ K gyzdyrmak üçin zerur bolan ýylylyk hemişelik göwrümde bolup geçýän hadysadaky ýylylyk mukdaryndan $\Delta Q = 1.48$ kJ köp. Bu gazyň molýar massasyny tapmaly.

93. υ_0 tizlik bilen hereket edip barýan m_0 massaly arabajygyň içine ýokardan m massaly kerpiç gaçýar. Şu hadysanyň bolup geçen wagtynda bölünip çykan ýylylyk mukdaryny tapmaly.

94. Ýapyk gapda ozon (O_3) gazyny saklaýarlar. Onuň temperaturasy $t_0 = 527$°S. Käbir wagt geçenden soň ozon, tutuşlygyna kislroda (O_2) öwrülýär. Gapdaky basyş we temperatura nähili

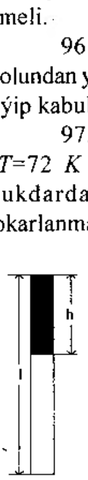
üýtgeýär? Kislorodyň udel ýylylyk sygymy $C_V = 21$ $J/(mol \cdot K)$, ozonyň emele gelmeginiň udel ýylylygy $q = 14200$ J/mol.

95. Göwrümi 60 m^3 bolan otagdaky howanyň temperaturasy T_1=280 K gradusdan T_2=300 K-e çenli artanda, otagdan çykyp giden howanyň massasyny tapmaly. Atmosfera basyşyny adaty diýip kabul etmeli.

96. Kislorodyň ν_1=2 molundan we kömürturşy gazyň ν_2=3 molundan ybarat garyndynyň γ adiabata görkezijisini tapmaly. Gazy ideal diýip kabul etmeli.

97. Ideal gazyň 1 molunyň temperaturasyny hemişelik basyşda ΔT=72 K ululyga artdyrýarlar. Gyzdyrylanda gaza Q = 1.6 kJ mukdardaky ýylylyk berýärler. Gazyň içki energiýasynyň ýokarlanmasyny we γ adiabata görkezijisini tapmaly.

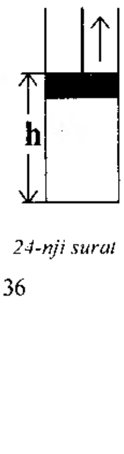
98. Bir ujy ýapyk turbajygyň içinde beýikligi h=20 sm bolan simap bar (23-nji surat). Turbajygyň uzynlygy l=70 sm. Turbajygyň açyk ujy aşak ugrukdyrylsa, simabyň bir bölegi dökülýär. Eger atmosferanyň basyşy H=75 *sm sim. süt.* bolsa, turbajykda galýan simabyň x beýikligi näçe bolar? Haýsy şertde simabyň hemmesi döküler?



23-nji surat

99. Ideal gazyň käbir mukdary (γ = 1.4) politropiki hadysa gatnaşýar. Bu hadysada göwrüm V_1 = 10 l-den V_2 = 5 l-e çenli azalýar, basyş bolsa p_1=100 kPa-dan, p_2= 500 kPa-a çenli artýar. Politropanyň n görkezijisini we gazyň molýar udel ýylylyk sygymyny tapmaly.

100. Käbir sikl ýerine ýetirilende, bir atomly gaz yzly-yzyna aşakdaky dört ýagdaýyň üstünden geçýär: 1) $2p$, V; 2) $2p$, $8V$; 3) p, $4V$; 4) p, $2V$. Hemme ýagdaýda sikl politropiki hadysadyr. Sikliň peýdaly täsir koeffisiýentini tapmaly. Görkezme: amatly masştablary seçip almak bilen sikli p-V tekizlikde diagramma görnüşde ýerleşdirmek maslahat berilýär.



24-nji surat

101. Silindriň aşaky bölegi we porşen bilen çäklenen göwrümde howa bar (24-nji surat). Agramy hasaba alynmasa hem boljak porşeniň meýdany S=10 sm^2. Porşeniň başdaky duran beýikligi h_0=15 sm, daşky

basyş (atmosfera) p_0 = 760 *mm sim.süt.* Porşeni h_1= 10 sm beýiklige galdyrmak üçin etmeli işi tapmaly. Porşen süýşürilende temperatura üýtgänok.

102. Ýapyk kolbanyň içinde 0°S temperaturadaky suwuň käbir mukdary bar. Kolbanyň içindäki howa nasosyň kömegi bilen daşary çykarylýar. Netijede suw bugarýar. Suwuň haýsydyr bir mukdary bugarandan soň, galan suw doňupdyr. Suwuň näçe bölegi bugarypdyr? Kolba bilen daşky sredanyň arasynda ýylylyk çalşygy ýok.

103. Molýar massasy μ, basyşy bolsa p bolan gaz iki sany gorizontal plastinanyň arasynda ýerleşýär. Aşaky plastinanyň temperaturasy T_1, ýokarkysynyňky bolsa T_2 (temperatura ýokarlygyna tarap göni çyzyk boýunça artýar). Gazyň göwrümi V bolsa, onuň massasyny tapmaly.

104. Geliý we argon gazlarynyň garyndysynyň basyşy p = $1.62 \cdot 10^5$ Pa, temperaturasy t = 27°S, dykyzlygy bolsa ρ = 2 kg/m^3. 1 sm^3 göwrümdäki geliniň atomlarynyň sanyny tapmaly.

105. Haýsydyr bir gazyň hemişelik göwrümdäki udel ýylylyk sygymy C_V = 649 $J/kg \cdot K$, hemişelik basyşdaky udel ýylylyk sygymy C_P = 912 $J/kg \cdot K$. Şu gazyň molýar massasyny we erkinlik derejesiniň sanyny tapmaly.

106. Iki tarapy hem ýapyk gorizontal ýerleşdirilen silindr ýeňiljek porşen arkaly iki bölege bölünýär. Başdaky ýagdaýda silindriň iki böleginiň göwrümleri deň, porşen bolsa silindriň ortasynda dur. Her bölegiň göwrümi V_0, olardaky basyş p_0. Soňra, temperaturasy üýtgemez ýaly edip, porşeni örän haýallyk bilen hereketlendirýärler. Silindriň bir böleginiň göwrümini beýlekiniňkiden n esse uly bolar ýaly edip porşeni hereketlendirmek üçin etmeli işi tapmaly.

107. Ideal gazyň üç molunyň temperaturasy T_0 = 273 K. Gazyň göwrümini hemişelik temperaturada n = 5 esse giňeldýärler. Ondan soň gazy hemişelik göwrümde gyzdyrýarlar welin, onuň basyşy başdaky basyş bilen deňleşýär. Gaza jemi Q = 80 kJ ýylylyk berilýär. Şu gazyň γ adiabata görkezijisini tapmaly.

108. Karnonyň sikli boýunça işleýän ýylylyk maşynynda gyzdyryjynyň temperaturasy sowadyjynyň temperaturasyndan n = 1.6

esse ýokary. Bu maşyn her siklde A=12 kJ iş edýär. Işçi maddany hemişelik temperaturada gysmak üçin bir siklde näçe iş edilýär?

109. Karnonyň sikli boýunça işleýän ýylylyk maşynynyň gyzdyryjysynyň temperaturasyny ΔT gradusa ýokarlandyrmak amatlymy ýa-da sowadyjynyň temperaturasyny ΔT gradusa peseltmek?

Bellik: amatly diýip peýdaly täsir koeffisiýentiň artmagyna düşünilýär.

110. Käbir politropiki hadysada argonyň göwrümi $\alpha = 4$ esse artdy, onuň basyşy bolsa $\beta = 8$ esse peseldi. Argony ideal gaz diýip kabul etmek bilen şu hadysada argonyň molýar ýylylyk sygymyny tapmaly. Politropanyň n görkezijisi näçe?

111. Kömürturşy gazyň 1 molunyň termodinamiki temperaturasy k = 2 esse ýokarlananda, onuň entropiýasynyň üýtgemesini hasaplamaly. Temperaturanyň ýokarlanmasy: a) hemişelik göwrümde bolup geçýän hadysada; b) hemişelik basyşda bolup geçýän hadysada. Hasaplamalary a) we b) halatlar üçin aýratynlykda ýerine ýetirmeli.

112. 2 kg suw 10°S temperaturadan 100°S çenli gyzdyrylýar we şol temperaturada buga öwrülýär. Entropiýanyň üýtgemesini tapmaly.

113. 100°S temperaturaly 200 g demir içinde temperaturasy 12°S bolan 300 g suw guýlan kalorimetre salynýar. Ulgamyň temperaturasy durnuklaşanda, onuň entropiýasy nähili üýtgär?

114. Ýylylyk sygymyny hasaba almazlyk mümkin bolan kalorimetriň içinde 23°S temperaturaly 250 g suw bar. Suwuň içine 27 g eräp duran buz salýarlar. Buzuň doly erän pursadyna çenli entropiýa üýtgemesini tapmaly.

115. Göwrümleri V_1 = 5 l we V_2 = 3 l bolan gaplarda saklanýan iki sany dürli gaz (olar öz aralarynda himiki reaksiýa girişenoklar) garyşdyrylýar. Gazlaryň temperaturasy T =300 K, basyşy bolsa p = 1 atm. Gazlaryň garyşmagy netijesinde entropiýanyň üýtgemesini tapmaly.

116. Iki sany hemişelik göwrümde (izohoradan) we iki sany hemişelik temperaturada bolup geçýän hadysalardan (izotermadan) ybarat sikliň peýdaly täsir koeffisiýentini tapmaly. Işçi madda ideal

gaz, onuň adiabata görkezijisi γ. Hemişelik temperaturaly hadysalaryň temperaturalary T_1 we T_2 ($T_2>T_1$), göwrümleriň gatnaşygy $\frac{V_2}{V_1} = a$.

117. Adiabata görkezijisi γ bolan gaz iki sany hemişelik basyşda (izobaradan) we iki sany hemişelik göwrümde bolup geçýän hadysalardan (izohoradan) ybarat sikli ýerine ýetirýär. Sikliň dowamynda hemişelik göwrümde gyzdyryşyň we hemişelik basyşda giňelişiň her birisinde gazyň temperaturasy n esse artýar. Sikliň peýdaly täsir koeffisiýentini tapmaly.

118. Daşky sredanyň ýylylyk täsirinden üzňeleşdirilen r radiusly silindr dik ýagdaýda ýerleşdirilen. Silindriň beýikliginiň ortasynda m massaly ýylylygy juda gowy geçirýän porşen berkidilen. Şu ýagdaýda silindriň aşaky we ýokarky bölekleriniň her birisinde temperaturasy T, basyşy bolsa p bolan ideal gazyň ν moly bar. Porşeni boşadýarlar welin, ol aşak tarap süýşýär. Ulgamyň entropiýasynyň üýtgemesini tapmaly. $\pi r^2 p >> mg$ diýip kabul etmeli.

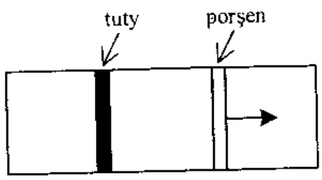
119. Agramsyz porşenli silindriň içinde 0°S temperaturadaky m = 30 g suw bar. Porşeniň meýdany S = 512 sm^2, daşky basyş p = 1 atm. Silindriň içinde ýerleşdirilen elektrik gyzdyryjy Q = 24.2 kJ ýylylyk mukdaryny işläp çykarsa, porşen näçe h beýiklige galar? Silindriň daşky sreda bilen ýylylyk çalşygy ýok.

120. Her biriniň içinde 1 mol ideal gaz saklanýan iki sany deň göwrümli gap kranly turbajyk arkaly özara birleşdirilen. Olaryň birinjisindäki gazyň temperaturasy T_1, ikinji gapdaky gazyň temperaturasy bolsa T_2. Gaplaryň ikisinde hem şol bir gaz bar. Onuň molýar ýylylyk sygymy C_V. Krany açýarlar welin, gaz başga bir deňagramly ýagdaýa geçýär. Gazyň entropiýasynyň ΔS üýtgemesini tapmaly. Entropiýa artýarmy ýa-da azalýarmy?

121. Adiabata görkezijisi γ bolan ideal gazy $p = \alpha V$ (α = *hemişelik*) deňleme bilen aňladylýan kanuna laýyklykda giňeldýärler. Gazyň göwrümi n esse artýar, onuň başlangyç göwrümi V_0. Tapmaly: a) gazyň içki energiýasynyň artmasyny; b) gazyň eden işini; ç) gazyň şu hadysadaky molýar ýylylyk sygymyny.

122. Daşky sreda bilen ýylylyk gatnaşygy bolmadyk silindr hereketli porşen bilen ýapylýar. Porşeniň ýapýan göwrümini

syzyjylygy bolmadyk tuty (peregorodka) deň iki bölege bölýär (25-nji surat). Bu iki göwrümiň birinde ideal gaz bar, beýlekisinde bolsa wakuum. Tuty aýrylýar welin, gaz giňelýär we silindriň göwrüminiň hemmesini eýeleýär. Şondan soň gazy gyzdyrýarlar. Gaz yzly-yzyna iki sany hadysany ýerine ýetirýär:



25-nji surat

1. Hemişelik basyşdaky hadysanyň netijesinde gazyň göwrümi dört esse artýar; 2. Hemişelik göwrümdäki hadysanyň netijesinde gazyň basyşy başdaky basyş bilen deňleşýär.

Hadysalaryň ikisinde hem gaza deň mukdardaky ýylylyk berilýär. Gazyň γ adiabata görkezijisini tapmaly.

IV BÖLÜM

Elektrostatika we hemişelik elektrik akymy (tok). Esasy kesgitlemeler we düzgünler

1. Nokatlanç zarýadyň döredýän meýdanynyň güýjenmesi we potensialy:

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{q}{r^3}\vec{r}, \quad \varphi = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r}, \quad \varepsilon_0 = 0.885\cdot10^{-11} F/m. \tag{1}$$

Meýdanlaryň superpozisiýa düzgüni – zarýadlaryň ulgamynyň döredýän meýdanynyň güýjenmesi aýry-aýry zarýadlaryň döredýän güýjenmeleriniň wektor jemine deňdir.

2. Gaussyň teoremasy:

$$\oint_{(S)} \vec{E}\,d\vec{S} = \frac{1}{\varepsilon_0}\int_{(V)} \rho\, dV. \tag{2}$$

Bu ýerde S seredilýän V göwrumi örtýän üstüň meýdany; ρ – zarýadlaryň göwrüm dykyzlygy.

3. Dipolyň (aralaryndaky uzaklyk l bolan iki sany dürli atly, emma ululyklary boýunça deň nokatlanç zarýadlar) elektrik momenti:

$$\vec{p} = q\vec{l}. \tag{3}$$

4. Deňölçegli zarýadlanan ýuka tükeniksiz tekizligiň döredýän meýdanynyň güýjenmesi:

$$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}. \tag{4}$$

5. Deňölçegli zarýadlanan tükeniksiz uzyn göni inçe simiň (sapagyň) özünden r uzaklykda döredýän meýdanynyň güýjenmesi:

$$\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}. \tag{5}$$

6. Tükeniksiz geçiriji üstüň ýakynynda ýerleşdirilen q zarýad geçirijiniň içinde üste görä simmetrik ýerleşen $-q$ zarýady döredýär (induktirleýär). Geçiriji üstüň täsiri q we $-q$ nokatlanç zarýadlaryň jemleýji meýdany bilen çalşyrylýar.

7. Dielektrik syzyjylygy ε bolan dielektrigiň içindäki meýdan wakuumdakydan ε esse az bolýar.

8. Tekiz, silindr we sfera görnüşli kondensatorlaryň sygymy degişlilikde:

$$C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}, \quad C = \frac{2\pi\varepsilon\varepsilon_0 l}{ln\frac{R_2}{R_1}}, \quad C = \frac{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}{\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}}. \tag{6}$$

9. Elektrik meýdanynyň güýjenmesi bilen onuň potensialynyň arasyndaky baglanyşyk (meýdan bir ölçegli):

$$E = -\frac{\Delta\varphi}{\Delta x} \quad \text{ýa-da} \quad E = -\frac{d\varphi}{dx}. \tag{7}$$

10. n sany nokatlanç zarýadlaryň ulgamynyň özara täsir energiýasy:

$$W = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n} q_i\varphi_i. \tag{8}$$

11. Zarýadlanan iki jisimiň doly energiýasy olaryň hususy energiýalary bilen özara täsir energiýasynyň jemine deňdir:

$$W = W_1 + W_2 + W_{12}. \tag{9}$$

12. Zarýadlanan kondensatoryň energiýasy:

$$W = \frac{1}{2}qu = \frac{q^2}{2C} = \frac{Cu^2}{2}. \tag{10}$$

13. Elektrik meýdanynyň energiýasynyň dykyzlygy:

$$W' = \frac{1}{2}\varepsilon\varepsilon_0 E^2. \tag{11}$$

14. Metaldaky elektrik akymynyň dykyzlygy:

$$\vec{j} = en\vec{v}, \tag{12}$$

n – elektronlaryň birlik göwrümdäki sany; $\vec{v}$ – olaryň orta tizligi.

15. Kirhgofyň düzgünleri:

1. Geçirijileriň düwnüne (üç we ondanam köp geçirijileriň birleşýän nokady) girýän we ondan çykýan elektrik akymlarynyň jemi nola deň, ýagny

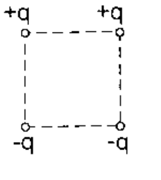
$$\sum_{(k)} I_k = 0. \tag{13}$$

2. Islendik ýapyk konturda geçirijilerdäki naprýaženiýeleriň peselmeleriniň jemi şol konturdaky çeşmeleriň elektrik hereketlendiriji güýçleriniň (EHG) jemine deňdir, ýagny

$$\sum_{(k)} I_k R_k = \sum_{(n)} \varepsilon_n. \tag{14}$$

Meseleler

123. Her biriniň massasy 1 g bolan iki sany mis şar bir-birinden 1 m uzaklykda ýerleşýär. Eger olardaky ähli elektronlaryň zarýady hemme ýadrolaryň zarýadyndan 1% tapawutly bolsa, şarlar näçe güýç bilen täsir edişerler?



26-njy surat

124. Diagonaly $2l$ bolan kwadratyň depelerinde 26-njy suratda görkezilişi ýaly, q we $-q$ zarýadlar ýerleşdirilen. Kwadratyň merkezinden x uzaklykda onuň depelerine görä simmetrik ýerleşen nokatdaky elektrik meýdanynyň güýjenmesiniň modulyny tapmaly.

125. Gorizontal ýerleşdirilen geçiriji tekizligiň üstünden gatylygy k bolan sapakdan şarjagaz asylgy. Şarjagaz zarýadlandyrylandan soň, ol x aralyga aşak düşýär. Şundan soň şarjagaz bilen tekizligiň arasyndaky uzaklyk l bolupdyr. Şarjagaza berlen zarýady tapmaly.

126. q we $-q$ nokatlanç zarýadlar biri-birinden l uzaklykda ýerleşdirilipdir. Bu zarýadlardan $l/2$ uzaklykda tükeniksiz geçiriji tekizlik bar (zarýadlaryň ikisi-de tekizligiň bir tarapynda). Her zarýada täsir edýän güýjüň modulyny tapmaly.

127. Radiusy R bolan şara göwrüm dykyzlygy $\rho = \rho_0\left(1-\frac{r}{R}\right)$ bolan zarýad berilýär (ρ_0 = *hemişelik*, $0<r<R$). Dielektrik syzyjylyk $\varepsilon = 1$ diýip kabul etmek bilen: a) şaryň içindäki we daşyndaky meýdanyň güýjenmesiniň radial r koordinata baglylygyny tapmaly; b) güýjenmäniň iň uly bahasyny ($E_{iň\,uly}$) we oňa degişli radius wektoryň iň uly bahasyny ($r_{iň\,uly}$) tapmaly.

128. Simden ýasalan halka q_1 zarýad berilse, ol üzülýär. Halkanyň diametri we simiň diametri üç esse artdyrylsa, halkanyň üzülmegi üçin oňa näçe mukdardaky zarýad bermeli?

27-nji surat

129. Iki sany birmeňzeş şarjagazlaryň her birine q zarýad berlipdir. Şarjagazlar biri-biri bilen pružin arkaly birleşdirilipdir. Şarjagazlar yrgyldaýarlar we şol sebäpli olaryň arasyndaky uzaklyk l-den $4l$-e çenli üýtgeýär. Deformirlenmedik pružiniň uzynlylygy $2l$ bolsa, onuň k gatylygyny tapmaly.

130. Radiusy $R = 1$ *sm* bolan iki sany şar 27-nji suratda görkezilişi ýaly edip uzynlygy $l = 10$ *sm* sapaklardan asylgy. Şarlara deň mukdardaky zarýadlar berilýär welin, sapaklaryň her biriniň dartuw güýji $F = 49\cdot10^{-5}$ *N*-a çenli artýar. Her şaryň agramy $P = 40\cdot10^{-5}$ *N* bolsa şarlaryň potensialyny tapmaly.

131. Iki sany dik plastinalaryň arasyndaky uzaklyk $d = 0.5$ *sm*. Plastinalaryň arasyndaky giňişlikde $m = 10^{-9}$ *g* massaly damjajyk hemişelik tizlik bilen aşak gaçýar. Plastinalara $u = 400$ *W* bolan potensiallaryň tapawudy berilýär welin, damjajyk plastinalar bilen $\alpha = 7°25'$ burç emele getirýän göni çyzyk boýunça gaçýar. Damjajygyň tizligi oňa täsir edýän göýje proporsional diýip kabul etmek bilen onuň zarýadyny tapmaly.

132. Inçe sterženiň uzynlygy boýunça $q = 2\cdot10^{-7}$ *Kl* zarýad deň paýlanan. Sterženiň uçlaryndan $R = 3$ *m*, ortarasyndan bolsa, $R_0 = 0.1$ *m* uzaklykda ýerleşen nokatdaky meýdan güýjenmesini tapmaly.

133. Zarýadyň göwrüm dykyzlygy ρ = *hemişelik* bolan şaryň içinde sferiki boşluk bar. Boşlugyň merkezi bilen şaryň merkeziniň arasyndaky uzaklyk $\vec{a}$ wektor bilen häsiýetlendirilýär. Boşlugyň içindäki elektrik meýdanyň $\vec{E}$ güýjenmesini tapmaly.

134. Gyradeň zarýadlanan ýarym sferanyň merkezindäki potensialy we elektrik meýdanynyň güýjenmesini tapmaly. Ýarym sferanyň radiusy R, zarýadlaryň üst dykyzlygy bolsa σ.

135. Biratly zarýadlanan iki sany birmeňzeş şarjagazlar uzynlyklary deň sapaklar arkaly bir nokatdan asylgy. Daşarky sreda kerosin bilen doldurylanda, sapaklaryň arasyndaky burç üýtgemedi. Şarjagazlaryň materialynyň dykyzlygyny tapmaly.

136. $q = 2$ *mkKl* zarýad biri-birine perpendikulýar edip goýlan geçiriji tekizlikleriň arasynda ýerleşýär. q zarýad tekizlikleriň ikisinden hem $l = 5$ *sm* uzaklykda. Bu zarýada täsir edýän güýjüň modulyny tapmaly.

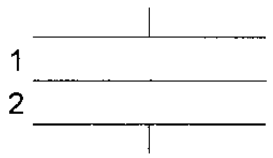
28-nji surat

137. Tekiz kondensatoryň biri beýlekisinden d uzaklykda ýerleşýärler. Plastinalar öz aralarynda geçiriji bilen birleşdirilen (28-nji surat). Kondensatoryň plastinalarynyň aralygynda q zarýadly metal plastina ýerleşdirilýär.

Zarýadlanan plastina l aralyga süýşürilse, kondensatoryň plastinalaryny birleşdirýän simden akyp geçjek Δq zarýady tapmaly.

138. Geçiriji sferanyň zarýadynyň üst dykyzlygy σ. Zarýadyň üst boýunça paýlanyşy gyradeň. Sferanyň içindäki islendik nokatda elektrik meýdanyň güýjenmesiniň nola deň bolýandygyny subut etmeli. Sferanyň merkezindäki potensial näçe?

139. Inçe simden ýasalan radiusy r = 100 mm bolan halkanyň q = 50 $mkKl$ zarýady bar. Halkanyň merkezinde q_0 = 7 $mkKl$ nokatlanç zarýad ýerleşdirilse, simi dartýan güýjüň ΔF üýtgemesi näçä deň bolar?

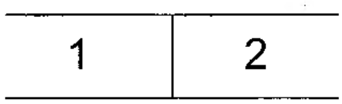


29-njy a) surat

140. Tekiz kondensatoryň plastinalarynyň arasynda başda howa bardy. Elektrik meýdanyň güýjenmesi E_0-a deňdi. Soňra 29-njy a) suratda görkezilişi ýaly, plastinalaryň arasyndaky uzaklygyň ýarysy syzyjylygy ε bolan dielektrik bilen doldurylýar. Kondensatordaky meýdanyň güýjenmesiniň modulyny tapmaly. Bu işi aşakdaky ýagdaýlar üçin ýerine ýetirmeli:

a) dielektrik ýerleşdirilende, kondensatoryň napryaženiýesi üýtgedilmedi;

b) dielektrik ýerleşdirilende, plastinalardaky zarýadlar üýtgedilmedi.

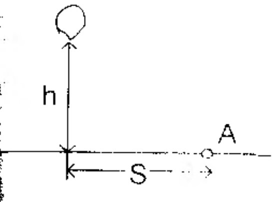


29-njy b) surat

141. 140-njy meseläni 29-njy b) suratda görkezilen kondensator üçin çözmeli.

142. Her biriniň radiusy r = 1 mm we özünde $q = 10^{-10}$ Kl zarýad saklaýan n = 8 sany suw damjalary birleşip, uly bir damja emele getirýärler. Birleşmekden alnan damjanyň potensialyny tapmaly.

143. Diametri 2 m bolan metal şar φ = 10 kW potensiala çenli zarýadlandyrylypdyr. Bu şar Ýer bilen birleşdirilende, näçe mukdarda ýylylyk bölünip çykar?

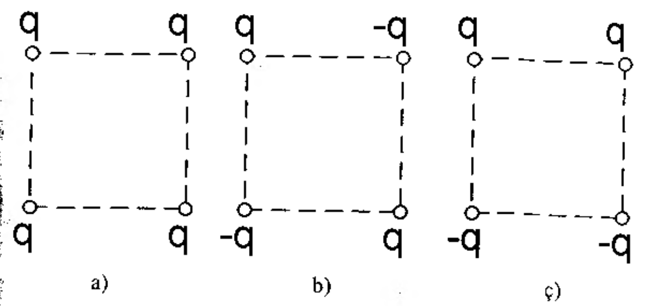


30-njy surat

144. Ýeriň üstünde h = 1 km beýiklikde elektrik zarýady q = 20 Kl bolan bulut bar. Ýeriň üsti tekiz, özem geçiriji diýip kabul etmek bilen A nokatdaky (30-njy surat) meýdanyň güýjenmesini tapmaly. S = 3 km bolýany belli.

145. Tekiz kondensatoryň plastinalary biri-birine 1 mm/s tizlik ...len ýakynlaşdyrylýar. Plastinalaryň başdaky arasyndaky uzaklyk 2 mm bolan ~~...atda~~ bolsa, kondensatordan näçe elektrik akymy (tok) geçer? ...astinalaryň her biriniň meýdany S = 400 sm^2, u = 300 W.

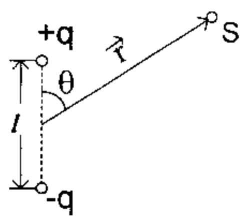
146. Tarapynyň uzynlygy a bolan kwadratyň depelerinde ...rleşdirilen nokatlanç zarýadlaryň özara täsir energiýasynyň jemini ...pmaly. Zarýadlaryň ýerleşişi 31-nji suratda görkezilendir.



31-nji surat

147. Tükeniksiz uzyn göni çyzygyň üstünde q we $-q$ ...atlanç zarýadlar gezekleşdirilip biri-birinden a uzaklykda ýerleşer ...y edip goýlan. Zarýadlaryň şu tükeniksiz uzyn zynjyrynyň her bir ...ýadynyň beýleki zarýadlar bilen özara täsir energiýasyny tapmaly. ...kezme: mesele çözülende $ln(1+x)$ funksiýanyň tükeniksiz hatar ...nüşde ýazylyşyny ulanmaly (Goşundylara serediň).

148. R_1 radiusly sfera q zarýad berýärler we soň onuň radiusyny R_2-ä çenli ulaldýarlar. Elektrik güýçleriniň eden işini tapmaly.



32-nji surat

149. Momenti $\vec{p}=q\vec{l}$ bolan dipol berlipdir (32-nji surat). Giňişligiň S nokadynda dipolyň döredýän meýdanynyň φ potensialyny tapmaly ($r>>l$). φ üçin tapylan deňlemäni we bölümiň girişinde berlen maglumatlary ulanyp güýjenmäniň modulyny tapmaly.

150. Tekiz kondensatoryň plastinalarynyň arasyna optiki aýna ($\varepsilon = 9$) plastinasy salynýar welin, galyňlygy $a = 1$ *mm* bolan howa gatlagy galýar. Kondensatoryň obkladkalarynyň (plastinalarynyň) arasy $d = 1$ *sm*. Kondensatora $u = 100$ *W* napryaženiýe berlen. Kondensator elektrik akymynyň çeşmesinden aýrylyp, aýna plastina onuň içinden çykarylsa, potensiallaryň u_1 tapawudy näçe bolar?

151. Syzyjylygy ε bolan suwuk dielektrikli kondensatory W energiýa sarp edip zarýadlandyrdylar. Soň kondensatory elektrik çeşmeden aýyrdylar, dielektrigi bolsa döküp, ony zarýadsyzlandyrdylar. Zarýadsyzlanmada bölünip çykan W_2 energiýany tapmaly.

152. Kondensatory çalt (impuls režimde) zarýadsyzlandyrmak bilen seýreklendirilen gazy (wodorody) juda ýokary temperaturalara çenli gyzdyrmagyň (mysal üçin termoýadro reaksiýanyň başlanyp biljek temperaturalary) mümkinçiliklerine garalyň:

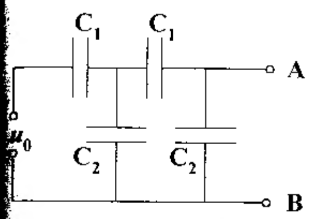
a) kondensatorda toplanan ähli energiýa gazy gyzdyrmak üçin sarp edilýär diýip, gazyň temperaturasyny hasaplaň. San hasaplamalary geçireniňizde $u = 3\cdot10^4$ *W*, $C = 1.8\cdot10^{-5}$ *F*, gazyň başlangyç temperaturasy $T_0 = 293$ *K*, gazyň göwrümi $V=10^{-2}$ m^3, basyşy $p = 1.29$ *Pa* diýip kabul ediň;

b) eger zarýadsyzlanma energiýasy tutuşlygyna kondensatoryň obkladkalaryny gyzdyrmaga sarp boldy diýilse, olaryň

mperaturasynyň ýokarlanmasy näçe bolar? Obkladkalaryň massasy = 100 *g*, misiň udel ýylylyk sygymy $C_1 = 420$ *J/(kg·K)*.

153. 152-nji meselede garalan kondensatorda toplanan energiýa zy we kondensatoryň plastinalaryny gyzdyrmakdan başga nähili dysalara sarp edilýär? Bu energiýalary hasaba almak üçin näme etmeli?

154. 33-nji suratdaky shemada $u_0 = 110$ *W*, $\frac{C_2}{C_1} = n = 2$ bolýandygy belli. *A* we *B* nokatlaryň arasyndaky potensiallaryň tapawudyny tapmaly.



33-nji surat

155. q zarýad R radiusly şaryň göwrümi boýunça gyradeň paýlanan. Dielektrik syzyjylyk $\varepsilon = 1$ diýip kabul etmek bilen:

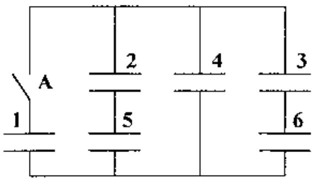
a) şaryň hususy elektrik energiýasyny tapmaly;

b) şaryň içindäki W_1 energiýanyň onuň daşyndaky W_2 energiýa naşygyny tapmaly.

156. Dielektrigi howa bolan silindr şekilli kondensatory pryaženiýesi $u = 200$ *W* bolan elektrik akymynyň çeşmesine leşdirýärler. Soň ony $\upsilon = 5$ *mm/s* tizlik bilen wertikal ýagdaýda ssalanan (distillirlenen) suwa salýarlar. Kondensatoryň kladkalarynyň arasyndaky uzaklyk $d = 2$ *mm*, orta radiusy $r = 50$ *mm*. d bolanda, çeşmedäki elektrik akymynyň güýjüni tapmaly.

157. Her biriniň sygymy $C = 440$ *pF* bolan $n = 5$ sany densator yzygider birleşdirilen. Şeýle edip alnan kondensatorlaryň areýasy napryaženiýesi $u = 60000$ *W* bolan çeşmä birleşdirilýär. ndensatorlaryň biri hatardan çykýar (obkladkalary özara birleşýärler). maly: a) batareýanyň energiýasynyň üýtgemesini; b) zarýadsyzlan-daky edilen işi; ç) tok çeşmesiniň eden işini.

158. Her biriniň sygymy $C = 900$ *pF* bolan iki sany tekiz densatory aýry-aýrylykda $u = 900$ *W* napryaženiýä çenli ýadlandyrdylar. Kondensatorlaryň birini zarýadlanan ýagdaýda psine salýarlar. Soň kondensatorlary parallel birleşdirýärler. adsyzlanmanyň işini tapmaly.



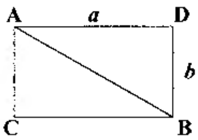
34-nji surat

159. u napryaženiýe berlen C sygymly 1-nji kondensatora A açaryň üsti bilen her biriniň sygymy C bolan 5 sany kondensatordan ybarat batareýa birleşdirilýär. Tapmaly:

a) her kondensatora geçen zarýady;

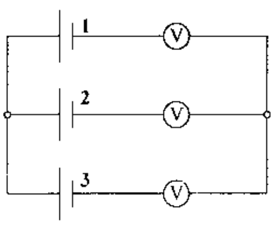
b) elektrik meýdanynyň energiýasynyň üýtgemesini.

160. Radiusy a bolan metal şar b radiusly metal sferanyň içinde ýerleşdirilipdir (şar bilen sferanyň merkezleri umumy). Olaryň arasyndaky giňişlik udel garşylygy ρ bolan sreda bilen doldurylan (mysal üçin, elektrolit). Şar bilen sferanyň arasyndaky garşylygy tapmaly. $b \to \infty$ bolsa, meseläniň jogaby nähili üýtgär?



35-nji surat

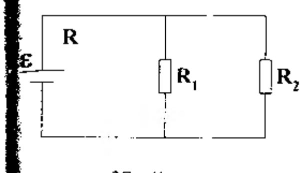
161. a) 35-nji suratdaky shemada elektrik akymy A nokatdan B nokada tarap akýan bolsa, ulgamyň garşylygyny tapmaly. Simiň uzynlyk birliginiň garşylygy γ; b) tok C nokatdan D nokada tarap akýan bolsa, sim karkasynyň garşylygy näçe bolar?



36-njy surat

162. Üç sany galwaniki element we üç sany woltmetr 36-njy suratdaky shema laýyklykda birleşdirilýärler. ε_1=1 W, ε_2=2 W, ε_3=1.5 W. Woltmetrleriň içki garşylyklary R_1=2 kOm, R_2=3 kOm, R_3=4 kOm. Galwaniki elementleriň içki garşylyklary hasaba alardan az. Tapmaly: a) woltmetrleriň görkezýän napryaženiýelerini; b) shemanyň düwünleriniň arasyndaky potensiallaryň tapawudyny.

163. 37-nji suratda görkezilen shemada V=5 W, R=0.1 Om. R_1=4 Om, R_2=6 Om. R_1 we R_2 garşylyklardan geçýän elektrik akymynyň güýçlerini tapmaly.



37-nji surat

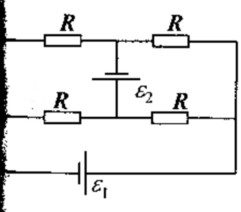
164. Garşylygy R bolan rezistor we wolt-amper häsiýetnamasy (WAH) $u = a\sqrt{I}$ (a=hemişelik) deňleme bilen berilýän çyzykly däl garşylyk yzygider birleşdirilýär. Şeýlelik bilen alnan zynjyr u_0 napryaženiýeli elektrik akymynyň çeşmesine birikdirilýär. Zynjyrdaky elektrik akymynyň güýjüni tapmaly.

165. Uzynlygy l=1000 m, kese kesiginiň meýdany S=1 mm^2 bolan göni mis simden I=4.5 A elektrik akymy geçýär. Misiň her bir atomyna bir erkin elektron düşýär diýip kabul etmek bilen tapmaly:

a) simiň bir ujundan beýleki ujuna geçýänçä elektronyň sarp edjek wagtyny;

b) şu simdäki ähli erkin elektronlara täsir edýän elektrik güýçlerini.

166. Garşylygy R = 75 Om bolan geçirijiden 100 Kl zarýad geçende näçe mukdardaky ýylylyk bölünip çykar? Elektrik akymynyň üýtgeýşiniň aşakdaky ýagdaýlaryna aýratynlykda garamaly: a) elektrik akymy hemişelik tizlik bilen Δt = 50 s wagtyň dowamynda nola çenli azalýar; b) her Δt = 2 s wagtda elektrik akymy iki esse azalýar.



38-nji surat

167. 38-nji suratdaky shemada ε_1, ε_2 we dört sany rezistor berlen. Rezistorlaryň her biriniň garşylygy R. Rezistorlaryň her birinde bölünip çykýan kuwwaty tapmaly.

168. Uzynlygy l = 10 km bolan göni simden I = 400 A elektrik akymy geçýär. Şu elektrik akymyny emele getirýän elektronlaryň hereket mukdaryny (impulsyny) tapmaly.

169. EHG-si 12 W, içki garşylygy bolsa 1.5 Om bolan çeşmä garşylyk birleşdirilýär (0.8 ≤ R ≤ 10 Om). Zynjyryň peýdaly täsir koeffisiýentiniň (η) we peýdaly A işiň R garşylyga baglylygyny tapmaly, ýagny $\eta = f_1(R)$, $A = f_2(R)$ funksiýalary.

V BÖLÜM

Magnit meýdany we elektromagnit induksiýasy barada esasy kesgitlemeler we düzgünler

1. Geçirijiden ýasalan ýapyk tekiz konturyň (ramkanyň) magnit momenti

$$\vec{p}_m = IS\vec{n}_0 . \qquad (1)$$

Bu ýerde S – konturyň meýdany; I – ondaky elektrik akymynyň güýji; $\vec{n}_0$ – konturyň tekizligine perpendikulýar ugrukdyrylan birlik wektor.

2. Induksiýasy $\vec{B}$ bolan magnit meýdanynda ýerleşdirilen elektrik akymy bar kontura täsir edýän güýjüň momenti

$$\vec{M} = [\vec{p}_m \vec{B}]; \qquad M = p_m B \sin\alpha . \qquad (2)$$

Bu ýerde α, $\vec{p}_m$ we $\vec{B}$ wektorlaryň arasyndaky burç.

3. Magnit meýdanynyň $\vec{B}$ induksiýasy (2) deňlemeden kesgitlenýär. Ol kesgitleme şeýledir:

$$B = \frac{M_{iňuly}}{p_m} = \frac{M_{iňuly}}{IS} . \qquad (3)$$

4. $\vec{\upsilon}$ tizlik bilen hereket edýän nokatlanç zarýadyň döredýän magnit meýdanynyň induksiýasy

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q[\vec{\upsilon}\vec{r}]}{r^3}; \qquad B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q\upsilon \sin(\widehat{\vec{\upsilon}\vec{r}})}{r^2} . \qquad (4)$$

Bu ýerde $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Gn/m – magnit hemişeligi.

5. $I\Delta l$ elektrik akymynyň elementiniň r uzaklykda döredýän magnit meýdanynyň induksiýasy üçin Bio we Sawaryň kanuny:

$$\Delta\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{[\Delta\vec{l}\,\vec{r}]}{r^3} \quad \text{ýa-da} \quad d\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{[d\vec{l}\,\vec{r}]}{r^3} . \qquad (5)$$

Induksiýanyň moduly $$dB = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \cdot \frac{dl \sin(\widehat{d\vec{l}\,\vec{r}})}{r^2} . \qquad (6)$$

I elektrik akymy bar R radiusly sarymyň (ramkanyň) merkezindäki induksiýa:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2R} . \qquad (6.a)$$

Tükeniksiz uzyn göni I elektrik akymynyň özünden a uzaklykda döredýän induksiýasy:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi a} . \qquad (6.b)$$

6. Magnit induksiýasynyň köwlenmesi (sirkulýasiýasy) barada teorema:

$$\oint_{(l)} \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 \sum_{(K)} I_K . \qquad (7)$$

Ýapyk $\vec{l}$ kontur boýunça alnan integral şol konturyň öz içine alýan elektrik akymlarynyň jemine deňdir.

7. Magnit induksiýasy üçin Gaussyň teoremasy:

$$\oint \vec{B} d\vec{s} = 0 . \qquad (8)$$

8. Magnit induksiýasynyň akymy:

$$\Delta\Phi = \left(\vec{B}\Delta\vec{S}\right) = B\Delta S\cos\left(\widehat{\vec{B}\Delta\vec{S}}\right). \qquad (9)$$

Magnit meýdany birhilli, ýagny $B = hemişelik$ bolsa, (9) formula ýönekeýleşýär

$$\Phi = \left(\vec{B}\,\vec{S}\right) = BS\cos\left(\widehat{\vec{B}\,\vec{S}}\right). \qquad (10)$$

9. Elektrik akymy bar geçirijileriň magnit meýdanynyň induksiýasynyň akymy

$$\Phi = LI, \quad L - \text{induktiwlik}. \qquad (11)$$

10. Magnit meýdanynda ýerleşdirilen elektrik akymynyň elementine ($I\Delta l$) täsir edýän güýç Amperiň kanuny esasynda hasaplanylýar:

$$\Delta F = I\Delta l\cdot B\sin\left(\widehat{\Delta\vec{l}\,\vec{B}}\right). \qquad (12)$$

Amperiň kanunynyň wektorlaýyn ýazgysy:

$$\Delta\vec{F} = I\left[\Delta\vec{l}\,\vec{B}\right]. \qquad (13)$$

11. Magnit meýdanynda hereket edýän zarýadlanan bölejige täsir edýän güýç – Lorensiň güýji:

$$\vec{F} = q\left[\vec{\upsilon}\,\vec{B}\right], \text{ güýjüň moduly } F = q\upsilon B\sin\left(\widehat{\vec{\upsilon}\,\vec{B}}\right). \qquad (14)$$

Zarýadlanan bölejige elektromagnit meýdanynda täsir edýän güýç:

$$\vec{F} = q\vec{E} + q\left[\vec{\upsilon}\,\vec{B}\right]. \qquad (15)$$

12. Faradeýiň elektromagnit induksiýa kanuny:

$$\varepsilon_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad \text{ýa-da} \quad \varepsilon_i = -\frac{d\Phi}{dt}. \qquad (16)$$

13. Elektrik akymynyň (toguň) magnit meýdanynyň hususy energiýasy:

$$W = \frac{1}{2}LI^2. \qquad (17)$$

14. I_1 we I_2 elektrik akymlarynyň özara magnit täsiriniň energiýasy:

$$W_{12} = \frac{1}{2}L_{12}I_1I_2. \qquad (18)$$

Bu ýerde L_{12} – özara induksiýa koeffisiýenti.

15. Magnit meýdanyň energiýasynyň göwrüm dykyzlygy:

$$W' = \frac{1}{2}\left(\vec{B}\vec{H}\right) = \frac{1}{2}\frac{B^2}{\mu\mu_0}. \qquad (19)$$

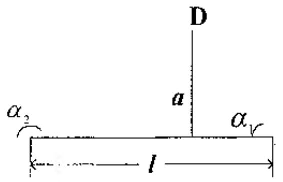
Bu ýerde $\vec{H}$ – magnit meýdanynyň güýjenmesi; μ – sredanyň magnit syzyjylygy.

Meseleler

170. Nokatlanç zarýad $\upsilon = 900$ *m/s* tizlik bilen hereket edýär. Käbir wagt pursatynda gözegçilik edilýän *P* nokatda şu zarýadyň döredýän elektrik meýdanynyň güýjenmesi $E = 600$ *W/m*. $\vec{E}$ we $\vec{\upsilon}$ wektorlaryň arasyndaky burç $\alpha = 30°$ bolupdyr. Şu zarýadyň *P* nokatda döredýän magnit meýdanynyň induksiýasyny tapmaly.

171. Bir tekizlikde ýerleşen üç sany özara parallel uzyn elektrik akymy bar simler berlipdir. Olar biri-birinden 3 *sm* uzaklykda ýerleşdirilen. $I_1=I_2$ we $I_3= -(I_1-I_2)$ bolýandygy belli. Magnit meýdanynyň induksiýasynyň nola deň boljak göni çyzygy nirede ýerleşýär?

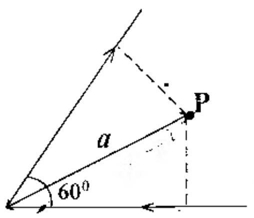
172. Uzynlygy *l* bolan *I* elektrik akymy bar göni simden *a* uzaklykda ýatan *D* nokatdaky magnit meýdanynyň induksiýasyny tapmaly (39-njy surat). Mesele dogry çözülip tapylan deňlemede $l \to \infty$ bolanda bölümiň girişinde getirilen (6 b) deňleme gelip çykýar.



39-njy surat

173. Taraplarynyň uzynlygy $a = 16$ *sm* we $b = 30$ *sm* bolup, simden ýasalan gönüburçlukdan $I = 6$ *A* elektrik akymy akýar. Gönüburçlugyň merkezindäki induksiýany tapmaly. Onuň magnit momenti näçe?

174. I=20 *A* elektrik akymy bar tükeniksiz uzyn geçirijini 40-njy suratda görkezilişi ýaly epläpdirler. Burçdan a=10 *sm* uzaklykda ýatan *P* nokatdaky magnit meýdanynyň induksiýasyny tapmaly. *P* nokat simleriň ikisinden hem deň uzaklykda ýatyr.

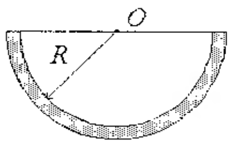


40-njy surat

175. Radiusy *R* bolan uzyn togalak simden I_0 elektrik akymy akýar. Simiň a) içindäki we b) daşyndaky magnit meýdanynyň induksiýasyny tapmaly.

176. Içki radiusy R_1, daşky radiusy bolsa R_2 bolan silindrik turba şekilli geçirijiden I_0 elektrik akymy akýar. Tapmaly: a) turbanyň içindäki magnit meýdanynyň induksiýasyny ($r<R_1$); b) geçirijiniň içindäki magnit meýdanynyň induksiýasyny ($R_1<r<R_2$); ç) turbanyň daşyndaky ($r>R_2$) magnit meýdanynyň induksiýasyny.

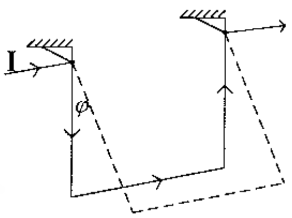
177. Izolýatordan ýasalan *R* radiusly ýuka diskiň bir tarapyna üst dykyzlygy σ bolan zarýad berlipdir. Diski öz okunyň töwereginde ω burç tizlik bilen aýlaýarlar. Diskiň merkezindäki induksiýany we diskiň magnit momentini tapmaly.



41-nji surat

178. Ýukajyk *R* radiusly ýarym halka şekilli juda uzyn geçirijiden (41-nji surat) *I* elektrik akymy akýar. *O* nokatdaky magnit induksiýasyny tapmaly.

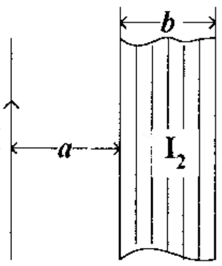
179. Radiusy $R = 2$ *sm* uzyn togalak simden $I = 500$ *A* elektrik akymy geçýär. a) $r = 1$ *sm* nokatdaky induksiýany tapmaly; b) sim öz okunyň üstünden geçýän tekizlik bilen iki bölege bölünse, onuň bir böleginden çykýan magnit akymyny tapmaly. Hasaplamalary simiň uzynlygy $l = 3$ *m* üçin ýerine ýetirmeli.



42-nji surat

180. Kese kesiginiň meýdany $S = 2.5$ mm^2 bolan mis simi kwadratyň üç tarapy görnüşde epleýärler. Simi gorizontal okuň töwereginde aýlanyp biler ýaly edip asýarlar (42-nji surat). Sim magnit meýdanynyň induksiýasy dik ugur boýunça ugrukdyrylan birhilli meýdanda ýerleşýär. Simden I=16 *A* elektrik akymy geçende, ramka $\varphi = 20°$ burça gyşarýar. Magnit meýdanynyň induksiýasyny tapmaly.

181. Iki sany inçe özara parallel geçirijilerden I_1 we I_2 elektrik akymlary akyp geçýär. Geçirijileriň ýerleşdirilişi 43-nji *a)* suratda görkezilýär (I_2 elektrik akymy ýukajyk lenta şekilli geçirijiden akýar). Geçirijiler bir tekizlikde ýatan bolsalar, olaryň uzynlyk birligine düşýän özara magnit täsir güýji tapmaly.



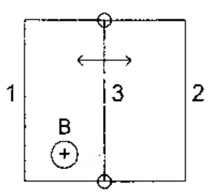
43-nji a) surat

182. Izolýator bilen örtülen inçejik simden saralan *tekiz* spiral şekilli tegek berlipdir. Bu tegegiň biri-birine örän ýakyn ýerleşen N=100 sarymy bar. Iň içerki we iň daşarky sarymlaryň radiuslary a we b. Tegekden I=8 mA elektrik akymy geçýär. Tapmaly: a) spiralyň merkezindäki magnit meýdanyň induksiýasyny; b) berlen elektrik akymy üçin spiralyň magnit momentini.

183. Iki sany protonyň her birisi v = 300 km/s tizlik bilen biri-birine parallel hereket edýärler. Şu protonlara täsir edýän F_M magnit we F_E elektrik güýçleriň gatnaşygyny tapmaly.

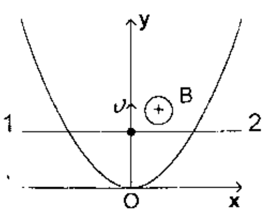
184. Elektron induksiýasy B = 2 mTl bolan magnit meýdanynda spiral şekilli traýektoriýa boýunça hereket edýär. Spiralyň radiusy R=2 sm, ädimi h=5 sm. Elektronyň tizligini tapmaly.

185. Simden ýasalan kwadrat 1 we 2 taraplarynyň arasynda süýşürip bolýan 3-nji sim (germewaç) bar (43-nji *b)* surat). Ulgam üýtgeýän magnit meýdanynda ýerleşdirilýär. Şol sebäpli-de onda induksiýanyň EHG-si ýüze çykýar we simlerinden elektrik akymy geçýär. Bu bolsa öz gezeginde käbir ýylylyk mukdarynyň bölünip çykmagyna getirýär. Germewaç simiň a) ortada we b) gyrada durýan ýagdaýlarynda bölünip çykýan ýylylyk Q_1 we Q_2 mukdarlaryny deňeşdirmeli. Olaryň gatnaşygy näçe?



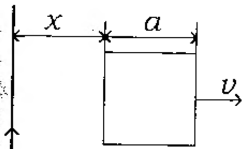
43-nji b) surat

186. Simden ýasalan $y = kx^2$, k=*hemişelik*>0, parabola birhilli magnit meýdanynda ýerleşdirilýär (44-nji surat). Parabolanyň şahalary hereket edip bilýän 1-2 simden ýasalan germewaç arkaly birleşdirilýär. Germewaç: a) hemişelik v tizlik bilen hereket edýär; b) ol hemişelik a tizlenme bilen hereket edýär diýip kabul edip, 0-1-2 konturda ýüze çykýan induksiýanyň EHG-siniň y koordinata baglylyk funksiýasyny tapmaly. Germewajyň başlangyç tizligi nola deň.



44-nji surat

187. I elektrik akymy bar uzyn göni geçiriji we taraplarynyň uzynlygy a bolan kwadrat ramka bir tekizlikde ýatyrlar (45-nji surat). Eger ramka sag tarapa hemişelik v tizlik bilen süýşürilse, onda döreýän induksiýanyň EHG-siniň x uzaklyga baglylygyny tapmaly.

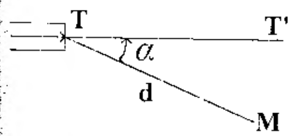


45-nji surat

188. Induksiýasy B=0.8 Tl bolan dik ýokaryk ugrukdyrylan birhilli magnit meýdanynda uzynlygy l=10 sm bolan inçe göni steržen aýlanýar. Aýlanma oky induksiýa parallel we sterženiň bir ujundan geçýär. Sterženiň uçlaryndaky potensiallaryň tapawudyny tapmaly. Sterženiň aýlaw ýygylygy v=20 $aýl/s$. Eger dik aýlanma ok sterženiň bir ujundan l_1=3 sm uzaklykdan geçýän bolsa, uçlardaky potensiallaryň tapawudy näçe bolar?

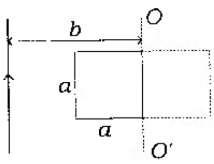
189. v = 0.35·10^7 m/s tizlik bilen hereket edýän α – bölejik induksiýasy B=1 Tl bolan birhilli magnit meýdanyna girýär (tizlik v we B biri-birine perpendikulýar). Bölejigiň traýektoriýasynyň R radiusyny, p_m magnit momentiniň modulyny we ugruny hem-de P mehaniki momentini tapmaly.

190. Elektronlar potensiallaryň tapawudy u=10^3 W bolan aralygy geçip, T nokada gelýärler (46-njy surat). Olar T nokatdan çykyp, TT' traýektoriýa boýunça hereket edip bilýärler. T nokatdan d=5 sm uzaklykda M nokatda nyşana ýerleşýär; α burç 60° deň. T nokatdan çykan elektronlaryň M nyşana urulmagy üçin çyzgynyň tekizligine perpendikulýar ugrukdyrylan birhilli magnit meýdanynyň B induksiýasy näçe bolmaly? T nokatdan çykan elektronlaryň M nyşana urulmagy üçin, TM göni parallel ugrukdyrylan



46-njy surat

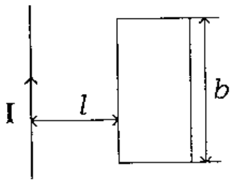
bir hilli magnit meýdanyň B_1 indukiýasyny tapmaly. B we B_1 induksiýalar 0.03 Tl-dan köp bolmaly däldir.



47-nji surat

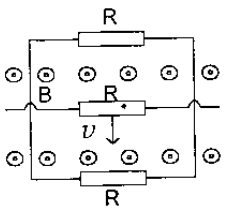
191. Simden ýasalan kwadrat ramka we I elektrik akymy bar uzyn sim bir tekizlikde ýerleşýärler (47-nji surat). Ramkanyň garşylygy R. Ramkany OO' okuň töwereginde 180° aýlasalar, onuň simlerinden näçe mukdardaky zarýad akyp geçer?

192. Ýyldyzara magnit meýdanynyň induksiýasy takmynan $B=2\cdot10^{-10}$ Tl. Günüň berýän energiýasynyň göwrüm dykyzlygy bilen ýyldyzara magnit meýdanynyň energiýasynyň dykyzlygy Günden näçe uzaklykda deň bolarlar?



48-nji surat

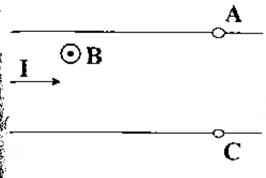
193. I elektrik akymy bar uzyn sim we garşylygy R bolan gönüburçly ramka 48-nji suratdaky ýaly ýerleşýärler. Simdäki I elektrik akymy ýapylsa, ramka näçe hereket mukdaryny (impuls) alar? Ramkanyň diňe işjeň (aktiw) garşylygy bar.



49-njy surat

194. Iki sany dik goýlan geçiriji simiň uçlarynda $R = 0.01$ Om garşylyk birleşdirilen (49-njy surat). Massasy $m = 100$ g, uzynlygy $l=100$ sm, garşylygy bolsa $R=0.01$ Om germewaç simler boýunça aňsatlyk bilen hereket edip bilýär. Şu ulgam induksiýasy $B=0.1$ Tl bolan birhilli magnit meýdanynda ýerleşdirilýär. Simleriň garşylygy ýok. Agyrlyk güýjüň täsiri bilen hereket edende germewajyň iň uly tizligi näçe bolar?

195. 192-nji meselede berlen maglumatlary ulanyp, merkezinde Gün ýerleşdirilen 1a.b. radiusly sferanyň içindäki ýyldyzara magnit meýdanynyň energiýasyny hasaplamaly.

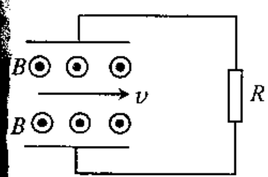


50-nji surat

196. Ini a bolan lenta şekilli geçirijiden I elektrik akymy akýar (50-nji surat). Induksiýasy B bolan birhilli magnit meýdany 50-nji suratda görkezilişi ýaly ugrukdyrylan. A we C nokatlaryň arasyndaky potensiallaryň tapawudyny tapmaly.

197. Radiusy $a = 30$ sm bolan etal disk merkezinden geçýän dik okuň töwereginde 50 $aýl/s$ tizlik ilen aýlanýar. Ýeriň magnit meýdanynyň dik düzüjisi $B=5\cdot10^{-5}$ Tl olsa, diskiň radiusynyň uçlaryndaky potensiallaryň tapawudyny pmaly.

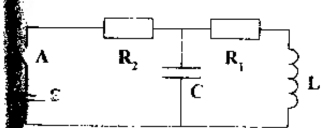
198. Radiusy $R = 5$ mm bolan togalak mis simden $I=50$ A lektrik akymy geçýär. Simiň oky bilen onuň üstüniň arasyndaky otensiallaryň tapawudyny tapmaly. Misdäki erkin elektronlaryň birlik göwrümdäki sany $n = 9\cdot10^{22}$ sm^{-3}.



51-nji surat

199. Magnit gidrodinamiki generatoryň iň ýönekeý shemasy iki sany parallel plastinalaryň arasynda – v tizlik bilen hereket edýän elektrik akymy bar geçiriji suwuklyk akymyndan hem-de tizlige perpendikulýar ugrukdyrylan birhilli magnit meýdanyndan ybarat (51-nji rat). Suwuklygyň udel garşylygy ρ, her plastinanyň meýdany S, aryň arasyndaky uzaklyk d bolsa, R garşylykda bölünip çykjak P uwwaty tapmaly. Ol kuwwat haýsy şertde iň uly bolar? Iň uly kuwwat çä deň?

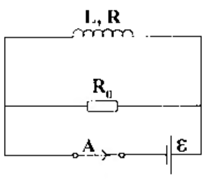
200. 52-nji suratdaky shemada $\varepsilon=1.4$ W, $R_1=1$ Om, $R_2=50$ Om, $C=1$ mkF, $L = 1$ Gn. Shema A açar arkaly elektrik akymynyň çeşmesine birleşdirilenden ýeterlik wagt geçenden soň, C kondensatordaky we L induktiwlikdäki toplanan elektrik we magnit meýdanlaryň energiýalaryny tapmaly.



52-nji surat

201. Magnit syzyjylygy μ=1 materialdan ýasalan göni togalak simden I elektrik akymy geçýär. Simiň bir uzynlyk birligine düşýän içki magnit meýdanyň energiýasyny tapmaly.

202. Elektrik meýdanynyň energiýasynyň wakuumdaky göwrüm dykyzlygy bilen induksiýasy B=1 Tl bolan magnit meýdanynyň energiýasynyň wakuumdaky dykyzlygyna deň bolmagy üçin elektrik meýdanyň güýjenmesi näçä deň bolmaly?



53-nji surat

203. Induktiwligi L=2 $mkGn$ we garşylygy R = 1 Om bolan tegek EHG-si ε = 3 W bolan çeşmä birikdirilen (53-nji surat). Tegek bilen parallel R_0=2 Om garşylyk birleşdirilýär. A açar arkaly zynjyrdaky elektrik akymy ýapylandan soň. induktiw tegekden näçe mukdardaky ýylylyk bölünip çykar?

204. Aşageçirijiden ýasaian a radiusly, induktiwligi bolsa L bolan halkanyň tekizligi birhilli magnit meýdanyň induksiýasyna parallel ýerleşdirilen. Soňra halkanyň tekizligini 90° aýlap, daşarky magnit meýdana perpendikulýar edip goýýarlar. Tapmaly: a) halkanyň tekizligi 90° öwrülenden soň, ondaky elektrik akymynyň güýjüni; b) tekizlik öwrülende edilen işi.

205. Termoýadro reaksiýalary amala aşyrmak üçin, ýeterlik bolan ýokary temperaturany almaga niýetlenip hödürlenen teklipleriň biri – magnit ýylylyk izolýasiýasyny döretmekden ybarat. Bu usulyň manysy ýokary temperaturaly oblastdan gaty çalt hereket edýän zarýadlanan bölejikleriň çykyp gitmeginiň öňüni almak üçin magnit meýdanynyň ulanylmagyna syrykdyrylýar. Aşa ýokary temperaturada saklanýan göwrüm gaz razrýady bolup geçýän radiusy r=3 sm bolan silindrik sütün görnüşli oblast diýeliň. Tertipsiz hereketiniň orta tizligi $T=10^6$ K temperatura gabat gelýän elektronlaryň gaz razrýady bolup geçýän sütüniň üstünden $l=3\cdot10^{-3}$ sm uzaklykdan aňry daşlaşyp bilmezliklerini üpjün etmek üçin sütüniň içi bilen akyp geçmeli I elektrik akymynyň güýji näçe bolmaly?

Bellik: I elektrik akymynyň döredýän magnit meýdany sütüniň daşyna çykmakçy bolýan zarýadly bölejikleri yzyna serpikdirmäge ymtylýar.

206. Inçejik simden ýasalan radiusy a=50 mm bolan halkanyň induktiwligi L=0.26 $mkGn$. Şu halkany induksiýasy B=0.5 mTl bolan birhilli magnit meýdanynda ýerleşdirýärler. Halkanyň tekizligine geçirilen normal bilen B induksiýanyň arasyndaky burç α=60°. Soň halkany sowadyp, aşageçiriji ýagdaýa geçirýärler we magnit meýdanyny öçürýärler. Halkadaky elektrik akymynyň güýjüni tapmaly.

VI BÖLÜM

Yrgyldylar hem-de tolkunlar barada esasy düzgünler we kesgitlemeler

1. Garmoniki yrgyldyly hereket edýän matematiki we pružinli maýatnikleriň hereket deňlemesi:

$$\ddot{x} + \omega_0^2 x = 0 \,. \tag{1}$$

$\ddot{x}$ – süýşmäniň wagt boýunça ikinji önümi. Bu deňlemäniň çözülişi:

$$x = a_0 \cos(\omega_0 t + \alpha) \,. \tag{2}$$

Yrgyldyly ulgamyň hususy ýygylygy:

$\omega_0^2 = \frac{l}{g}$ – matematiki maýatnik we $\omega_0^2 = \frac{k}{m}$ – pružinli maýatnik.

Garmoniki yrgyldy edýän ulgama ossillýator diýilýär.

2. Sönýän yrgyldylaryň deňlemesi we onuň çözgüdi:

$$\ddot{x} + 2\beta \dot{x} + \omega_0^2 x = 0 \,, \tag{3}$$

$$x = a_0 e^{-\beta t} \cos(\omega t + \alpha) \,. \tag{4}$$

Bu ýerde β – sönme koeffisiýenti; $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}$ – sönýän yrgyldylaryň hususy ýygylygy. Sönmegiň logarifmik dekrementi:

$$\theta = \beta T = \frac{2\pi\beta}{\omega} \,. \tag{5}$$

3. Mejbury yrgyldylaryň deňlemesi we onuň çözgüdi:

$$\ddot{x} + 2\beta \dot{x} + \omega_0^2 x = f_0 \cos \omega t \,. \tag{6}$$

$$x = \frac{f_0 \cos(\omega t - \varphi)}{\left[\left(\omega_0^2 - \omega^2\right)^2 + 4\beta^2\omega^2\right]^{1/2}} \,, \qquad tg\varphi = \frac{2\beta\alpha}{\omega_0^2 - \omega^2} \,. \tag{7}$$

4. Yzygider birleşdirilen R garşylykdan, C sygymdan we L induktiwlikden ybarat zynjyra $u = u_m \cos \omega t$ naprýaženiýe berlende, zynjyrdaky elektrik akymynyň güýji:

$$I = I_m \cos(\omega t - \varphi) \,. \tag{8}$$

Bu ýerde

$$I_m = \frac{u_m}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \dfrac{1}{\omega C}\right)^2}} \,, \qquad tg\varphi = \frac{\omega L - 1/\omega C}{R} \,,$$

$$\omega^2 = \omega_0^2 - \beta^2 \,, \qquad \beta = \frac{R}{2L} \,, \qquad \omega_0^2 = \frac{1}{LC} \,. \tag{9}$$

5. Doly garşylyk $Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \dfrac{1}{\omega C}\right)^2}$. (10)

6. Üýtgeýän elektrik akymynyň zynjyry üçin wektorlaýyn iagrammalary gurmakda ulanylýan esasy düzgünler:

a) işjeň garşylykdaky elektrik akym we napryaženiýe deň fazada olaryň faza tapawudy nola deň);

b) induktiwlikde elektrik akymynyň wektory napryaženiýe ektoryndan 90° yzda (wektorlar sagat strelkalarynyň ters ugruna ω urç tizlik bilen aýlanýarlar);

ç) sygymdaky tok napryaženiýeden 90° öňde.

Şu düzgünler nazarda tutulsa, induktiw we sygym arşylyklaryny

$$x_L = i\omega L, \quad x_C = \frac{1}{i\omega C} = -\frac{i}{\omega C}, \quad i = \sqrt{-1}$$

görnüşde ýazmak bolar.

7. Sinusoidal napryaženiýäniň we elektrik akymyň täsir edýän (effektiw) bahalary

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}, \quad I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}. \tag{11}$$

8. Tekiz tolkunlaryň deňlemesi:

$$s = a\cos(\omega t - kx) \tag{12}$$

$k = \frac{2\pi}{\lambda}$ – tolkunlaýyn san; s – sredanyň süýşmesi; a – tolkunyň amplitudasy.

9. Durujy tekiz tolkunlaryň (düşýän we serpigen tolkunlaryň superpozisiýasy, ýagny jemlenmegi) deňlemesi:

$$s = a\cos kx \cdot \cos \omega t. \tag{13}$$

Bu ýerdäki $a\cos kx$ ululyga durujy tolkunlaryň amplitudasy diýilýär.

10. Ses tolkunlaryň gazdaky tizligi

$$v = (\gamma RT/\mu)^{1/2}. \tag{14}$$

Bu ýerde γ – gazyň adiabata görkezijisi; R – uniwersal gaz hemişeligi; T – absolýut temperatura; μ – gazyň molýar massasy.

11. Ses tolkunlary üçin Doppleriň effekti – gözegçiniň kabul edýän ses tolkunlarynyň ýygylygy

$$\nu = \nu_0/\left(1 \pm \frac{u}{v}\right). \tag{15}$$

Bu ýerde u – ses çeşmesiniň tizligi; ν_0 – hereketsiz ses çeşmesiniň berýän ýygylygy; çeşme gözegçilik edýäne ýakynlaşýan bolsa (15) deňlemede "–", çeşme daşlaşýan bolsa, "+" alamat almaly.

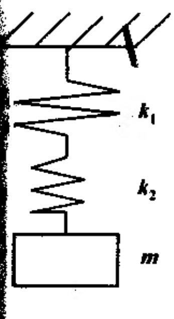
12. Elektromagnit tolkunlarynyň dürli sredalardaky faza tizligi (c – wakuumdaky tizlik)

$$v = \frac{c}{\sqrt{\mu\varepsilon}}, \quad c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0\varepsilon_0}}. \tag{16}$$

13. Umow-Poýntingiň wektory – elektromagnit energiýasynyň akymynyň dykyzlygy:

$$\vec{S} = [\vec{E}\vec{H}]. \tag{17}$$

Meseleler



54-nji surat

207. m massaly jisim gatylyklary k_1 we k_2 bolan iki sany pružinden 54-nji suratda görkezilişi ýaly edip asylan. Jisimiň kiçi amplitudaly dik yrgyldylarynyň periodyny tapmaly.

208. Bölejik x ok boýunça $x = 0$ deňagramlyk ýagdaýynyň golaýynda garmoniki yrgyldyly hereket edýär. Yrgyldylaryň burç ýygylygy ω=4 *rad/s*. Haýsydyr bir wagt pursatynda bölejigiň koordinaty x_0=25 *sm*, onuň tizligi bolsa v_{x0}=100 *sm/s*. Şu wagt pursatyndan t=2.4 *s* geçenden soň, bölejigiň x koordinatyny we v_x tizligini tapmaly.

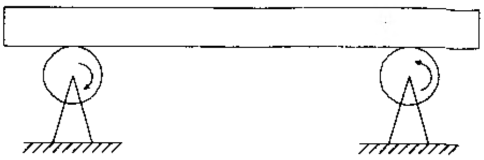
209. Bölejigiň koordinatlary:

a) $x = a\sin\omega t$, $y = a\sin 2\omega t$;

b) $x = a\sin\omega t$, $y = a\cos 2\omega t$

deňlemeler bilen berilýän bolsa, onuň traýektoriýalarynyň $y(x)$ deňlemesini tapmaly.

210. Garşylykly taraplara çalt aýlanýan iki sany bloguň üstüne 55-nji suratda görkezilişi ýaly edip birhilli tagtany goýýarlar. Bloklaryň oklarynyň arasy l = 20 *sm*, tagta bilen bloklaryň arasyndaky sürtülme koeffisiýenti k = 0.18. Tagtanyň garmoniki yrgyldylar etjegini subut etmeli. Tagtanyň yrgyldylarynyň periodyny tapmaly.



55-nji surat

211. Material nokadyň sönýän yrgyldylarynyň başlangyç amplitudasy A_0=1 *mm*, yrgyldylaryň sönmeginiň logarifmik dekrementi θ= 0.002. Yrgyldylar doly sönýänçä, material nokadyň öňe-yza geçýän s ýoluny tapmaly.

212. Elektrik akymy güýjüniň sönýän yrgyldylaryny öwrenmek bilen baglanyşykly geçirilýän tejribeleriň birinde galwanometr ilkinji gezekde n_1=20 birlik elektrik akymy güýjüni görkezdi, ikinji gezekde elektrik akymy azalyp, galwanometr n_2=5.6, üçünji gezekde elektrik akymy ýene artyp, n_3 = 12.8 birlik görkezdi. Sönmegiň logarifmik dekrementi hemişelik diýip kabul etmek bilen deňagramlylyk ýagdaýda (zynjyrda elektrik akymy ýok) galwanometriň görkezjek n_0 birlikleriniň sanyny tapmaly.

213. Ýeriň üstünden dik ýokarlygyna howa tolkunlary ýaýraýarlar. Ýeriň üstüne ýakyn howa gatlaklarynyň temperaturasy 16°S, atmosferadaky temperatura gradiýenti – 0.007 *K/m* bolsa, tolkunlar näçe wagtdan soň 10 *km* beýiklige ýeterler?

214. I_0 hemişelik tokda akkumulýatory zarýadlandyrmak üçin t_0 sagat wagt gerek. Şol akkumulýatory ýarymperiodly göneldijiden zarýadlandyrmak üçin näçe wagt gerek bolar? Ikinji usul bilen zarýadlananda, toguň täsir edýän bahasy hem I_0 deň diýip kabul etmeli.

215. Bir ugra gönükdirilen iki garmoniki yrgyldylar goşulanda, material nokadyň jemleýji yrgyldysy $x = a\cos 2.1t \cdot \cos 50t$ (t – sekuntlarda) deňleme arkaly aňladylýar. Biri-birine goşulýan yrgyldylaryň aýlaw ýygylyklaryny tapmaly.

216. Biri-birinden l uzaklykda ýatan A we B nokatlaryň arasyndaky howanyň temperaturasy göni çyzyk boýunça üýtgeýär. Howanyň A nokatdaky temperaturasy T_1, B nokatda bolsa T_2. Ses tolkunlary bu iki nokadyň arasyny näçe wagtda geçer?

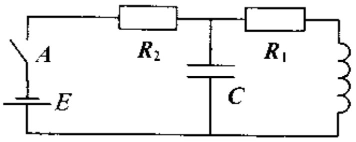
217. Tekiz ses tolkunlaryň deňlemesi $s=60\cos(1800t-5.3x)$. Bu ýerde x – metrlerde, s – mikrometrlerde, t – sekuntlarda aňladylýar. Tapmaly: a) tolkunlaryň amplitudasyny; b) tolkun yrgyldylarynyň ýygylygyny; ç) tolkunyň uzynlygyny we ýaýraýyş tizligini.

218. u=120 *km/sag* tizlik bilen hereket edýän otly dowamlylygy Δt_0=5 s bolan gudok berýär. Demir ýol düşegine görä hereketsiz duran gözegçä ýaňky gudok näçe wagt dowam edýän bolup eşidiler? Mümkin bolan iki ýagdaýa seretmeli: a) otly gözegçä ýakynlaşýar; b) otly gözegçiden daşlaşýar. Sesiň howadaky tizligi v = 330 *m/s*.

219. Ýygylygy ν_0=1700 *Gs* bolan ses yrgyldylarynyň çeşmesi we tolkunlary kabul ediji ilki başda bir nokatda durlar. t=0 wagt pursatynda çeşme hemişelik tizlenme bilen hereket edip gözegçiden daşlaşyp başlaýar. Çeşmäniň tizlenmesi a=10 m/s^2, sesiň tizligi υ=340 *m/s* diýip kabul etmek bilen t=10 s-dan soň kabul edijä gelýän ses yrgyldylarynyň ýygylygyny tapmaly.

220. Ses çeşmesiniň hususy ýygylygy ν_0=1.8 *kGs*. Ol gözegçiden l=250 *m* uzaklykdan geçýän göni çyzyk boýunça hereket edýär. Çeşmäniň tizliginiň sesiň tizligine bolan gatnaşygy n=0.8. Tapmaly: a) çeşme gözegçiniň gabat garşysyna gelende, gözegçiniň kabul edýän sesiniň ýygylygyny; b) gözegçiniň kabul edýän sesiniň ýygylygy $\nu = \nu_0$ bolan pursatynda çeşmäniň ondan r daşlygyny.

221. 56-njy suratdaky shemanyň elementlerindäki elektrik akymy we napryaženiýeler durnuklaşan bahalaryna eýe bolansoňlar, A açaryň kömegi bilen shemany ε çeşmeden aýyrýarlar. Şundan soň LC konturda ýüze çykýan yrgyldylaryň başlangyç energiýasy näçe? Yrgyldylaryň sönme koeffisiýenti β tapmaly.

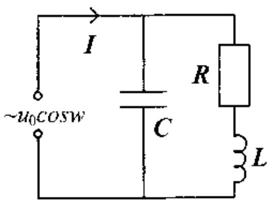


56-njy surat

222. Yzygider birleşdirilen C sygymly kondesatordan, induktiwligi L bolan tegekden (onuň işjeň garşylygy juda az) we R işjeň garşylykdan ybarat zynjyr sinusoidal naprýaženiýäniň generatoryna birikdirilýär. Generatoryň berýän naprýaženiýesiniň amplitudasyny hemişelik saklap, ýygylygyny üýtgetmek bolýar. Tapmaly: a) kondensatordaky naprýaženiýäniň amplitudasynyň iň uly baha eýe bolýan ýygylygyny; b) tegekdäki naprýaženiýäniň amplitudasynyň iň uly baha eýe bolýan ýygylygyny.

223. Täsir ediji naprýaženiýesi u=100 W bolan zynjyra induktiw garşylygy X_L=30 Om bolan tegek birleşdirilýär. Tegegiň doly garşylygy Z=50 Om. Tegekde bölünip çykýan ýylylyk kuwwaty we elektrik akymy bilen naprýaženiýäniň arasyndaky φ faza tapawudy tapmaly.

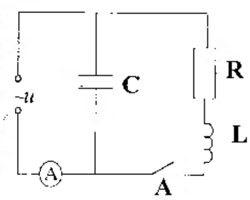
224. Induktiwligi L=0.7 Gn we aktiw garşylygy r=20 Om bolan tegek R işjeň garşylyk bilen yzygider birleşdirilýär. Şeýle edip düzülen zynjyr täsir ediji bahasy u=220 W, ýygylygy ω=314 s^{-1} bolan zynjyra birleşdirilýär. R garşylygyň haýsy bahasynda zynjyrda bölünip çykjak ýylylyk kuwwaty iň uly baha eýe bolar? Iň uly kuwwatyň san bahasyny tapmaly.



57-nji surat

225. 57-nji suratdaky shemada L=0.01 Gn, R=6 Om. Üýtgeýän elektrik akymynyň aýlaw ýygylygy ω=300 s^{-1}. Kondensatoryň sygymy näçä deň bolanda, elektrik akymy bilen naprýaženiýäniň faza tapawudy nola deň bolar?

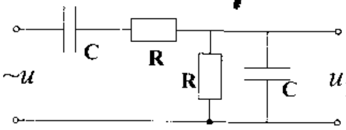
226. 58-nji suratdaky shemada tegegiň induktiwligi L, kondensatoryň sygymy C, naprýaženiýesi u=380 W.



58-nji surat

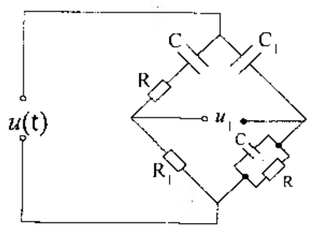
ýygylygy ν=50 Gs bolan elektrik akymynyň güýji I=0.5 A (bu elektrik akymyny ampermetr ölçeýär). Sygymyň we induktiwligiň seçilip alnan käbir bahalarynda A açaryň kömegi bilen L induktiwlik elektrik akymyna birleşdirilýär welin, ampermetriň görkezýän elektrik akymy üýtgänok. Tegegiň induktiwligini tapmaly.

227. 59-njy suratdaky shemanyň R we C elementleri belli. Üýtgeýän elektrik akymynyň ýygylygy ω näçä deň bolanda, giriş u we çykyş u_1 naprýaženiýeleriň arasyndaky faza tapawut nola deň bolar? Şu ýygylykda giriş we çykyş naprýaženiýeleriň amplitudalarynyň gatnaşygyny tapmaly.



59-njy surat

228. $u(t)$ islendik görnüşli periodiki naprýaženiýe bolup biler diýip hasap etmek bilen 60-njy suratdaky shemanyň deňagramlylyk ýagdaýda boljak şertlerini tapmaly. Bellik: Deňagramlylyk diýip, u_1=0 bolan ýagdaý kabul edilýär.

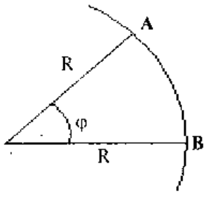


60-njy surat

229. Elektromagnit tolkunlarynyň kerosindäki ýaýraýyş tizligini tapmaly.

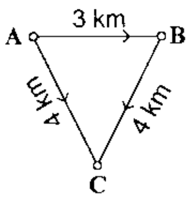
230. Induktiwligi $L=1.2\cdot10^{-3}$ *Gn* we sygymy $C=3\cdot10^{-2}$ *mkF* bolan yrgyldyly kontura degişli tolkunlaryň uzynlygyny tapmaly.

231. Ýer gabygynda boý tolkunlaryň tizligi $c_1 = 14$ *km/s*, kese tolkunlaryň tizligi bolsa $c_2=7.5$ *km/s*. Ýer titremesiniň *A* merkezi bilen *B* seýsmostansiýanyň (61-nji surat) arasyndaky φ burç uzaklygyny tapmaly. Seýsmografyň ýazgylaryndan boý tolkunlaryň kese tolkunlardan Δt=91 *s* öň gelendigi belli (Δt – wagtyň şu bahasy tolkunlaryň Ýer gabygy boýunça ýaýraýar diýen netije çykarmaga mümkinçilik berýär).



61-nji surat

232. *C* nokatda ýerleşen telewizoryň kabul ediji antennasyna iki signal gelip düşýär. Olaryň birinjisi *A* nokatda ýerleşen telestansiýadan, ikinji *B* nokatda ýerleşen demir üçekden serpilen tolkun (62-nji surat). Telewizoryň ekranyndaky alynýan goşa şekil biri-birine görä näçe Δl aralyga süýşer? Telewizoryň ekranynyň giňligi $l = 50$ *sm*, bir sekuntda 25 şekil berilýär, her şekilde bolsa 625 setir bar.



62-nji surat

233. Ýygylygy $\nu = 3$ *MGs* bolan elektromagnit tolkuny wakuumdan dielektrik syzyjylygy $\varepsilon = 4$, magnit syzyjylygy $\mu = 1$ bolan sreda geçýär. Bu geçişde tolkun uzynlygy näçe üýtgär?

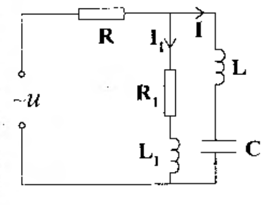
234. Şarjagaz şekilli bölejik öz üstüne düşýän ähli ýagtylygy ýuwudýar. Şarjagaza edilýän ýagtylyk basyşy bilen ony Güne tarap dartýan güýç özara deňagramlaşýar diýip hasap etmek bilen bölejigiň *R* radiusyny tapmaly. Günüň berýän ýagtylygynyň kuwwaty $P = 4\cdot10^{26}$ *Wt*, bölejigiň dykyzlygy $\rho = 1$ g/sm^3.

235. Radiusy *a* uzyn togalak simden hemişelik *I* elektrik akymy akýar. Simiň garşylygy *R*, uzynlygy bolsa *l* bolan böleginiň gapdal üstünden Poýntingiň wektorynyň akymyny tapmaly.

236. *u* potensiallaryň tapawudyny geçip, tizlenen relýatiwistik däl protonlar togalak kese kesikli inçe *I* elektrik akymynyň dessejigini emele getirýärler. Dessejigiň okundan *r* uzaklykda Poýntingiň wektorynyň ugruny we ululygyny kesgitlemeli. *r* uzaklyk dessejigiň daşynda diýip hasap etmeli.

237. R=160 *Om* işjeň garşylyk bilen käbir işjeň garşylygy bolan induktiw tegegi yzygider birleşdirip, täsir ediji napryaženiýesi $u = 220$ *W* bolan zynjyra birleşdirýärler. *R* garşylykdaky we tegekdäki napryaženiýeleriň täsir ediji bahalary $u_1 = 80$ *W* we $u_2 = 180$ *W*. Tegekden bölünip çykýan ýylylyk kuwwaty tapmaly.

238. Zynjyr parallel birleşdirilen *C* sygymly kondensatordan we işjeň garşylygy *R*, induktiwligi bolsa *L* bolan tegekden ybarat. Zynjyrdaky ω ýygylykly üýtgeýän elektrik akymy üçin garşylygy tapmaly.



63-nji surat

239. 63-nji suratdaky shemanyň girişine $u = u_0\cos2\omega t$ napryaženiýe berilýär. Shemanyň parametrleri

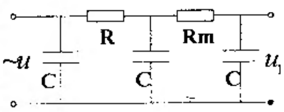
$$\omega^2 = \frac{1}{4LC}$$

şerti kanagatlandyrýan bolsalar, *I* we I_1 elektrik akymynyň güýçlerini tapmaly.

240. Süzgüjiň (filtriň) girişine

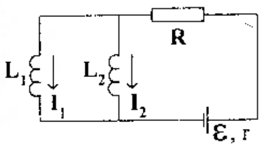
$u = u_0\cos\omega t$, $\omega = \dfrac{1}{RC}$ (64-nji surat)

deňleme arkaly aňladylýan napryaženiýe berilýär. Süzgüjiň çykyşyndaky napryaženiýäniň u_{10} amplitudasyny tapmaly.

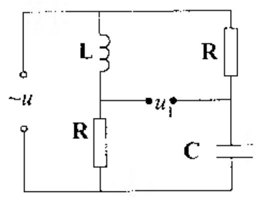


64-nji surat

241. Aşageçirijiden saralan tegekleriň induktiwlikleri L_1 we L_2. Bu tegekleri 65-nji suratdaky ýaly edip, zynjyra birleşdirýärler. Tegeklerdäki I_1 we I_2 elektrik akymynyň güýçlerini tapmaly.



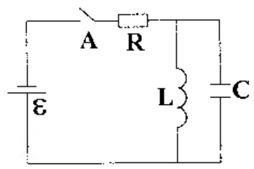
65-nji surat



66-njy surat

242. 66-njy suratdaky shemanyň girişine $u = u_0 cos\omega t$ napryaženiýe berilýär. Shemanyň çykyşyndaky we girişindäki napryaženiýeleriň faza tapawudynyň nola deň bolmagy üçin ýerine ýetmeli şertleri tapmaly.

243. 67-nji suratdaky shemadaky A açar ýazdyrylýar welin, yrgyldyly konturda erkin yrgyldylar ýüze çykýarlar. Kondensatoryň üstündäki napryaženiýe batareýanyň EHG-si n = 100 esseden artyk bolmazlygy üçin, onuň C sygymy näçe bolmaly. R=1 Om, L=1 mGn bolýandygy belli.



67-nji surat

VII BÖLÜM

Şöhle optikasynyň esasy düzgünleri we kesgitlemeleri

1. Fotometriýanyň esaslary

Berlen meýdanyň üstünden ýagtylyk tolkunlarynyň wagt birliginde geçýän energiýasyna ýagtylyk akymy diýilýär:

$$\Phi = \frac{\Delta W}{\Delta t}. \qquad (1\ A)$$

Ýagtylygyň güýji – jisim burçunyň bir birligine düşýän ýagtylyk akymydyr:

$$I = \frac{\Delta\Phi}{\Delta\Omega}. \qquad (1\ B)$$

Meýdan birligine düşýän ýagtylyk akymyna ýagtylandyryş diýilýär:

$$E = \frac{\Delta\Phi}{\Delta S} = \frac{\Delta\Phi}{r^2\Delta\Omega} = \frac{I}{r^2}. \qquad (1\ Ç)$$

Nokatlanç ýagtylyk çeşmäniň r uzaklykda döredýän ýagtylandyryşy:

$$E = \frac{I}{r^2} cos\alpha. \qquad (2)$$

Bu ýerde α – düşme burçy.

Ýagtylanýan jisimiň meýdan birliginden çykýan ýagtylyk akymyna ýagtylanyş (swetimost) diýilýär:

$$M = \frac{\Delta\Phi}{\Delta S}. \qquad (3)$$

Jisimiň M ýagtylanyşy onuň E ýagtylandyrylyşy bilen aşakdaky deňlemäniň üstü bilen baglanyşandyr:

$$M = \rho E \,. \tag{3 A}$$

Bu ýerde ρ – serpikme koeffisiýenti.

Ýagtylyk berýän jisimiň üstüniň ýagtylygynyň ýitiligi (ýarkost):

$$L = \frac{\Delta\Phi}{\Delta\Omega\Delta S\cos\alpha} = \frac{\Delta I}{\Delta S\cos\alpha}\,. \tag{4}$$

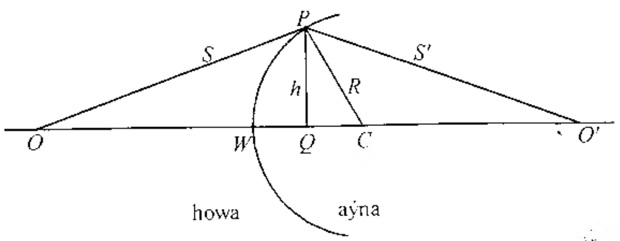
Bu ýerde α – üstüň ΔS elementine geçirilen normal bilen gözegçilik edilýän ugruň arasyndaky burç.

Eger jisimiň şöhleleniși Lambertiň kanunyna laýyk bolup geçýän bolsa, ýagny ýagtylygyň ýitiligi gözegçiligiň ugruna bagly däl bolsa, M bilen L ululyklaryň arasynda

$$M = \pi L \tag{5}$$

deňleme arkaly aňladylýan baglanyşyk bardyr.

2. Fermanyň (bu alymyň ady Ferma) düzgüni (prinsipi). Iki nokadyň arasyndaky uzaklygy ýagtylyk mümkin bolan wagtlaryň iň azyny sarp edip geçýär. Başgaça aýdylsa: ýagtylyk iki nokady birleşdirýän mümkin bolan ýollaryň iň az wagtda geçip bolýanyny seçip alýar. Snelliň döwülme kanunynyň hem şu düzgünden gelip çykýandygyny belläliň.



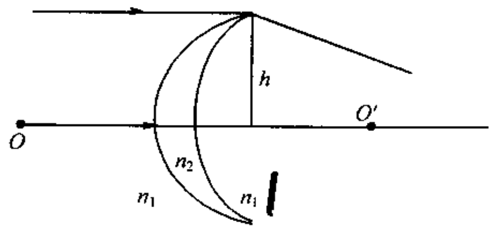
3. Sferiki üstüň fokus aralygy

Nokatlanç O çeşmeden çykýan şöhleler OPO' we OWO' ýollary deň wagtda geçýär. Şu şertden üstüň fokus aralygy kesgitlenýär:

$$\frac{1}{S} + \frac{n}{S'} = \frac{n-1}{R} \equiv \frac{1}{F}\,. \tag{7}$$

Bu ýerde F – sferiki aýnanyň fokus aralygy; n – aýnanyň howa görä döwülme görkezijisi.

4. Ýuka linzanyň fokus aralygy:



$$\frac{1}{S} + \frac{n_1}{S'} = (n_2 - n_1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right) \tag{8}$$

a-da

$$\frac{1}{S} + \frac{1}{S'} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right). \tag{9}$$

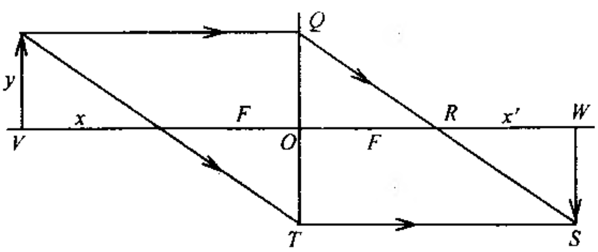
Güberçek linzanyň fokus aralygy:

$$\frac{1}{F} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right). \tag{10}$$

Iki üsti hem güberçek linza üçin

$$\frac{1}{F}=(n-1)\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right). \qquad (11)$$

5. Linzanyň formulasy: çyzgydaky dört sany üçburçluklaryň meňzeşliginden



$$x \cdot x' = F^2. \qquad (12)$$

Linzanyň formulasynyň başgaça ýazylyşy:

$$\frac{1}{x+F}+\frac{1}{x'+F}=\frac{1}{F}. \qquad (13)$$

6. Iki sany jebisleşdirilen ýuka linzanyň optiki güýji aýry-aýry linzalaryň optiki güýçleriniň jemine deňdir, ýagny:

$$D = D_1 + D_2. \qquad (14)$$

7. Ýagtylygyň döwülme kanuny:

$$n_1 \sin\alpha = n_2 \sin\beta, \qquad (15)$$

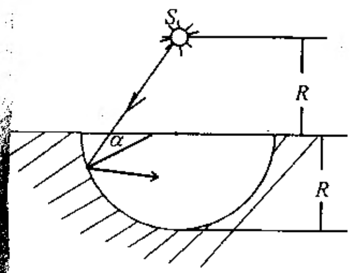
bu ýerde α, β – düşme we döwülme burçlary.

Meseleler

244. Diametri 1,6 m bolan stoldan 0,6 m beýiklikde nokatlanç ýagtylyk çeşmesi ýerleşýär. Onuň stoluň üstüne berýän ýagtylyk akymy 201 lm. Tapmaly:

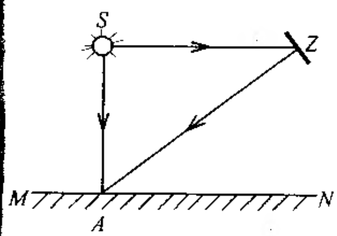
a) stoluň üstüne degişli jisim burçuny; b) ýagtylyk güýjüni; ç) çeşmäniň berýän ähli ýagtylyk akymyny; d) stoluň merkezindäki we gyralaryndaky ýagtylandyrylyşy.

245. Meýdany 4 m^2 bolan stoluň burçlarynda iň uly ýagtylandyryş bolar ýaly ýagtylyk çeşmesini stoluň üstünden näçe beýiklikde ýerleşdirmeli?



68-nji surat

246. Radiusy R = 1 m bolan ýarym sfera şekilli çukuryň üstünden ýagtylyk güýji I = 50 kd bolan nokatlanç S çeşme asylgy (68-nji surat). Çeşme çukuryň düýbünden $2R$ aralykda ýerleşýär. Şöhleleriň düşme burçy $\alpha = 35°$ bolan nokatlardaky ýagtylandyryşy tapmaly.



69-njy surat

247. Nokatlanç S çeşme MN üsti ýagtylandyrýar (69-njy surat). A nokada şöhle perpendikulýar düşýär. Çeşmäniň gapdalynda A nokat bilen deň uzaklykda Z aýna ýerleşdirilýär. Aýna düşýän şöhleler doly serpigip, A nokada düşýärler. Şeýle edilenden soň, A nokatdaky ýagtylandyryş näçe esse üýtgär?

248. MN gorizontal tekizlikden 2 m beýiklikde biri beýlekisinden 1 m uzaklykda iki sany ýagtylyk çeşmesi ýerleşýär. Olaryň her birisi 300 lm ýagtylyk akymyny berýär. MN tekizligiň üstünde ýatan

aşakda görkezilen nokatlardaky ýagtylandyryşy tapmaly: a) çeşmeleriň göni aşagyndaky nokatlarda; b) olaryň orta arasyndaky nokatda.

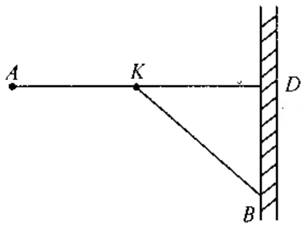
249. Uzynlygy l = 60 *sm* bolan gyzdyrylýan göni simiň berýän ýagtylyk akymy Φ = 132 *lm*. Simden a = 5 *sm* uzaklykda ýerleşen tekiz üstüň iň uly ýagtylandyrylyşyny tapmaly.

250. Ýagtylyk çeşmesi gapyrgasynyň uzynlygy 10 *sm* bolan kub. Ýagtylygyň iň uly güýji 90 *kd*. Çeşmäniň ýagtylygyny tapmaly.

251. Prožektor özüniň ýagtylandyrmaly meýdanynyň üstünden h = 15 *m* beýiklikde berkidilen. Meýdanyň käbir nokadynda gorizontal üstüň ýagtylandyrylyşy 10 *lk*, edil şol nokatda dik üstüň ýagtylandyrylyşy 20 *lk*. Prožektoryň şu nokada ugrukdyrylan güýjüni tapmaly.

252. Meýdany S = 3 m^2 bolan ekrana $\Phi = 150$ *lm* ýagtylyk akymy düşýär. Ekrandan serpikme koeffisiýenti r = 0,8. Ekranyň ýagtylyk berijiligini we ýagtylanyşyny tapmaly.

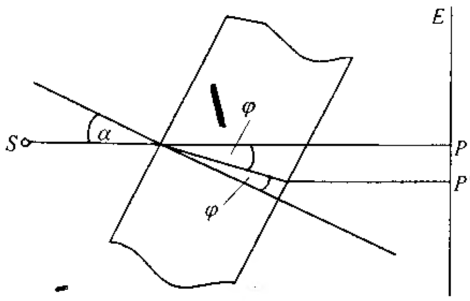
253. Kuwwaty 15 *Wt* bolan lýuminessent çyranyň ýagtylyk berýän bölegi uzynlygy 42 *sm*, diametri bolsa 2,24 *sm* bolan silindr görnüşli. Onuň ýagtylyk berijiligi 0,5 sb. Çyranyň ýagtylyk beriş peýdaly täsir koeffisiýentini tapmaly.



70-nji surat

254. Pyýada adam sürülmedik ýerden $1{,}5\frac{m}{s}$ tizlik bilen ýöräp bilýär, sürlen ýerden ýörände bolsa, onuň tizligi 0,9. AD = 42 *m*, DB = 36 *m* bolsa tapmaly: a) iň az wagt sarp edip, A nokatdan B nokada barmaga mümkinçilik berýän AKB ugry, ýagny ýoly (70-nji surat); b) AKB ýoly geçmek üçin sarp edilýän iň az wagty.

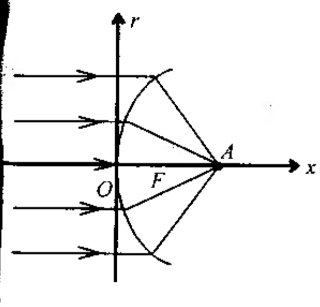
255. S nokatlanç ýagtylyk çeşmesi bilen E ekranyň arasynda galyňlygy l = 0,2 *m* aýna plastina $\varphi = 30°$ burç bilen ýapgyt goýlupdyr (71-nji surat). Tapmaly: a) PP' kesimiň uzynlygyny; b) SP we SP' ýollary geçmek üçin şöhläniň sarp edýän wagtlarynyň tapawudyny.



71-nji surat

256. Ýagtylyk şöhlesi birnäçe tekiz, dury plastinalaryň içinden geçýär. Şöhle her gezek döwlende ýagtylyk güýjüniň r = 0,1 bölegi ýitýär, her plastinanyň içinden geçende, onuň k = 0,2 bölegi ýuwdulýar. Şöhläniň başdaky ýagtylyk güýji $I_0 = 10\,kd$ bolsa, onuň n = 6 plastinadan geçenden soňky güýjüni kesgitlemeli.

257. Şöhle galyňlygy d = 6 *sm* bolan aýna plastinanyň üstüne α = 60° burç bilen düşýär. Plastinanyň içinde şöhläniň süýşen x aralygyny tapmaly.



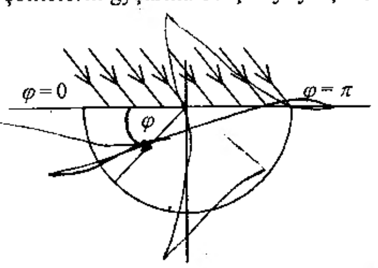
72-nji surat

258. Şöhleleriň parallel dessesi wakuumdan döwülme görkezijisi n bolan oblasty çäklendirýän üste gelip düşýär. Şöhleleriň O depeden F uzaklykda ýatan A nokatda jemlenmegini (fokusirlenmegini) üpjün edip biljek üstüň $x(r)$ deňlemesini tapmaly (72-nji surat). Şu üstüň kömegi bilen şöhleleriniň jemlenmegi mümkin bolan iň ýogyn dessäniň radiusyny tapmaly.

259. Suwuň üstünden serpigen şöhläniň döwlen şöhlä perpendikulýar bolmagy üçin düşme α burçy näçe gradus bolmaly?

260. Ýagtylyk çeşmesi ekrandan $l = 90$ *sm* uzaklykda ýerleşýär. Çeşme bilen ekranyň arasynda ýuka ýygnaýjy linzany goýýarlar. Ekranda çeşmäniň dury şekili linzanyň iki ýagdaýynda alynýar. Ol ýagdaýlar: a) linzanyň iki ýagdaýynyň arasyndaky uzaklyk $\Delta l = 30$ *sm*; b) çeşmäniň ekranda birinji ýagdaýda alynýan şekiliniň kese ölçegleri ikinji ýagdaýdaky şekiliň kese ölçeglerinden k=4 esse uly. a) we b) ýagdaýlar üçin linzanyň fokus aralygyny tapmaly.

261. Döwüji burçy $\psi = 60°$ bolan aýna prizmadan geçýän şöhleleriň gyşarma burçlarynyň çäklerini tapmaly.



73-nji surat

262. Aýnadan ýasalan ýarym silindriň tekiz üstüne 45° burç bilen ýagtylyk şöhleleri düşýärler. Düşýän şöhleleler silindriň okuna perpendikulýar tekizlikde ýerleşýärler (73-nji surat). Ýarym silindriň gapdal üstüniň haýsy ýerlerinden şöhleler onuň daşyna çykarlar? Haýsy ýerlerinden bolsa çykmazlar? Aýnanyň döwülme görkezijisi $n = \sqrt{2}$.

263. Radiusy $R = 6$ *sm* bolan uly bolmadyk ýagtylgyç (çyra) poldan $h = 3$ *m* beýiklikde ýerleşýär. Onuň ýagtylyk derejesi ugurlara bagly däl. Ýagtylgyjyň ýagtylyk derejesi $L = 2\cdot10^4\ \frac{kd}{m^2}$. Ýagtylgyjyň dik aşagynda poluň ýagtylandyrylyşyny kesgitlemeli.

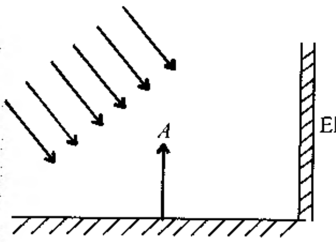
264. Käbir aýna prizma üçin şöhläniň iň kiçi gyşarma burçy onuň döwüji burçuna deň. Bu prizmanyň döwüji ψ burçuny tapmaly.

265. Tekiz aýna plastinanyň üstüne φ düşme burç bilen giňligi a bolan ýuka ýagtylyk dessesi düşýär. Dessäniň iki sany spektral düzüjisi bar. Bu düzüjiler üçin aýnanyň döwülme görkezijisi n_1 we n_2. Plastinanyň üstüne düşen dessäniň ondan çykandan soň, her biri diňe bir spektral düzüjiden ybarat iki görnüşde ýaýramagy üçin plastinanyň iň kiçi galyňlygy näçe bolmaly?

266. Iki üsti hem güberçek ýuka linza aýnadan ýasalan. Onuň iki üstüniň hem radiusy 13 *sm*-e deň. Bu linzanyň fokus uzaklygyny tapmaly.

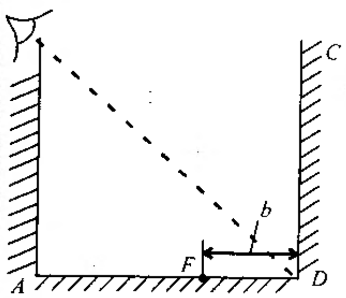
267. Ýagtylyk şöhlesi döwüji burçy ψ bolan aýna prizma α burç bilen girýär, β burç bilen bolsa, howa tarap çykyp gidýär. Şöhle prizmadan geçende, başlangyç ugrundan γ burça gyşarýar. Prizmanyň döwüji burçy ψ bilen onuň ýasalan materialynyň n döwülme görkezijisini tapmaly.

268. Iki sany tekiz aýna aralaryndaky iki granly burç $\alpha = 32°$ bolar ýaly edip seplenipdir. Uly bolmadyk predmet aýnalaryň sepleşýän çyzygyndan $r = 10$ *sm* uzaklykda aýnalaryň birine sähelçejik ýakyn edip ýerleşdirilipdir. Tapmaly: a) aýnalarda görünýän ilkinji hyýaly şekilleriň arasyndaky x uzaklygy; b) predmet radiusy $r = 10$ *sm* töwerek boýunça $l = 2$ *sm* süýşürilse, iki şekili birleşdirýän göni çyzygyň ortasyndaky nokadyň nirä we näçe y aralyga süýşjekdigini.



74-nji surat

269. Gün şöhleleri gorizontal ýerleşdirilen aýnadan serpigip, dik goýlan ekrana düşýär (74-nji surat). Aýnanyň üstünde ýerleşdirilen A predmetiň ekrandaky kölegesiniň şekili nähili bolar? Köläganiň uzynlygyny tapmaly.

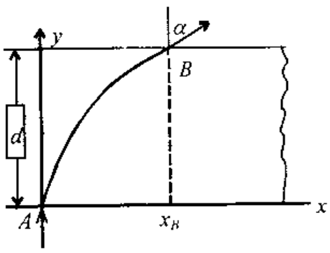


75-nji surat

•270. Kub şekilli gabyň diwarlaryndan ýagtylyk geçenok. Gözegçilik edilýän ýerden adam gabyň düýbüni görüp bilenok. Gözegçi CD diwary tutuşlygyna görýär. Gabyň D burçundan $b = 10$ *sm* uzaklykda ýatan F predmeti gözegçiniň görüp bilmegi üçin gaba guýmaly suwuň iň az V göwrümini tapmaly. Kubuň gapyrgasynyň uzynlygy a = 40 *sm*.

271. Meýdany tükeniksiz uly bolan tekiz plastinanyň üstüne W energiýaly şöhleleriň dessesi düşýär. Iki sredanyň araçägine düşýän energiýanyň bir bölegi serpigýär, galany bolsa plastinanyň içine girýär. Plastinanyň içinde energiýa ýuwdulanok. Plastinadan geçip, ikinji sreda giren energiýanyň W_1 mukdaryny we yzyna serpigen W_2 energiýany tapmaly.

272. Iki sany tekiz aýna 20° bolan iki granly burçy emele getirýärler. Aýnalaryň biriniň üstüne bu burçy deň ikä bölýän tekizlige parallel, aýnalaryň kesişme çyzygyna bolsa, perpendikulýar ugrukdyrylan şöhle düşýär. Bu şöhle şundan soň nähili hereket eder? Her serpikmede şöhläniň ýagtylyk güýji iki esse azalýar. Şöhle iki granly burça girende, onuň güýji 10 *kd* bolsa, ondan çykandan soň güýji näçe bolar?

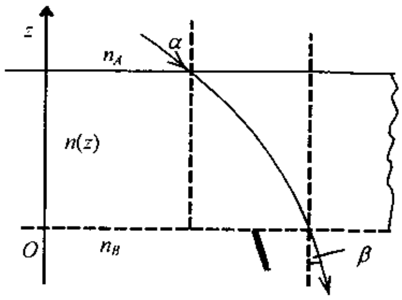


76-njy surat

273. Tekiz plastinanyň A nokadyna üste perpendikulyar ugrukdyrylan insizje şöhle düşýär. Maddanyň döwülme görkezijisi x koordinata bagly (76-njy surat) we $n(x) = \dfrac{n_0}{1 - x/R}$ deňleme arkaly berilýär (n_0 we R – hemişelik sanlar). Şöhle B nokatda plastinadan çykýar. Tapmaly: a) B nokatdaky n_B döwülme koeffisiýentini; b) B nokadyň x_B koordinatyny; ç) plastinanyň d galyňlygyny.

Hasaplamalar geçirilende n_0 = 1,2, R = 13 *sm*, $\alpha = 30°$ diýip kabul etmeli.

274. 77-nji suratda döwülme görkezijisi z koordinat boýunça üznüksiz üýtgeýän tekiz plastinadan ýagtylyk şöhlesiniň geçişi görkezilen:

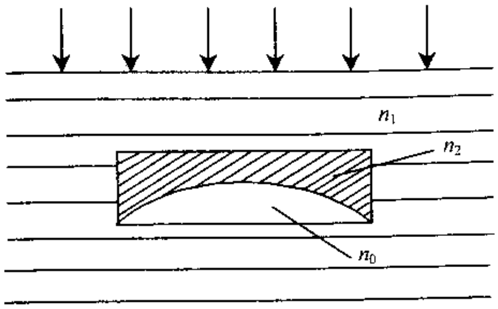


77-nji surat

a) $n_A \sin\alpha = n_B \sin\beta$ bolýandygyny subut etmeli; b) jokrama tomus günleriniň birinde tekiz çöllük meýdanyň ortarasynda durun diýip göz öňüne getiriň. Duran ýeriňizden ep-esli uzaklykda suw kölüne meňzeş bir zat görýärsiňiz. "Suwa" ýakynlaşmakçy bolup, öňe tarap ýöräp başlaýarsyňyz welin, ol daşlaşýar. "Suw kölüne" çenli aralyk hemişe takmynan 250 *m* çemesi bolmagynda galýar. Bu hadysany düşündiriň; ç) gözleriňiz ýeriň üstünden h = 1,6 *m* beýiklikde ýerleşýär diýip kabul etmek bilen b) ýagdaýda ýeriň üstüne ýakyn howa gatlagynyň T temperaturasyny tapmaly. $T_0 = 288K$ temperaturada, adaty atmosfera basyşynda howanyň döwülme görkezijisi $n_0 = 1{,}000276$. Ýeriň üstünden 1 *m* beýiklikde howanyň temperaturasy $T_1 = 303K$, atmosfera basyşy bolsa 0,1013 *MPa*. Hasaplamalarda (n-1) ululyk molekulalaryň sanyna proporsional diýip hasap etmeli.

275. Döwülme görkezijisi n = 1,6 bolan aýnadan ýasalan iki üsti hem güberçek linzanyň howadaky fokus aralygy F = 10 *sm*. Şu linza döwülme görkezijisi n_1 = 1,5 bolan sredada ýerleşdirilse, onuň F_1 fokus aralygy näçe bolar? Linza döwülme görkezijisi n_2 = 1,7 sreda ýerleşdirilse, onuň F_2 fokus aralygy näçe bolar?

276. Iki üsti hem güberçek aýna linzanyň üstleriniň egrilik koeffisiýentleri deň. Onuň howadaky fokus aralygy F_1, suwdaky fokus aralygy bolsa F_2. Şu linza howa bilen suwuň araçäginde ýerleşdirilse, onuň F_1' we F_2' fokus aralyklaryny tapmaly.



78-nji surat

277. Ýuka tekiz-oýuk linza gorizontal ýagdaýda 78-nji suratda görkezilişi ýaly, suwuň içinde ýerleşdirilen. Linzanyň aşagyndaky käbir göwrümi howa tutýar. Oýuk üstüň radiusy $R = 15$ *sm*, suwuň döwülme görkezijisi n_1, aýnanyňky bolsa n_2 we howanyň döwülme görkezijisi n_0. Şu optiki ulgamyň fokus aralygyny tapmaly.

VIII BÖLÜM

Tolkun optikasynyň esasy düzgünleri we kesgitlemeleri

1. Deň ýygylykly iki tolkunyň jemi:

$$R = A_1 cos(\omega t + \varphi_1) + A_2 cos(\omega t + \varphi_2)\cdot$$

Jemleýji tolkunyň amplitudasy:

$$A_R^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 cos(\varphi_2 - \varphi_1)\cdot \qquad (1)$$

Jemleýji tolkunyň amplitudasy faza tapawut $\Delta\varphi = (\varphi_2 - \varphi_1)$ bilen kesgitlenýär. $\Delta\varphi = 0$ bolsa $A_R = A_1 + A_2$, $\Delta\varphi = \pi$ bolsa $A_R = (A_2 - A_1)$, $\Delta\varphi = \dfrac{\pi}{2}$ bolsa $A_R = (A_1^2 + A_2^2)^{1/2}$.

Yrgyldylar kompleks sanlar görnüşde berilse, hasaplamalar epesli ýeňilleşýär. Jemlenýän iki sany yrgyldy kompleks sanlar arkaly berlen bolsalar,

$$R_1 = A_1 e^{i(\omega t + \varphi_1)}, \qquad R_2 = A_2 e^{i(\omega t + \varphi_2)}$$

görnüşde ýazylýarlar. Kompleks sanlaryň diňe hakyky böleginiň fiziki manysy bardyr, onuň hyýaly böleginiň fiziki manysy ýokdur.

2. n sany şöhlelenýän birmeňzeş dipollaryň tolkunlarynyň jemi:

$$R = A\left[cos\,\omega t + cos(\omega t + \varphi) + cos(\omega t + 2\varphi) + ... + cos(\omega t + n\varphi - \varphi)\right].$$

Jemiň amplitudasy: $$A_R = \frac{A\,sin\left(\dfrac{n\varphi}{2}\right)}{sin\,\varphi/2}. \qquad (2)$$

Dürli ugurlara şöhlelenýän ölçegsiz energiýa:

$$\rho(\varphi)=\frac{I(\varphi)}{I_0}=\frac{\sin^2\frac{n\varphi}{2}}{\sin^2\varphi/2}. \qquad (3)$$

3. Gýugens-Freneliň düzgüni (prinsipi): a) islendik tolkun frontunyň S_1, S_2, S_3,... nokatlary ikinji ýagtylyk çeşmeleridir; b) tolkun frontunda ýerleşýän S_1, S_2, S_3,... ikinji çeşmeler özara kogerentdirler; ç) giňişligiň islendik nokadyndaky tolkunyň amplitudasy şol nokatdaky interferensiýanyň netijesidir.

Freneliň k-njy zolagynyň daşky araçäginiň radiusy:

$$r_k=\left[k\lambda ab/(a+b)\right]^{1/2}, \quad k=1,2,3,... \qquad (4)$$

Bu ýerde a – nokatlanç çeşmeden diafragma çenli uzaklyk; b – diafragmadan ekrana çenli uzaklyk.

4. Giňligi b bolan yşa normal düşýän şöhleler üçin minimumlaryň şerti:

$$b\sin\varphi=\pm k\lambda, \quad k=1,2,3,... \qquad (5)$$

5. Periody $d=a+b$ bolan difraksiýa gözenege normal düşýän şöhleler üçin baş maksimumlaryň şerti:

$$d\sin\varphi=\pm k\lambda, \quad k=1,2,3,... \qquad (6)$$

Şöhleler difraksiýa gözenege α burç bilen düşseler, (6) deňleme aşakdaky şert bilen çalşyrylýar:

$$d(\sin\varphi-\sin\alpha)=k\lambda. \qquad (7)$$

6. Kristallardan serpigýän rentgen şöhleleri üçin Bregg-Wulfyň kanuny:

$$2d\sin\varphi=\pm k\lambda, \quad k=1,2,3,... \qquad (8)$$

Bu ýerde d – kristallik gözenegiň hemişeligi; φ – serpigen şöhle bilen kristalyň granynyň arasyndaky burç (şu burça typma burçy hem diýilýär).

7. **Ýagtylygyň polýarlanmasynyň nazarýetiniň esasy düzgünleri.** Elektromagnit tolkunlarynyň keseligi bilen baglanyşykly tolkun optikasynda garalýan hadysalar toplumyna ýagtylygyň polýarlanmasy diýilýär. Eger-de ýagtylyk tolkunynyň $\vec{E}$ we $\vec{B}$ wektorlarynyň yrgyldylary giňişlikde belli bir ýagdaýda berkidilen tekizlikde bolup geçýän bolsa, munuň ýaly ýagtylyga tekiz polýarlanan ýagtylyk diýilýär. Kä halatlarda muňa çyzykly polýarlanma hem diýilýär.

Eger-de ýagtylyk tolkunlarynyň $\vec{E}$ we $\vec{B}$ wektorlarynyň yrgyldylary islendik tekizlikde bolup geçýän bolsa, oňa tebigy polýarlanan (ýa-da polýarlanmadyk) ýagtylyk diýilýär.

Döwülme görkezijisi ýagtylygyň çyzykly polýarlanmasynyň ol ýa-da beýleki ugry bilen kesgitlenýän sredalar (materiallar) hem duş gelýärler. Bular ýaly sredalara iki hilli şöhle döwülmesi bolan sredalar diýilýär. Olar juda uzyn sferiki däl molekulalardan ýa-da inçejik iňňe şekilli kristallardan ybaratdyr. Bu hilli materiallaryň molekulalarynyň ýa-da kristallarynyň uzynlygynyň ugry boýunça fiziki häsiýetleri molekulalara ýa-da kristallara perpendikulýar ugurlardaky häsiýetlerinden düýpli tapawutlanýarlar.

Materialyň iki hilli şöhle döwülme häsiýetiniň bolmagy üçin onuň uzyn molekulalardan ybarat bolmagy ýeterlik däldir. Molekulalaryň giňişlikde ýerleşişi olara degişli elektrik dipollaryň tötänleýin taraplara ugrukdyrylman, olaryň belli bir taraplara ugrukdyrylmaklaryna getirýär.

Tebigy ýagtylygy polýarlanan ýagtylyga öwürmek üçin polýarlaýjylar ulanylýar. Polýarlaýjylar hökmünde turmalin diýen mineralyň kristallary ulanylýar. Turmalin kristalyndan, ýagny polýarlaýjydan, geçen şöhläniň polýarlanandygyna göz ýetirmek üçin analizator ulanylýar. Analizator hökmünde hem turmaliniň kristaly ulanylýar.

Polýarlanan ýagtylyk şöhlelerini almak üçin, turmalinden başga-da polýaroid diýilýän material hem giňden ulanylýar. Ol *gerapatit* atly duzuň kiçijik kristallarynyň ýuka gatlagyndan ybaratdyr. Kristallaryň oklary özara parallel ugrukdyrylýarlar.

Iki hilli şöhle döwülme hadysasy suwuklyklarda hem ýüze çykýar. Uzyn molekulalardan ybarat suwuklyk elektrik meýdanynda ýerleşdirilse, molekulalara degişli dipollaryň meýdan boýunça ugrukdyrylmasy bolup geçýär. Şunlukda suwuklyk iki hilli şöhle döwülme häsiýetine eýe bolýar.

Polýarlanma tekizlikleri α burç emele getirýän polýarlaýjy bilen analizatordan geçen ýagtylygyň intensiwligi:

$$I = I_0 \cos^2 \alpha. \qquad (9)$$

(9) deňlemä Malýusyň kanuny hem diýilýär (I_0 – analizatora düşýän ýagtylygyň intensiwligi).

Döwülme görkezijisi n_2 bolan dielektrikden döwülme görkezijisi n_1 bolan sreda serpigende, ýagtylygyň doly polýarlanmagy üçin ýagtylygyň düşme burçy aşakdaky şertden tapylýar:

$$tg\theta_B = \frac{n_2}{n_1}. \qquad (10)$$

(10) formula Brýusteriň kanuny diýilýär; θ_B – burça bolsa Brýusteriň burçy diýilýär.

Ýagtylyk maddanyň içinden geçende, polýarlanma tekizliginiň öwrülme (aýlanma) burçy:

$$\varphi = \alpha d. \qquad (11)$$

Bu ýerde α – öwrülme (aýlanma) hemişeligi; d – ýagtylyk şöhlesiniň maddanyň içindäki uzynlygy (maddanyň içi bilen geçen ýoly).

8. Hereket edýän ýagtylyk çeşmeleri üçin Doppleriň formulasy:

$$\omega = \omega_0 \frac{\sqrt{1-\beta^2}}{1-\beta\cos\theta}, \qquad \beta = \frac{v}{c}. \qquad (12)$$

Bu ýerde θ – çeşmäniň tizligini gözegçi bilen birleşdirýän göni çyzygyň arasyndaky burç.

9. Ýagtylygyň faza tizligi $\upsilon = \frac{\omega}{k} = \nu\lambda$; onuň toparlaýyn tizligi $u = \frac{d\omega}{dk}$. Bu iki tizligiň arasyndaky baglanyşyk (Releýiň formulasy):

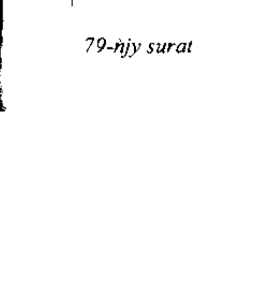
$$u = \upsilon - \lambda\frac{d\upsilon}{d\lambda}. \qquad (13)$$

Meseleler

278. Bir ugurda bolup geçýän üç sany yrgyldy berlen:

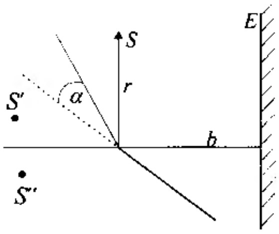
$$u_1 = a\cos\omega t, \quad u_2 = 2a\sin\omega t, \quad u_3 = 1{,}5a\cos\left(\omega t + \frac{\pi}{3}\right).$$

Yrgyldylary kompleks sanlar görnüşde bermek usulyny ulanyp, jemleyji yrgyldynyň amplitudasyny tapmaly.



79-njy surat

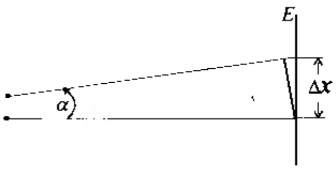
279. Kogerent şöhleleri berýän iki sany çeşmeden ybarat ulgam berlen (79-njy surat). Şöhleleriň tolkun uzynlygy λ. Ikinji çeşmäniň yrgyldylary birinjiniň yrgyldylaryndan fazasy boýunça φ burça yza galýar ($\varphi < \pi$). Tapmaly: a) θ burçuň haýsy bahalarynda şöhlelenmäniň iň uly boljagyny; b) $\theta = \pi$



80-nji surat

bolanda, şöhlelenmäniň iň uly bolmagynyň, $\theta=0$ bolanda bolsa şöhlelenmäniň iň kiçi bolmagynyň şertlerini.

280. Freneliň goşa aýnalaryny ulanyp, interferensiýa boýunça tejribeler geçirmegiň shemasy 80-nji suratda görkezilýär. Iki sany sepleşdirilip goýlan tekiz aýnalaryň arasyndaky burç $\alpha=12'$. Ýagtylyk S yşdan çykyp, aýnalaryň sepgidine düşýär we serpigip, E ekrana düşýär. Berlenler: tolkun uzynlygy $\lambda=0{,}55$ *mkm*, $r=10$ *sm*, $b=130$ *sm*. Tapmaly: a) ekranda alynýan interferensiýa zolagynyň Δx giňligini we mümkin bolan iň uly bahalaryň (maksimumlaryň) sanyny; b) S yş r radiusly töwerek boýunça $\delta=1$ *mm* aralyga süýşürilse, interferensiýa şekiliniň süýşjek δx uzaklygyny.



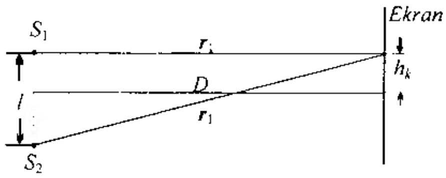
81-nji surat

281. Iki sany kogerent ýagtylyk şöhlesiniň ýaýraýyş ugurlarynyň arasyndaky burç α ($\alpha \ll 1$). Bu şöhleler ekrana perpendikulýar diýen ýaly bolup düşýärler (81-nji surat). Ekrandaky iki sany goňşy interferensiýanyň iň uly bahalarynyň (maksimumlarynyň) arasyndaky Δx uzaklygy tapmaly. Tolkun uzynlygy λ.

282. Taraplarynyň uzynlygy $a=0{,}02$ *m*, $b=0{,}3$ *m* bolan simden ýasalan gönüburçluk şekilli ramka sabynly suwda ýerleşdirilýär. Ramkada sabyn perdejigi (plýonkasy) alynýar. Şu perdejigiň üstüne $\alpha=30°$ burç bilen düsüp, ondan serpigýän şöhlelere gözegçilik edilende, perdejik ýaşyl bolup görünýär ($\lambda_0=500$ *nm*). Duýgurlygy 0,1 *mg* terezide şu perdejigiň massasyny kesgitläp bolarmy? Sabyn perdejiginiň dykyzlygy $\rho=1$ *g/sm*^{3}.

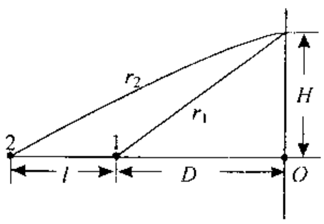
283. S_1 we S_2 kogerent ýagtylyk çeşmeleri 82-nji suratdaky ýaly ýerleşýärler ($l \ll D$). Ekranyň merkezinde ýerleşýän iki sany goňşy

interferensiýanyň iň uly bahalarynyň arasyndaky uzaklygy tapmaly. Tolkun uzynlygy λ.



82-nji surat

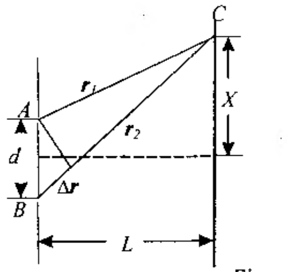
284. 1 we 2 kogerent nokatlanç ýagtylyk çeşmeleri birleşdirýän göni çyzyk A ekranyň tekizligine perpendikulýar (83-nji surat). Ekranda alynýan ýagty interferensiýa zolaklarynyň iň ýakynynyň O nokatdan H uzaklygyny tapmaly. Mesele çözülende, $l=n\lambda$ diýip kabul etmek bolýar.



83-nji surat

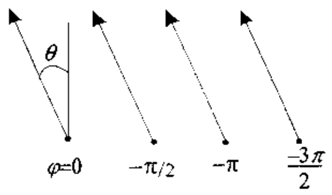
285. Ýunguň interferensiýadan tejribesi. Iki sany yşdan ýagtylyk şöhleleri geçirilýär (84-nji surat). Şöhleler juda insiz A we B yşlardan çykyp, ekranyň C nokadyna düşýärler. Yşlardan çykýan şöhleleriň fazalary deň.

Mesele. Ýunguň tejribesi ilki bilen dury suwuklyk ulanylyp, $\lambda_1=600$ *nm* tolkun bilen geçirilýär. Soňra bolsa, λ_2 tolkun uzynlygy ulanylyp, tejribe gaýtalanýar. Birinji tejribede alynýan 7-nji (k_1) ýagty zolagyň alynýan ýeri ikinji tejribede alynýan 10-njy (k_2) garaňky zolagyň ýeri bilen gabat gelýär. Ikinji tejribede ulanylan λ_l tolkun uzynlygyny tapmaly.



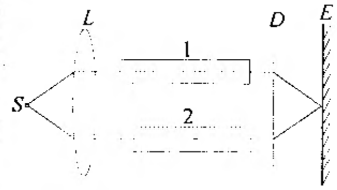
84-nji surat

286. Şöhlelenýän dört sany meňzeş dipol özara parallel ýerleşdirilen (85-nji surat). Dipollaryň arasyndaky uzaklyk $d = 2{,}5$ *sm*, tolkunlaryň ýygylygy $\nu = 3\cdot10^9$ *Gs*. Dipollaryň goýberýän şöhleleriniň biri-birinden faza tapawudy φ. Dipollaryň ulgamyndan örän daşlykda ekwatorial tekizlikde (çyzgynyň tekizligi) tolkunyň kuwwatynyň θ burç boýunça paýlanyşyny tapmaly.



85-nji surat

287. Dury suwuklyklaryň we gazlaryň döwülme görkezijilerini kesgitlemek üçin ulanylýan interferometriň shemasy 86-njy suratda görkezilýär. S – monohromatik ýagtylyk berýän insizje ýş; 1, 2 – her biriniň uzynlygy l=10 *sm* bolan içi howadan doldurylan



86-njy surat

turbajyklar; D – deşikli tuty (diafragma); L – linza; E – ekran. Ölçeg geçirmek üçin 1-nji turbajykdaky howany ammiak bilen çalşyrýarlar. Şondan soň ekrandaky interferensiýa şekili (kartinasy) N = 17 zolak ýokary galypdyr. Howanyň döwülme görkezijisi n = 1,000277 bolsa, ammiagyň n_1 döwülme görkezijisini tapmaly. λ = 589 *nm*.

288. Difraksiýa gözenegiň periody d =0,005 *mm*. λ_1=760 *nm* we λ_2 = 440 *nm* tolkun uzynlyklary üçin iň uly bahalaryň (maksimumlaryň) sanyny tapmaly.

289. Difraksiýa gözeneginiň periody d = 4 *mkm*. Ýagtylyk şöhleleri onuň üstüne perpendikulýar düşýärler. Ikinji we üçünji iň uly bahalaryň arasyndaky burç $\Delta\varphi=2°30'$. Ýagtylygyň tolkun uzynlygyny tapmaly.

290. Bir millimetrinde 500 sany yş (ştrih) bolan difraksiýa gözenegine (onuň periody d =$2\cdot10^{-3}$ *mm*) tolkun uzynlygy λ=590 *nm* bolan monohromatik tolkun θ = 30° burç bilen düşýär. Şu gözenegi ulanyp, gözegçilik edip boljak spektriň iň uly tertibini tapmaly.

291. Radiusy r = 1 *mm* bolan tegelek deşijekli (diafragmaly) tutynyň (ekranyň) öňünde a = 100 *sm* uzaklykda tolkun uzynlygy λ = 0,5 *mkm* bolan nokatlanç ýagtylyk çeşmesi ýerleşdirilýär. Gözegçilik edilýän nokatdan bu diafragma Freneliň zolaklarynyň k=3 sanysyna gabat gelýän bolsa, gözegçilik edilýän nokatdan deşijege çenli bolan b uzaklygy tapmaly.

292. Ýagtylyk difraksiýa gözenegine normal düşende λ_1 = 0,65 *mkm* tolkun üçin ikinji tertipdäki difraksiýa burçy θ_1 = 45°. λ_2 = 0,5 *mkm* tolkun üçin üçünji tertipdäki θ_2 difraksiýa burçuny tapmaly.

293. Periody d=2,2 *mkm* bolan difraksiýa gözenegine monohromatik ýagtylyk şöhleleri normal düşýärler. Birinji we ikinji tertipli maksumumlaryň arasyndaky burç $\Delta\theta$ = 15° bolsa, ýagtylygyň tolkun uzynlygyny tapmaly.

294. Tolkun uzynlygy 530 *nm* bolan monohromatik ýagtylyk periody 1,5 *mkm* bolan dury difraksiýa gözenegine düşýär. Gözenege düşýän normal bilen iň uly tertipli difraksiýanyň iň uly bahalarynyň alynýan ugrunyň arasyndaky burçy tapmaly. Meseläni şöhle gözenege: a) normal; b) normala 60° burç bilen düşýär diýip kabul etmek bilen çözmeli.

295. Tolkun uzynlygy $\lambda = 0{,}5$ *mkm* bolan ýagtylyk giňligi $b = 10$ *mkm* bolan yşa $\alpha = 30°$ burç bilen düşýär. Difraksiýanyň merkezi iň uly bahalarynyň (maksimumyň) iki tarapynda ýerleşen iki iň kiçi bahalarynyň (minimumyň) difraksiýa burçlaryny tapmaly.

296. Nokatlanç ýagtylyk çeşmesi bilen ekranyň arasynda tegelek deşijek ýerleşdirilýär. Deşijegiň *r* radiusyny üýtgedip bolýar. Deşijegiň çeşmeden uzaklygy a = 100 *sm*, ekrandan uzaklygy bolsa b=125 *sm*. Ekranda alynýan difraksiýa şekiliň merkezindäki iň uly ýagtylandyryş r_1 = 1 we r_2=1,29 *mm* bahalarda alynýan bolsa, λ tolkun uzynlygy tapmaly.

297. Tolkun uzynlygy λ = 600 *nm* bolan ýagtylyk tegelek deşijekli tutynyň üstüne düşýär. Deşijekden b = 2 *m* uzaklykda ekran ýerleşýär. Ekrana düşýän ýagtylyk şöhleleriniň okunyň üstünde ýerleşen *B* nokadyň iň uly ýagtylandyrylyşynyň bolmagy uçin deşijegiň radiusy näçe bolmaly?

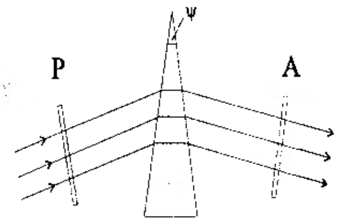
298. Rentgen şöhleleriniň insizje dessesi typma burçy $\alpha = 60°$ bilen nahar duzunyň monokristalynyň tebigy granyna düşýär. Monokristalyň dykyzlygy $\rho = 2{,}16$ *g/sm³*. Şu grandan şöhle serpigende ikinji tertipli maksimum alynýar. Şöhleleriň tolkun uzynlygyny tapmaly.

299. Ýagtylyk aýna bilen suwuň araçäginden serpigende doly polýarlanmagyň θ_B burçuny (Brýusteriň burçy) kesgitlemeli.

300. Şöhläniň aýna prizma giriş burçunyň we ondan çykyş burçunyň doly polýarlanma burçlary bolmagy üçin prizmanyň döwüji ψ burçy näçe bolmaly? Şu döwüji burçda şöhläniň prizmada iň kiçi gyşarma γ burçunyň näçe bolýandygyny tapmaly.

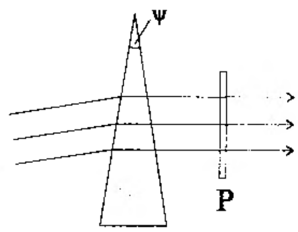
301. Tolkun uzynlygy $\lambda = 509$ *nm* bolan ýagtylygyň polýarlanma tekizligini φ = 180° öwürmegi üpjün edip bilýän kwars plastinasynyň d galyňlygyny tapmaly. Kwars plastina üçin öwürme hemişeligi $\alpha = 29{,}7°$ mm^{-1}.

302. Tolkun uzynlygy $\lambda = 404{,}7$ *nm* bolan monohromatik ýagtylyk *P* polýaroidden geçip, pahna şekilli *K* kwars plastinanyň üstüne düşýär (87-nji surat). Pahnanyň granlarynyň arasyndaky burç $\psi = 7°48'$. Kwarsyň optiki okunyň ugry ştrihler bilen şekillendirilen. Ýagtylyk şöhleleri kwarsyň içinde birnäçe *mm* ýol geçýärler. Berlen ýagtylyk tolkun uzynlygynda kwarsyň öwürme koeffisiýenti $\alpha = 48{,}9°$ mm^{-1}. Ikinji *A* polýaroidde gözegçilik edilende näme görner?



87-nji surat

303. Tolkun uzynlygy λ = 0,59 *mkm* bolan ýagtylyk kwarsdan ýasalan *П* prizmanyň üstüne düşýär (88-nji surat). Prizmanyň döwüji burçy $\psi = 30°$. Prizmada şöhleler onuň ştrihler bilen şekillendirilen optiki okunyň ugruna ýaýraýarlar. *P* polýaroida gözegçilik edilende, giňligi Δh bolan garaňky we ýagty zolaklaryň ulgamy görünýär. Kwarsyň α öwürme hemişeligini tapmaly.



88-nji surat

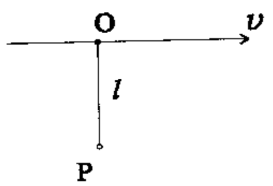
304. Tolkun uzynlygy 546 bilen 589,3 *nm* aralykda ýerleşýän ýagtylyk şöhleleri üçin suwuň döwülme görkezijisi 1,33447 bilen 1,33300 aralygynda üýtgeýär. Tolkun uzynlyklaryň şu çäkleri üçin faza we toparlaýyn tizikleriň orta bahalaryny tapmaly.

305. Kükürt uglerodyň tolkun uzynlyklary 509, 534 we 589 *nm* bolan ýagtylyk şöhleleri üçin döwülme görkezijisi 1,647, 1,640 we 1,630. $\lambda = 534$ *nm* tolkun uzynlygyň ýakynynda faza we toparlaýyn tizlikleri tapmaly.

306. Käbir sredada toparlaýyn we faza tizlikleriň arasyndaky baglanyşyk $uv = c^2$ deňleme arkaly aňladylýar (c – ýagtylygyň wakuumdaky tizligi). Şu sredanyň dielektrik syzyjylygynyň tolkunyň ýygylygy bilen arabaglanyşygyny tapmaly.

307. Wodorod atomynyň goýberýän spektriniň biriniň tolkun uzynlygy $\lambda = 656{,}3$ *nm*. Kinetik energiýasy $W = 1$ *MeW* bolan wodorod atomlarynyň inçe dessesine 90° burç bilen gözegçilik edilýär (Doppleriň keseleýin effekti). Doppler effekti sebäpli gözegçiniň ölçejek $\Delta\lambda$ ululygyny tapmaly.

308. Swetoforyň gyzyl reňkli çyrasynyň ($\lambda_1 \approx 0{,}7$ *mkm*) ýaşyl reňkli ($\lambda_2 \approx 0{,}55$ *mkm*) bolup görünmegi üçin awtomobil näçe tizlik bilen hereket etmeli bolar?



89-njy surat

309. Ýygylygy $\omega_0 = 3 \cdot 10^{10}\, c^{-1}$ bolan elektromagnit tolkunlary goýberýän çeşme $\upsilon = 0{,}8\, s$ tizlik bilen P nokatdaky gözegçiden l uzaklykda ýerleşen göni çyzyk boýunça hereket edýär (89-njy surat). Tapmaly: a) çeşme O nokada ýeten pursatynda gözegçiniň kabul eden tolkunynyň ýygylygyny; b) gözegçiniň çeşmäni O nokatda gören pursatyndaky ölçenen tolkunyň ýygylygyny.

IX BÖLÜM

Tolkunlaryň kwant fizikasynyň esasy düzgünleri we düşünjeleri

1. Fotonyň energiýasy $h\nu$, onuň impulsy $h\nu / c$ we massasy $h\nu / c^2$, $h = 6{,}62 \cdot 10^{-34}$ $J \cdot s$ – Plankyň hemişeligi; Bu hemişeligiň $\hbar = \dfrac{h}{2\pi}$ bahasy hem häli-şindi ulanylýar.

2. Jisimiň üstüniň meýdan birliginden ν we $(\nu + \Delta\nu)$ ýygylyk çäklerinde şöhlelenýän (goýberilýän) energiýa Plankyň formulasy boýunça hasaplanýar:

$$u(\nu) = \frac{\Delta I(\nu)}{\Delta\nu} = \frac{2\pi h\nu^3}{c^2\left[exp\left(\frac{h\nu}{kT}\right) - 1\right]}. \tag{1}$$

Bu ýerde $I(\nu)$ üstüň 1 m^2 meýdanyndan 1 sekuntda şöhlelenýän energiýa (Wt/m^2); $u(\nu)$ – şöhlelenýän energiýanyň ýygylyk boýunça paýlanyş funksiýasy diýilýär.

3. T temperaturaly jisimiň üstüniň bir birlik meýdanyndan bir sekuntda goýberýän energiýasy Stefan-Bolsmanyň kanuny boýunça hasaplanýar:

$$I = \sigma T^4. \tag{2}$$

4. Şöhle goýberýän jisimiň T temperaturasy bilen $u(\nu)$ funksiýanyň iň uly bahasyna degişli λ_0 tolkun uzynlygyň arasyndaky baglanyşyk:

$$\lambda_0 T = b = 2{,}9 \cdot 10^{-3}\ m \cdot K. \tag{3}$$

Ylmy-tehniki edebiýatda (3) formula Winiň süýşme kanuny diýip atlandyrylýar.

5. Fotoeffekt üçin Eýnşteýniň formulasy:

$$hv = A + \frac{1}{2}mv^2 . \quad (4)$$

Bu ýerde A elektronyň üstden çykyş işi.

6. Ýagtylygyň basyşy

$$p = \frac{I}{c}(1 + r) . \quad (5)$$

Bu ýerde I – üstüň birlik meýdanyna wagt birliginde düşýän ýagtylyk energiýasy;

r – üstden serpikme koeffisiýenti.

7. Komptonyň effekti

$$\Delta\lambda = \frac{2h}{mc} sin^2 \frac{\theta}{2} . \quad (6)$$

Bu effekt gowşak baglanyşykly elektron bilen fotonyň özara täsiri sebäpli ýüze çykýar. Elektrondan serpigen fotonyň energiýasy azalýar. Serpigen fotonyň ugry onuň başdaky ugry bilen θ burçy emele getirýär. $\lambda_K = \frac{2h}{mc}$ – ululyga Komptonyň tolkun uzynlygy diýilýär.

8. Relýatiwistik dinamikanyň esasy düzgünleri. Relýatiwistik massa we impuls

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\beta^2}} ; \quad \bar{p} = m\bar{v} = \frac{m_0\bar{v}}{\sqrt{1-\beta^2}} ; \quad \beta = \frac{v}{c} . \quad (7)$$

Relýatiwistik bölejigiň doly we kinetik energiýalary:

$$mc^2 = m_0c^2 + W_k , \qquad W_k = c^2(m - m_0) . \quad (8)$$

Bu ýerde mc^2 – doly energiýa; $m_0 c^2$ – dynçlyk energiýasy.

Relýatiwistik bölejigiň energiýasy bilen impulsynyň arasyndaky baglanyşyk:

$$m^2c^4 - p^2c^2 = m_0^2c^4 \quad \text{ýa-da}$$

$$p^2c^2 = W_k(W_k + 2m_0c^2) . \quad (9)$$

Bu formulalar (7) formulalardan alynýar. Relýatiwistik massanyň (7) formulasynyň getirip çykarylyşyna 337-nji meselede garalýar.

Meseleler

310. Ýer şary üçin Gün hemişeligi belli bolsa (Ýeriň üstüniň 1 m^2 meýdanyna 1 sekuntda düşýän Gün energiýasy), Günüň massasynyň azalmagynyň tizligini tapmaly. Gün hemişeliginiň san bahasy E=1350 Wt/m^2.

311. Iki sany absolýut gara, gyzgynlygy sebäpli şöhlelenýän çeşme bar. Olaryň biriniň temperaturasy T_1=2500 K. Beýleki çeşmäniň goýberýän energiýasynyň iň uly bahasyna degişli tolkun uzynlygy bilen birinjiniň goýberýän energiýasynyň iň uly bahasyna degişli tolkun uzynlygyň tapawudy $\Delta\lambda = 0{,}5$ mkm bolsa, ikinji çeşmäniň T_2 temperaturasyny tapmaly.

312. Gün özüniň goýberýän şöhleleriniň spektral düzümi boýunça absolýut gara jisimiň şöhlelenmegine ýakynlaşýar. Şöhlelenmek ukybynyň iň uly bahasy $\lambda = 0{,}48$ mkm tolkun uzynlygyna degişli. Şöhlelenme sebäpli 1 s wagtda Günüň massasy näçe azalar? Näçe wagtdan soň onuň massasy 1% azalar?

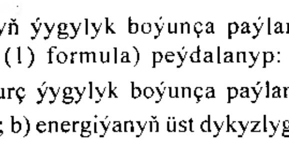
313. Howasy seýrekleşdirilen gabyň içinde diametri d=1,2 sm mis şarjagaz ýerleşdirilipdir. Gabyň diwarlaryny absolýut nola ýakyn temperaturada saklaýarlar. Şarjagazyň başlangyç temperaturasy T_0 = 300 K. Şarjagazyň üstüni absolýut gara diýip kabul etmek bilen onuň temperaturasynyň $\eta = 2$ gezek azaljak wagtyny tapmaly.

314. Plankyň ýygylyk boýunça paýlanyş funksiýasyndan (bölüme girişdäki (1) formula) peýdalanyp: a) energiýanyň üst dykyzlygynyň ω burç ýygylyk boýunça paýlanyşyny, ýagny $u(\omega)$ funksiýany tapmaly; b) energiýanyň üst dykyzlygynyň tolkun uzynlyk (λ) boýunça paýlanyşyny, ýagny $u(\lambda)$ funksiýany tapmaly.

315. Bölümiň girişinde getirilen Plankyň formulasyny ulanyp. Stefan-Bolsmanyň formulasyny getirip çykarmaly.

316. Ýer ýüzündäki ähli senagat energiýa çeşmeleriniň kuwwaty $P\approx10^{13}$ Wt. Günden Ýeriň üstüne gelýän kuwwat $P\approx10^{17}$ Wt. Senagat energiýa çeşmeleriniň işleýänligi sebäpli, Ýeriň temperaturasynyň ΔT ýokarlanmasyny tapmaly. Ekologiki nukdaý nazardan Ýeriň temperaturasynyň ýokarlanmasy $\Delta T_{iň\ uly} = 0{,}1$ -den geçse, howply diýip hasap edilýär. Energiýanyň senagat çeşmeleriniň aňry çäk $P_{iň\ uly}$ kuwwatyny tapmaly.

317. Böwri kiçijik deşikli, diametri d=1 sm bolan iki sany köweklik bar (90-njy surat). Olaryň arasyndaky uzaklyk l=10 sm. Köwekleriň daşky üstleri absolýut serpikdiriji. Birinji köwegiň içinde T_1=1700 K temperatura saklanýar. Ikinji köwegiň içindäki temperaturany tapmaly.



90-njy surat

318. Nokatlanç izotrop çeşmäniň goýberýän ýagtylygynyň tolkun uzynlygy $\lambda = 589$ nm, ýagtylyk kuwwaty P=10 Wt. Tapmaly: a) çeşmeden r=2 m uzaklykdaky fotonlaryň akymynyň dykyzlygyny: (Bu ululyk 1 m^2 meýdandan 1 sekuntda geçýän fotonlaryň sanydyr); b) fotonlaryň birlik göwrüme düşýän orta sany n = 100 sm^{-3} bolan nokadyň çeşmeden uzaklygyny.

319. Lazer dowamlylygy $t_0 = 0{,}13$ ms, energiýasy bolsa W=10 J bolan ýagtylyk impulsyny goýberdi. Lazeriň goýberen şöhlesini diametri d=10 mkm bolan desse görnüşde ýygnaýarlar we şöhleleriň ýaýraýan ugruna perpendikulýar üste gönükdirýärler. Üstüň serpikme koeffisiýenti r=0,5 bolsa, ýagtylyk basyşy tapmaly.

320. a) günden Ýeriň orbitasynyň radiusyna deň bolan aralykda ýerleşdirilen absolýut gara jisime Gün şöhleleriniň edýän basyşyny kesgitlemeli. Şöhleleriň düşme burçy nola deň. Gün hemişeligini 1350 Wt/m^2 diýip kabul etmeli; b) jisimiň üstünden hemme şöhleler serpigýär diýip, ýagtylygyň basyşyny tapmaly; ç) jisim hemme şöhleleriň 4% serpikdirýän we olaryň energiýasynyň 6% ýuwudýan aýna plastina bolsa, ýagtylyk basyşyny tapmaly.

321. Ýer özüniň orbitasynyň afeliýsinden (orbitanyň Günden iň daş nokady) geçende orbitanyň perigeliýsinden (Güne iň ýakyn nokat) geçendäkisinden Günden 3,3% daşda bolýar. Ýeriň orta temperaturasy 288 K bolsa, onuň afeliýdäki we perigeliýdäki temperaturalarynyň ΔT tapawudyny tapmaly.

322. Tutuşlygyna ionlaşan dykyzlygy $\rho = 0{,}1$ g/sm^3 bolan wodorod plazmasynyň şöhlelenme (radiasiýa) basyşy bilen gaz-kinetik basyşlary deň diýip kabul etmek bilen plazmanyň temperaturasyny tapmaly. Radiasiýa basyş energiýanyň göwrüm dykyzlygynyň üçden birine deň. Termodinamiki we radiasiýa temperaturalar biri-birine deň diýip kabul etmeli.

323. Häzirki zaman nazarýetine görä, fotonlaryň energiýasy, massasy, impulsy bar. Oňa haýsydyr bir korpuskula (bölejik) diýip düşünilýär. Şeýle bolansoň V göwrümde foton gazy, şöhlelenme bar diýeliň. Foton gazynyň basyşyny tapmaly.

324. Haýsy temperaturada ýylylyk şöhlelenmäniň basyşy (foton gazynyň basyşy) p=1 atm bolar?

325. Göwrümi V=1 l bolan köweklik T=1000 K temperaturadaky ýylylyk şöhleleri bilen doldurylan. Köwekligiň (gabyň) içindäki foton gazynyň hemişelik göwrümdäki C_V ýylylyk sygymyny tapmaly. Ony deň şertler üçin tapylan bir atomly ideal gazyň C_V ýylylyk sygymy bilen deňeşdirmeli.

Görkezme: Şu mesele çözülende 323-nji meseläniň çözgüdini ulanmaly.

326. Gaz halyndaky neon hemişelik göwrümde ýylylyk şöhlelenme bilen deňagramlylyk ýagdaýda. Neon gazynyň haýsy p basyşynda onuň ýylylyk sygymy bilen göwrümdäki foton gazynyň ýylylyk sygymy deňleşerler? Göwrümdäki temperatura 500 K.

327. Käbir metalyň üsti tolkun uzynlyklary $\lambda_1 = 0{,}35$ mkm we $\lambda_2 = 0{,}54$ mkm bolan ýagtylyk şöhleleri bilen gezekleşdirilip ýagtylandyrylýar. Şunlukda metaldan çykýan elektronlaryň başlangyç tizlikleri biri-birinden n=2 esse tapawutlanýarlar. Şu metalyň üstünden elektronlaryň çykyş işini tapmaly.

328. Beýleki jisimlerden üzňeleşdirilen mis şarjagaz tolkun uzynlygy $\lambda = 140$ nm bolan ýagtylyk bilen şöhlelendirilýär. Şarjagaz zarýadlananda, alyp biljek iň uly potensialyny tapmaly.

329. Sink üçin fotoeffektiň gyzyl çägini we onuň üstüne tolkun uzynlygy $\lambda = 250$ nm bolan elektromagnit şöhleleri gönükdirilende ondan çykaryljak elektronlaryň iň uly tizligini tapmaly.

330. Elektrik düzüjisiniň güýjenmesi $E = a(1 + cos\,\omega t)cos\,\omega_0 t$ deňleme arkaly berilýän elektromagnit tolkunlary litiý metalynyň üstüne gönükdirilýär ($a = hemişelik$, $\omega = 6 \cdot 10^{14} s^{-1}$, $\omega_0 = 3{,}6 \cdot 10^{15} s^{-1}$). Litiniň üstünden çykarylýan elektronlaryň iň uly $W_{iň\ uly}$ kinetik energiýasyny tapmaly.

331. Fotoelementiň katodyna tolkun uzynlygy $\lambda = 0{,}3$ mkm bolan elektromagnit şöhle berilýär. Fotoelement doýgun elektrik akymy režiminde işleýär. Şu tolkun uzynlygy üçin fotoelementiň duýgurlygy J = 4,8 mA/Wt. Fotoelementde sarp edilen kwantlaryň her biri näçe sany elektrony çykaryp bilýändigini tapmaly.

332. Jübi fonarjygynyň sarp edýän kuwwaty 1 Wt çemesi bolýar. Şu kuwwat ýagtylyk şöhleleri görnüşde hemme taraplara birmeňzeş ýaýraýar. Ýagtylyk tolkunlarynyň uzynlygyny orta hasapdan $\lambda = 1$ mkm diýip kabul etmek bolar. Fonardan 10 km uzaklykda şöhlelere perpendikulýar edip goýlan üstüň 1 sm^2 meýdanyna 1 sekuntda näçe fotonyň düşjegini hasaplamaly.

333. Plankyň hemişeligini kesgitlemek üçin käbir metalyň üsti ýygylygy $\nu_1 = 2{,}2 \cdot 10^{15}$ s^{-1} bolan monohromatik ýagtylyk bilen şöhlelendirilýär. Şu ýygylykda fotoeffektiň bes bolmagy üçin $\varphi_1 = 6{,}6$ W saklaýjy (ýapyjy) potensial goýmaly. Şol metalyň üstüne ýygylygy $\nu_2 = 4{,}6 \cdot 10^{15}$ s^{-1} bolan monohromatik ýagtylyk berlende, fototoguň bes bolmagy üçin $\varphi_2 = 16{,}5$ W saklaýjy potensial bermeli. Tejribede ölçenen şu ululyklardan Plankyň hemişeligini tapmaly.

334. a) tolkun uzynlygy $2{,}4 \cdot 10^{-2}$ nm γ – şöhleleriň we b) tolkun uzynlygy 0,12 mkm ultramelewşe şöhleleriň kümüşden çykarýan elektronlarynyň başlangyç tizliklerini tapmaly.

335. Ýer şarynyň goýberýän ýylylyk şöhleleriniň iň uly energiýasy $\lambda = 10$ mkm tolkun uzynlygyna düşýär. Ýeriň üstüniň orta temperaturasyny tapmaly.

336. Tolkun uzynlygy $\lambda = 500$ nm monohromatik ýagtylyk juda ýylmanak üste (mysal üçin, aýnanyň üsti) normal düşýär. Ýagtylygyň üste edýän basyş güýji $F = 10^{-8}$ N. Bir sekuntda üste düşýän fotonlaryň n sanyny tapmaly.

337. Jisimiň doly energiýasy mc^2 formula bilen kesgitlenýär diýip kabul etmek bilen relýatiwistik bölejigiň massasy bilen onuň tizligini baglanyşdyrýan deňlemäni almaly (Gürrüň şu bölümiň girişindäki (7) deňleme barada barýar).

338. Rentgen şöhleleriniň tolkun uzynlygy $\lambda = 21{,}4$ pm fotonlary Kompton effektiniň netijesinde başdaky ugruna $\theta = 90°$ burç bilen serpigýär. Foton öz energiýasynyň näçe bölegini elektrona berdi?

339. Tolkun uzynlygy $\lambda = 6$ pm bolan foton dynçlykda duran erkin elektrona degip, başlangyç ugruna 90° burç bilen serpigýär. Tapmaly: a) serpigen fotonyň ω' ýygylygyny; b) herekete başlan elektronyň (muňa depme elektron hem diýilýär) W_k kinetik energiýasyny.

340. Energiýasy E = 1 MeW bolan foton dynçlykda duran erkin elektrondan serpigýär. Serpigen fotonyň tolkun uzynlygy

başdakydan $\eta = 25\%$ üýtgäpdir. Elektronyň alan W_k kinetik energiýasyny tapmaly.

341. Foton dynçlykdaky elektronyň üstüne düşýär we 120° burç bilen serpigýär. Şunuň netijesinde elektron W_k=0,45 MeW kinetik energiýa eýe bolýar. Serpikmezden öň fotonyň energiýasy näçedi?

342. Energiýasy $W = 2m_0c^2$ deň bolan foton (bu formulada m_0 – elektronyň dynçlyk massasy) dynçlykdaky elektrondan serpigip, öz energiýasynyň ýarysyny ýitirýär. Serpigen foton bilen herekete başlan elektronyň ugurlarynyň arasyndaky α burçy tapmaly.

343. Tolkun uzynlygy $\lambda = 0{,}1$ nm bolan foton dynçlykdaky elektrona täsir edýär. Täsiriň netijesinde foton göni yzyna serpigýär. Elektronyň alan kinetik energiýasyny tapmaly.

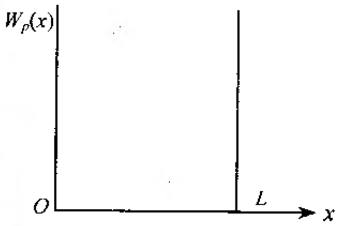
344. Foton relýatiwistik elektrondan $\theta = 60°$ burç bilen serpigýär, elektronyň hereketi bolsa togtaýar. Serpigen fotonyň tolkun uzynlygynyň üýtgemesini tapmaly.

X BÖLÜM

Atom we ýadro fizikasynyň esasy düzgünleri we düşünjeleri

1. $\vec{p}$ impulsly bölejik De Broýlyň tolkunlaryny döredýär. Tolkun uzynlygy

$$\lambda = \frac{h}{p}. \tag{1}$$



91-nji surat

De Broýlyň tolkun uzynlygy islendik baha eýe bolup bilenok, ol kwantlaşmaly. Haýsydyr bir bölejik (elektron, proton, neýtron we ş.m.) diňe x koordinat boýunça hereket edýär diýeliň. Mundan başga-da, onuň hereketi uzynlygy L bolan kesim bilen çäklenýän bolsun. Şular ýaly ýagdaýda bölejik giňligi L bolan potensial çukuryň düýbünde hereket edýär diýilýär (91-nji surat). $x = 0$ we $x = L$ dik çyzyklara potesial çukuryň diwarlary diýilýär. Potensial energiýanyň W_p=0 bahasyna degişli gorizontal çyzyga çukuryň düýbi diýilýär. De Broýlyň tolkunlary diwarlardan serpigýärler we düşýän tolkun bilen goşulyşyp durujy tolkunlary emele getirýärler. Durujy tolkunlaryň döremegi üçin L uzynlykda n sany ýarym tolkun uzynlygy ýerleşmeli, ýagny aşakdaky şert ýerine ýetmeli

$$n \cdot \frac{\lambda_n}{2} = L, \qquad \lambda_n = \frac{2L}{n}, \qquad n=1,2,3,\ldots \tag{2}$$

(2) deňlemeden bölejigiň tizliginiň, impulsynyň we energiýasynyň kwantlaşmalydygy hakyndaky şert gelip çykýar. Şeýlelik bilen

$$\upsilon_n = \frac{h}{m\lambda_n} = \frac{nh}{2mL}; \quad p_n = m\upsilon_n = \frac{nh}{2L}; \quad W_n = \frac{n^2h^2}{8mL^2}. \tag{3}$$

2. Bölejigiň hereketiniň tolkun häsiýetleri onuň koordinatlaryny, impulsyny we energiýasyny tapmakda kesgitsizligiň ýüze çykmagyna sebäp bolýar. Bu näsazlyk kesgitsizlik düzgüni diýilýän düzgün arkaly kadalaşdyrylýar. Geýzenbergiň kesgitsizlik düzgüniniň formula görnüşde ýazylyşy:

$$\Delta p_x \cdot \Delta x \geq \hbar = \frac{h}{2\pi}; \quad \Delta p_y \cdot \Delta y \geq \hbar; \quad \Delta p_z \cdot \Delta z \geq \hbar. \tag{4}$$

Bu formulalara kesgitsizlik gatnaşyklary diýilýär. Formulalaryň manysy – bölejigiň koordinatyny we impulslaryny şol bir wagtda ýokary takyklyk bilen kesgitlemek bolmaýandygyny aňlatmakdan ybaratdyr. Mundan hem başga Δp we Δx ululyklaryň ikisi-de bir wagtda nola deň bolmaýar. Aýdylanlara düşünmäge kömek edýän mysala ýüzleneliň. Wodorod atomyndaky elektronyň orbitasynyň radiusy takmynan $r = 5 \cdot 10^{-11}$ *m*, şol orbitadaky elektronyň tizligi $\upsilon \approx 10^6$ *m/s*. Indi orbitanyň radiusy kesgitlenendäki kesgitsizlik $\Delta r = 0{,}01r = 5 \cdot 10^{-13}$ *m* diýsek, tizlik tapylandaky kesgitsizlik

$$v = \frac{h}{2\pi \cdot m\Delta r} \approx 2{,}2 \cdot 10^8 \ \frac{m}{s}.$$

Hasaplamalaryň netijesinden görnüşi ýaly, tizlik tapylandaky kesgitsizlik tizligiň öz bahasyndan 220 esse uly bolýar.

3. Wodorod atomynyň goýberýän şöhleleriniň ýygylygy üçin Balmeriň formulasy:

$$\omega = R\left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2}\right), \quad n = 1,2,3,\ldots, \quad m = n+1,\ n+2,\ n+3, \ldots. \tag{5}$$

a) $n=1$ bolanda, ultramelewşe şöhleler goýberilýär. Alynýan ýygylyklara Laýmanyň seriýasy diýilýär;

b) $n=2$ bolanda, göze görünýän ýagtylyk şöhleleri goýberilýär. Muňa Balmeriň seriýasy diýilýär;

ç) $n=3$, $n=4$ bolanda, goýberilýän şöhlelere Paşeniň we Brekketiň seriýalary diýilýär;

$$R = \left(\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\right)^2 \frac{me^4}{2\hbar^3} = 2{,}07 \cdot 10^{16} \ s^{-1}$$ – Ridbergiň hemişeligi.

4. Balmeriň formulasyny wodoroda meňzeş beýleki atomlar üçin hem ulansa bolýar (Orbitalaryndaky elektronlaryň diňe birinden başgalary sogrulyp alnan atoma wodoroda meňzeş diýilýär. Mysal üçin, He^{+}, Li^{++}, Be^{+++}, B^{++++} we ş.m. ionlar wodoroda meňzeşdirler). Balmeriň umumylaşdyrylan formulasy:

$$\omega = RZ^2\left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2}\right). \tag{6}$$

Bu ýerde Z – wodoroda meňzeş ionyň tertip belgisi.

5. Elektronyň atomdaky ýagdaýyny kesgitlemek üçin ulanylýan kwant sanlar:

a) orbitadaky elektronyň energiýasyny kesgitleýän baş kwant sany n ($n=1,2,3,\ldots$);

b) orbitadaky elektronyň impulsynyň momentini kesgitleýän orbital kwant sany l ($l=0,1,2,3,\ldots,n-1$);

ç) magnit kwant sany m ($m=0, \pm1, \pm2,\ldots$);

d) magnit spin kwant sany m_s ($m_s = \pm\frac{1}{2}$).

Kwant sanlaryň dördüsiniň toplumy elektronyň atomdaky ýagdaýyny kesgitleýär. Şol bir energetik derejede berlen kwant sanlaryň toplumy bilen häsiýetlendirilýän elektronlaryň sany nola ýa-da bire deň bolmaly. Bu düzgüne Pauliniň düzgüni diýilýär. Spini $\frac{1}{2}\hbar$ bolan bölejikler (elektronlar, protonlar, neýtronlar) şu düzgüne boýun egýärler. Pauliniň düzgüniniň giňişleýinräk okalyşy: Berlen kwant sanlaryň toplumy bilen häsiýetlendirilýän ýagdaýda spini $\frac{1}{2}\hbar$ bolan bölejikleriň birden artygy bolup bilmez.

6. Ýadronyň massa sany $A = Z + N$, Z – protonlaryň sany, N – neýtronlaryň sany. Protonlara we neýtronlara nuklonlar diýilýär. Şonuň üçin ýadronyň massa sany A ondaky nuklonlaryň sanyna deň.

7. Sfera görnüşli diýip kabul edilýän ýadronyň radiusy:

$$R = R_0 A^{1/3}, \qquad R_0 = (1{,}3 \div 1{,}7) \cdot 10^{-15}\, m. \tag{7}$$

8. Ýadro maddasynyň dykyzlygy:

$$\rho = \frac{m_n A}{\left(\frac{4}{3}\pi R^3\right)}. \tag{8}$$

Bu ýerde m_n – bir nuklonyň massasy.

9. Ýadrony ony düzýän nuklonlara dargatmak ücin edilmeli işe baglanyşyk energiýasy diýilýär. Baglanyşyk energiýa:

$$\Delta W = \Delta m \cdot c^2. \tag{9}$$

Bu ýerde Δm – massa näsazlygy (defekti). Ony hasaplamak üçin aşakdaky formula ulanylýar:

$$\Delta m = Zm_p + (A - Z)m_n - M_{\acute{y}}. \tag{10}$$

10. Ýadronyň içinde täsir edýän güýçleriň esasy häsiýetleri:

a) ýadro güýçleri klassyk fizikada garalýan güýçleriň hiç birine-de meňzeş däldirler;

b) ýadro güýçleri gysga uzaklykda täsir edýän güýçlerdir (olaryň täsiri $r = 10^{-15}$ m uzaklykdan aňry geçmeýär diýen ýalydyr);

ç) protonlaryň özara täsir güýji, neýtronlaryň özara täsir güýji we proton-neýtron täsir güýji biri-birine deň. Ýadro güýçleri zarýada bagly däl.

d) her bir nuklon diňe özüniň iň ýakyn goňşy nuklonlary bilen täsir edişýärler. Ýadro güýçleriniň bu häsiýeti baglanyşyk energiýasynyň kesgitlemesinden gelip çykýar. Eger-de her bir nuklon ýadronyň düzümine girýän nuklonlaryň hemmesi bilen täsir edişýär diýilse, baglanyşyk energiýasy $\Delta W \sim A(A\text{-}1)$ görnüşde bolardy. Ýadro güýçleriniň bu häsiýetine olaryň doýgunlyk ýagdaýyna geçmegi diýilýär.

e) ýadro güýçleri merkezi güýçler däldirler. Bu häsiýet olary Kulon we grawitasiýa güýçlerinden düýpli tapawutlandyrýar.

ä) ýadro güýçleriniň ýüze çykmagy nuklonlaryň arasyndaky haýsydyr bir bölejikleriň alşygynyň bolup geçýändigine şaýatlyk edýär.

11. Radioaktiwlik ýadrolaryň özgerme (dargama) häsiýetidir. Ýadrolar darganda α, β we γ şöhleleri goýberýärler. Radioaktiw şöhleleriň esasy täsirleri: a) himiki täsir; b) gazlary ionlaşdyrmak; ç) gaty we suwuk jisimlerde lýuminessensiýa hadysasyny döretmek.

12. Radioaktiw dargamagyň esasy kanuny

$$N = N_0 e^{-\lambda t}. \tag{11}$$

Bu ýerde N_0 – ýadrolaryň başdaky sany; λ – radioaktiwligiň hemişeligi.

13. Radioaktiwligiň hemişeligi λ, radioaktiw izotopyň ömrüniň orta dowamlylygy τ we ýarym-dargamagyň periody T ululyklaryň arasyndaky baglanyşyk:

$$\lambda = \frac{1}{\tau} = \frac{ln 2}{T}. \tag{12}$$

14. Radioaktiw maddanyň işjeňligi (aktiwligi) – wagt birliginde dargaýan ýadrolaryň sany:

$$a = \frac{\Delta N}{\Delta t} = \lambda N \,. \qquad (13)$$

Işjeňligi ölçemekde 1 Bk (Bekkerel) diýen birligi hem ulanylýar.

$$1Bk = 1\,\frac{dargama}{s} \,.$$

15. Ýadro reaksiýalarynyň ýazylyşynyň umumy görnüşi:

$$A + a \rightarrow B + b \,. \qquad (14)$$

Bu formulada A, B ýadrolar; a, b – reaksiýa gatnaşýan bölejikler – proton, neýtron, elektron, α – bölejik. Käbir kitaplarda (14)-nji aňlatmanyň ornuna $A(a,b)B$ (15) ýazgy hem ulanylýar.

Meseleler

345. Her birisiniň kinetik energiýasy W_K=100 eW bolan elektron, proton we uranyň ýadrosy üçin De Broýlyň tolkunlarynyň uzynlygyny tapmaly.

346. Elektronyň W_K kinetik energiýasynyň haýsy bahasynda onuň üçin hasaplanan De Broýlyň tolkunlarynyň uzynlygy bilen Kompton tolkunlarynyň uzynlygy biri-birine deň bolar?

347. Elektronlaryň deň energiýaly (monoenergetik) akymy giňligi b=1 mkm bolan gönüburçluk şekilli ýşly diafragmanyň üstüne normal düşýär. Ýşdan l =50 sm uzaklykda ýerleşen ekranda alynýan merkezi difraksiýa maksimumyň giňligi $\Delta x = 0{,}36$ mm bolsa, elektronlaryň tizligini tapmaly.

348. Eger elektronyň, protonyň we massasy 1 mg bolan şarjagazyň merkeziniň koordinaty 1 mkm kesgitsizlik bilen tapylan

bolsa, elektronyň, protonyň we şarjagazyň tizliklerini kesgitläp boljak iň kiçi ýalňyşlyklary tapmaly (bu ýerde absolýut ýalňyşlyk göz öňünde tutulýar).

349. Kesgitsizlik gatnaşygyny ulanyp, uzynlygy l=0,2 nm bolan göni çyzyk boýunça hereketlenmeli elektronyň iň pes kinetik energiýasyny tapmaly

350. m massaly bölejik bir ölçegli potensial meýdanda hereket edýär. Meýdanyň potensial energiýasy $U = \frac{1}{2}kx^2$ (garmoniki ossillýator). Kesgitsizlik gatnaşygyny ulanyp, bölejigiň şu meýdanda alyp biljek iň pes energiýasyny tapmaly

351. Kesgitsizlik düzgünini ulanyp, wodorod atomyndaky elektronyň iň kiçi energiýasyny we elektronyň protondan effektiw uzaklygyny (orbitanyň effektiw radiusyny) tapmaly.

352. Tolkunlarynyň uzynlyklary wodorod atomynyňkydan dört esse gysga spektr wodoroda meňzeş elementleriň haýsysyna degişli?

353. Dynçlyk ýagdaýdaky wodorod atomy Laýmanyň seriýasynyn esasy ýygylygyna (n=1, m=2) degişli fotony goýberdi. Şu hadysa bolup geçende, atomyň alan tizligini tapmaly.

354. He^+ ionlar üçin Balmeriň we Laýmanyň seriýalarynyň çyzyklarynyň degişli tolkun uzynlyklarynyň tapawudy $\Delta\lambda = 133{,}7$ nm bolsa, Ridbergiň hemişeligini tapmaly.

355. Wodorod atomynyň nazaryýetine degişli hasaplamalary ýerine ýetirmeli:

a) elektronyň impulsynyň momentiniň kwantlaşma şertini tapmaly;

b) dürli stasionar orbitalaryň radiusyny tapmaly;

ç) elektronyň potensial we kinetik energiýalaryny tapmaly;

d) wodorod atomyny ionlaşdyrmak üçin etmeli işi hasaplamaly;

e) elektron dördünji orbitadan ikinji orbita geçende, goýberilýän tolkunyň uzynlygyny tapmaly. Şu tolkuny goýberende wodorod atomynyň tizligi näçe üýtgär?

356. Wodoroda meňzeş ionlaryň elektronynyň esasy ýagdaýyndaky baglanyşyk energiýasyny (ionlaşdyrmak üçin edilmeli

iş) tapmaly. Ol ionlaryň spektrinde Balmeriň seriýasynyň üçünji çyzygynyň tolkun uzynlygy 108,5 *nm*.

357. Wodorodyň mezoatomy diýip, protondan ybarat ýadronyň töwereginde aýlanmaly elektron mezon atly bölejik bilen çalşylan ulgama aýdylýar. Mezonyň zarýady elektronyň zarýadyna deň, massasy bolsa elektronyňkydan 207 esse uly. Ulgamyň esasy ýagdaýynda ony düzýän bölejikleriň arasyndaky uzaklygy, olaryň arasyndaky baglanyşyk energiýasyny we Balmeriň seriýasynyň baş çyzygynyň tolkun uzynlygyny tapmaly.

358. Ýyldyzlaryň arasyndaky gaz bulutlarynyň temperaturasyny kesgitlemek üçin, bulutlaryň düzümine girýän käbir gazlaryň spektrleriniň Dopler effekti sebäpli giňelme hadysasy ulanylýar. Bu maksat üçin köplenç wodorodyň spektrindäki tolkun uzynlygy $\lambda = 21$ *sm* bolan çyzyk ulanylýar. Wodorod gazyndan ybarat buludyň goýberýän wodorod çyzygynyň ini $\Delta\nu = 5$ *kGs* bolsa, buludyň temperaturasyny kesgitlemeli. Gaz buludynyň tizligi näçe we ol tizlik nirä ugrukdyrylan?

359. Wodorod atomlarynyň spektriniň bir seriýasyna degişli üç çyzygyň tolkun uzynlyklary belli. Olaryň tolkun uzynlyklary 97.26, 102.58 we 121.57 *nm*. Şu maglumatlardan peýdalanyp, spektriň beýleki tolkun uzynlyklaryny tapmaly.

360. Elektrona degişli De Broýlyň tolkunynyň uzynlygyny 100 *pm*-den 50 *pm*-e çenli gysgaltmak üçin oňa bermeli goşmaça energiýany tapmaly.

361. Ýarymdargamak periody 71,3 sutka deň bolan radioaktiw kobaltyň bir aýda näçe böleginiň dargajagyny tapmaly.

362. Ýarymdargama periody $T = 15$ sagada deň bolan ^{24}Na 1 *mkg* bir sagatda goýberjek β – bölejikleriniň N sanyny tapmaly.

363. Radioaktiw ^{23}Mg izotopyň β – dargamagy öwrenilende, $t=0$ wagt pursatynda sçýotçigi işe girizýärler. $t_1 = 2$ *s* pursata çenli sçýotçik N_1 sany β bölejigi hasaba alypdyr, $t_2 = 3t_1$ pursata çenli bolsa sçýotçigiň hasaba alan β – bölejikleriniň sany 2,66 esse köp bolupdyr. ^{23}Mg ýadrolaryň ömrüniň ortaça dowamlylygyny (τ) tapmaly.

364. ^{238}U izotopyň 1 *g* her sekuntda $1{,}24 \cdot 10^4$ sany α – bölejigi goýberýär. Şu izotopyň T ýarymdargama periodyny tapmaly.

365. Gadym döwürlerde oturymly bolan ýerlerde arheologiýa – gazuw işleri geçirilende tapylýan agaç bölegindäki ^{14}C izotopynyň udel işjeňligi onuň ýap-ýaňyja kesilip alnan agaçdaky udel işjeňliginiň 3/5 bölegine deň. ^{14}C izotopyň ýarymdargama periody 5570 ýyl bolsa, gazylyp tapylan agaç böleginiň "ýaşyny" tapmaly.

366. Uran magdanynda uranyň ^{238}U ýadrolarynyň sanyny gurşunyň ^{208}Pb ýadrolarynyň sanyna gatnaşygy $\eta = 2{,}8$. Gurşun ýadrosy uranyň ýadrosynyň dargama hatarynyň iň soňudyr (ýagny, uranyň dargamak hadysasy gurşuna gelip togtaýar). ^{238}U ýadrolaryň ýarymdargama periody $T = 4{,}5 \cdot 10^9$ ýyla deň bolsa, uran magdanynyň ýaşyny kesgitlemeli.

367. ^{24}Na we ^{235}U ýadrolaryň ýarymdargama periodlary 15 sagada we $7{,}1 \cdot 10^8$ ýyla deň. Bu ýadrolaryň udel işjeňligini kesgitlemeli.

368. Ýadronyň radiusy $R = 1{,}3A^{1/3}$ *fm* (1*fm*=1femtometr=10^{-15}*m*, A – ýadronyň massa sany) formula boýunça hasaplanýar diýip, ýadro maddasynyň dykyzlygyny we ýadronyn göwrüm birligindäki nuklonlaryň n sanyny tapmaly.

369. Protonlary bilen neýtronlarynyň sany deň, radiusy bolsa ^{27}Al ýadronyň radiusyndan 1,5 esse kiçi ýadronyň baglanyşyk energiýasyny tapmaly.

370. Nuklidleriň (belli ýadroly atomlar) jetwellerde berilýän massalaryndan peýdalanyp, tapmaly:

ä) ^{16}O ýadronyň bir nuklonyna düşýän baglanyşyk energiýasynyň orta bahasyny;

b) ^{11}B ýadrosynda neýtronyň we α – bölejigiň baglanyşyk energiýasyny;

ç) ^{16}O ýadrony deň dört bölege bölmek üçin zerur energiýany tapmaly.

371. Nuklidleriň massalaryny jetwellerden tapyp, aşakdaky reaksiýalaryň energiýasyny tapmaly:

a) $^{7}Li(p, n)\,^{7}Be$; ç) $^{7}Li(\alpha, n)\,^{10}B$;
b) $^{9}Be(n, \gamma)\,^{10}Be$; d) $^{16}O(d, \alpha)\,^{14}N$.

372. $d+t$ (deýton we triton) termoýadro reaksiýasynda bölünip çykjak W energiýany tapmaly. Şu ýangyjyň 1 kg –y ýananda bölünip çykjak Q ýylylyk mukdaryny hasaplamaly.

373. Termoýadro energiýasyny almak üçin iki deýtonyň reaksiýasynyň uly geljegi bar diýip hasap edilýär. Bu reaksiýanyň iki ýol boýunça geçmegi mümkin: 1. $d+d \to t+p$; 2. $d+d \to {}^3He+n$. Bu reaksiýalary energetiki nukdaý nazardan deňeşdirmeli.

374. Suwuň düzümindäki deýteriniň diňe 10% $d+d \to t+p$ görnüşli termoýadro reaksiýasyny geçirmekde ulanylýar diýip kabul edip, 1 m^3 suwuň W termoýadro energiýasynyň goryny hasaplamaly. Tebigatda ýaýran wodorod izotoplarynyň garyndysynyň diňe 0,015% deýteriý izotopyna degişli.

JOGAPLAR WE ÇÖZGÜTLER

1. a) $\vec{\upsilon}=\vec{b}(1-2\alpha t)$, $\vec{a}=-2\alpha\vec{b}$. b) $\Delta t=1/\alpha$, $S=b/2\alpha$.

2. $l=\upsilon_0 t\sqrt{2(1-\sin\varphi)}=22$ m. **3.** $l=8h\sin\alpha$.

4. $t=\dfrac{2\upsilon_0\sin\alpha}{g}=2.6\,s$; $S=\dfrac{\upsilon_0^2\sin 2\alpha}{g}=19{,}5\,m$; $h=\dfrac{\upsilon_0^2\sin^2\alpha}{2g}=15{,}5\,m$.

5. $y=xtg\alpha-\dfrac{gx^2}{2\upsilon_0^2\cos^2\alpha}$. **6.** $<\upsilon>=\dfrac{2\upsilon_0(\upsilon_1+\upsilon_2)}{2\upsilon_0+\upsilon_1+\upsilon_2}$.

7. C nokada çenli uzaklyk $x=\upsilon_1 d/\sqrt{\upsilon_2^2-\upsilon_1^2}$ bolanda ýüzüp başlamaly.

8. $(\upsilon_0)_{iň kiçi}=\sqrt{g(\sqrt{S^2+H^2}+H)}$, $\alpha=\dfrac{\varphi}{2}+\dfrac{\pi}{4}$, $tg\varphi=\dfrac{H}{S}$.

10. $L=l\sqrt{1+\upsilon^2/c^2}\approx 11$ km. **11.** $CD=l/\sqrt{n^2-1}$.

12. $\upsilon=l/2t=3$ km/sag. **13.** $t=t_1(\sqrt{n}-\sqrt{n-1})=0{,}8$ s.

14. $t=(\upsilon_1\upsilon_2)^{1/2}/g$. **15.** $\upsilon_2=hl/(\upsilon_1 t^2)$.

16. $\upsilon_0=35$ sm/s; $a=82$ sm/s^2, $x_0=11$ sm.

17. $a=\dfrac{\upsilon}{t}\sqrt{1+4\beta^2t^4}=0{,}7$ m/s^2. **18.** $\omega=2\pi n\upsilon/l=2\cdot 10^3$ rad/s.

19. $a=\alpha\sqrt{1+(4\pi n)^2}=0{,}8$ m/s^2. **20.** $t=\pi R(c_1+c_2)/(2c_1c_2)$.

21. $\Delta m=\dfrac{4mS}{gt^2-2S}\approx 10$ g.

22. $F=\dfrac{(k_1-k_2)m_1m_2 g\cos\alpha}{m_1+m_2}$, $tg\alpha<\dfrac{k_1m_1+k_2m_2}{m_1+m_2}$.

23. $tg\alpha = k$, $F_{\text{ən kiçi}} = kmg / \sqrt{1+k^2}$.

24. $t = \dfrac{h(\upsilon_0 - \upsilon)}{\upsilon_0 \upsilon} \Big/ ln\dfrac{\upsilon_0}{\upsilon}$.

25. $x = \dfrac{2}{3}\omega h\sqrt{2h/g} \approx 24\ sm$, $tg\alpha = \dfrac{x}{h}$, $\alpha = \dfrac{2}{3}\omega\sqrt{2h/g}$.

26. $tg\alpha = \dfrac{1}{k}$, $l_{\text{ən kiçi}} = \dfrac{\upsilon_0^2}{2g\sqrt{1+k^2}}$.   **27.** $tg\dfrac{\varphi}{2} = \dfrac{1}{2}$, $\varphi \approx 53°$.

28. $a = g(m_1 - m_2)^2/(m_1 + m_2)^2$.   **29.** $F(x) = F_1 \cdot \dfrac{l-x}{l} + F_2 \cdot \dfrac{x}{l}$.

30. $h_1 = h\dfrac{n-1}{n+1} = 10\ sm$, $a = g\dfrac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} = \dfrac{g}{3} = 327\ \ \dfrac{sm}{s^2}$.

31. $a_m = g\left(\dfrac{n-1}{n+1}\right)^2$, $\upsilon_m = \sqrt{2gh}\left(\dfrac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2}\right)\left(\dfrac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2}\right)^{\frac{1}{2}} \approx 47\ sm/s$.

34. $F = (1 + a/g)\cdot\dfrac{m}{2}$, $F = \dfrac{1}{2}mg$.

36. $t = \left[\dfrac{2m_1 l}{F - kg(m_1 + m_2)}\right]^{\frac{1}{2}}$, $F > k(m_1 + m_2)g$.

37. $A_1 = \dfrac{1}{2}\rho_1 g a^4(\sqrt{2} - 1)$; $A_2 = \dfrac{1}{6}\rho_2 g a^4(\sqrt{2} - 3/4)$.

38. $A_{tog} = \dfrac{1}{2}\rho_1 g a^3 L(\sqrt{2} - 1)$, $A_{smy} = \rho_1 a^3 kL$, $k = (\sqrt{2} - 1)/2$.

39. $5 \cdot 10^4\ kJ$, $-16 \cdot 10^4\ kJ$.   **40.** $\Delta T = \dfrac{m_1 m_2(\upsilon_1 + \upsilon_2)^2}{2c(m_1 + m_2)^2}$.

41. $S = \dfrac{2\upsilon_1^2}{kg(1 + M/m)^2} \approx 25\ m$, $\Delta W = 0$.

42. $p = \dfrac{2m}{3}\sqrt{2gl} = 3{,}5\ \dfrac{kgm}{s}$, $W = \dfrac{1}{2}mgl = 6{,}86\ J$.

43. a) $u_1 = \dfrac{1}{m_1 + m_2}\left[(m_1 - m_2)\upsilon_1 + 2m_2\upsilon_2\right]$,

$u_2 = \dfrac{1}{m_1 + m_2}\left[2m_1\upsilon_1 + (m_2 - m_1)\upsilon_2\right]$;   b) $u_1 = u_2 = \dfrac{m_1\upsilon_1 - m_2\upsilon_2}{m_1 + m_2}$.

44. a) 126, 63 *sm/s*;   b) 60 *sm*.

45. $A_{\text{ən kiçi}} = \rho_0 g H h^3(1 - h/2H)$, $\Delta A = \dfrac{1}{2}\rho_0 h^3 \upsilon_0^2$.

46. H=1600 *km*.

47. $p = \dfrac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}\sqrt{\upsilon_1^2 + \upsilon_2^2}$, $W_K = \dfrac{m_1 m_2}{2(m_1 + m_2)}(\upsilon_1^2 + \upsilon_2^2)$.

49. $\upsilon = \dfrac{2M}{m}\sqrt{gl}\,sin\dfrac{\varphi}{2}$, $n = \dfrac{\Delta W}{\frac{1}{2}m\upsilon^2} \approx 1 - \dfrac{m}{M}$.

50. $\Delta p = m\sqrt{2gh}\cdot\left(\dfrac{n+1}{1-n}\right) = 0{,}2\ \ kgm/s$.

51. $\vec{\upsilon}' = -\vec{\upsilon}(2 - n^2)/(2 + n^2)$;   a) $n < \sqrt{2}$,   b) $n = \sqrt{2}$,   ç) $n > \sqrt{2}$.

52. a) $L = \upsilon\sqrt{\dfrac{2h}{g}} - \dfrac{M}{m}l = 100\ m$.

b) $\alpha = 1 - \dfrac{(\upsilon - \frac{M}{m}l\sqrt{g/2h})^2}{\upsilon^2} - \dfrac{M(l\sqrt{g/2h})}{m\upsilon^2} \approx 0{,}93$.   **53.** 6,6 *m/s*.

54. $u_1 = \frac{v(M+m)+v_1 m}{M+m} = \frac{139}{27}\ \frac{m}{s}$, $\quad u_2 = \frac{v(M-2m)}{M-2m} = v = 5\ \frac{m}{s}$.

$u_3 = \frac{v(M+m)-v_1 m}{M+m} = \frac{131}{27}\ \frac{m}{s}$. **55.** $h=R/3$.

56. $W_{i\check{n}\ ki\c{c}i} = \frac{1}{2}mg\left[h+(L^2+h^2)^{\frac{1}{2}}\right] = 34\ J$,

$tg\alpha = \frac{h}{L} + \frac{(h^2+L^2)^{1/2}}{L} = 1,25$. **57.** $\frac{\Delta T}{T} = (H-2h)/(2R) \approx 8\cdot10^{-5}$.

58. $v = \left(\frac{2GM}{R}\right)^{1/2} = 2,38$ *km/s*, *M* we *R* – Aýyň massasy we radiusy.

59. $T = \left(\frac{3\pi}{G\rho}\right)^{1/2} = 1,2\cdot10^{-3}\ s$.

60. $a_1 = \frac{GM_E}{R_E^2} = 9,8\ \frac{m}{s^2}$, $\quad a_2 = 0,032\ \frac{m}{s^2}$, $\quad a_3 = 6\cdot10^{-3}\ \frac{m}{s^2}$,

$a_4 = 3,2\cdot10^{-5}\ \frac{m}{s^2}$.

61. $A_{i\check{n}ki\c{c}i} = Gm\left(\frac{M_E}{R_E}+\frac{M_A}{R_A}\right) = 1,3\cdot10^8\ kJ$.

62. $\rho = \rho_0\left[1-\left(\frac{l_1}{l}\right)^2\right] = 0,84\ g/sm^3$.

63. $F_1 = \frac{mgR}{\sqrt{l^2-4R^2}}$, $\quad F_2=F_1$, $\quad F_3=mg$.

64. $F_{i\check{n}ki\c{c}i} = kmg/\sqrt{1+k^2}$, $\quad tg\alpha = k$.

65. $v = \sqrt{2g\left(h_1+h_2\cdot\frac{\rho_2}{\rho_1}\right)} = 3\ m/s$. **66.** $x = \left(\frac{4}{3}\pi R^3\rho_0 - m\right)\cdot\frac{h}{m}$.

67. $A = \rho V^3/(2S^2t^2)$. **68.** $p = \alpha E\Delta t = 2,2\cdot10^3\ atm$.

69. $x = \frac{1}{2}\left(l - h/\sqrt{(L/l)^2-1}\right)$. **70.** $N = \frac{1}{2}mgctg\alpha$.

71. $t = \frac{S_0}{S}\left(\frac{2h_0}{g}\right)^{1/2}$. **72.** $L_1 = 2L\left(1-\frac{kh}{l}\right) = 1,6L$,

$L_2 = 2L\left(1+\frac{kh}{l}\right) = 2,4L$. **73.** $A = \frac{SgH^2(\rho_0-\rho)^2}{2\rho_0} = 7,84\ J$.

74. $P = \frac{P_\circ}{T_\circ}(V_\circ+V_1+V_2)/\left(\frac{V_\circ}{T_\circ}+\frac{V_1}{T_1}+\frac{V_2}{T_2}\right)$. **75.** $p=2$ *atm*.

76. 30,2 *g/mol*. **77.** 0,48 *kg/m³*. **78.** $n = \frac{V(p_0+F/s)}{\Delta V p_0} = 79$.

79. $T_1 = T\frac{(n^2-1)n_1}{n(n_1^2-1)} = 420\ K$. **80.** $T_{i\check{n}uly} = \frac{2p_0}{3R}\left(\frac{p_0}{3\alpha}\right)^{1/2}$.

81. $9,4\cdot10^{23}$; $1,03\cdot10^{25}$; $2,7\cdot10^{19}\ sm^{-3}$. **82.** 5-10 sany molekula.

83. $\rho = \frac{p_\circ(m_1+m_2)}{RT\left(\frac{m_1}{\mu_1}+\frac{m_2}{\mu_2}\right)} = 1,5\ \frac{g}{l}$. **84** $4,2\cdot10^{19}\ sm^{-3}$.

85. $m = 0,59\ g$. **86.** $p = 1,79\cdot10^5\ Pa$.

87, 88. a) stoluň üstünde duran şar ýokarlygyna giňäp bilýär. Diýmek, bu şaryň massa merkezi *h* beýiklige galar; b) asylgy şar aşaklygyna giňelýär, onuň massa merkezi *h* aralyga aşak süýşýär. Şarlar üçin termodinamikanyň *I* kanunyny ulanalyň. Onda

a) $Q = cm\Delta T_1 + mgh$, $\qquad \Delta T_1 = \dfrac{Q - mgh}{cm}$,

b) $Q = cm\Delta T_2 - mgh$, $\qquad \Delta T_2 = \dfrac{Q + mgh}{cm}$.

Görnüşi ýaly, asylgy şar gaty gyzýar. Massa merkeziň süýşýänligi üçin şaryň temperaturasynyň üýtgemegini $\Delta T'$ diýip belläliň. Onda

$$\frac{\Delta T'}{\Delta T} = \frac{mgh}{cm\Delta T} = \frac{mgR\alpha\Delta T}{cm\Delta T} = \frac{g}{c} R\alpha .$$

Radiusy $R = 0{,}1\ m$ şar demirden ýasalan diýeliň: $c = 450\ \dfrac{J}{kg \cdot K}$

$\alpha = 11{,}7 \cdot 10^{-6}\ K^{-1}$. Şeýlelik bilen $\dfrac{\Delta T'}{\Delta T} = 2{,}6 \cdot 10^{-8}$.

89. $T_2 = \dfrac{T_1}{1 - \dfrac{m_0}{\rho_1 V}} = 341\ K, \quad (t_2 = 68°S)$.

90 $F = \left[\rho_1\left(1 - \dfrac{T_1}{T_3}\right)V - m_0\right]g = 1{,}2\ N.$

91. $T = \dfrac{T_1T_2(p_1V_1 + p_2V_2)}{p_1V_1T_2 + p_2V_2T_1}$, $p = \dfrac{p_1V_1 + p_2V_2}{V_1 + V_2}$.

92. $\mu = mR\Delta T / \Delta Q = 28\ g/mol$. **93.** $Q = \dfrac{1}{2}m_0 \upsilon_0^2\left(\dfrac{m}{m_0 + m}\right)$.

94. $\dfrac{p}{p_0} \approx 2{,}34, \quad \Delta T = T - T_0 = 450K$.

95. $m = \rho_0 T_0 V(T_2 - T_1)/(T_1T_2) = 5\ kg.$

96. $\gamma = [v_1\gamma_1(\gamma_2 - 1) + v_2\gamma_2(\gamma_1 - 1)]/[v_1(\gamma_2 - 1) + v_2(\gamma_1 - 1)] = 1{,}33$.

97. $\Delta U = Q - R\Delta T = 1\ kJ, \qquad \gamma = \dfrac{Q}{Q - R\Delta T} = 1{,}6$.

98. $x = \dfrac{1}{2}(H + l) - \dfrac{1}{2}\sqrt{(H + l)^2 - 4h(H + h - l)} = 3{,}5\ sm.\ (l - h) \geq H$.

99. n=2,3; $\quad C = \dfrac{dQ}{dT} = \dfrac{R(n - \gamma)}{(\gamma - 1)(n - 1)} = 1{,}7\ R$.

100. $\eta = 2(3 - ln2)/35 \approx 13\%$.

101. $A = p_0 \left(h_1 - h_0\, ln\dfrac{h_0 + h_1}{h_0}\right) = 2{,}37\ J.$

102. $\dfrac{m}{m_0} = \dfrac{r}{\lambda + r} = 0{,}072$. **103.** $m = \mu pV \dfrac{ln(T_2/T_1)}{R(T_2 - T_1)}$.

104. $n = \dfrac{p - RT/\mu_1}{kT(1 - \mu_2/\mu_1)} \approx 10^{19}\ sm^{-3}$. **105.** $\mu = 32\ g/mol, \quad i = 5.$

106. $A = P_0V_0\, ln\dfrac{(n + 1)^2}{4n}$. **107.** $\gamma = 1 + \dfrac{n - 1}{\left(\dfrac{Q}{\nu RT_0} - ln\, n\right)} = 1{,}4$.

108. $A_1 = A/(n - 1) = 20\ kJ.$ **109.** Ikinji wariant amatly.

110. $C = C_1 \dfrac{n - \gamma}{n - 1} = -4{,}2\ \dfrac{J}{K \cdot mol}$; $\quad n = \dfrac{ln\beta}{ln\alpha}$.

111. a) $\Delta S = Rlnk/(\gamma - 1) = 19\ J/K$, b) $\Delta S = \dfrac{\gamma Rlnk}{\gamma - 1} = 25\ J/K.$

112. $\Delta S = 14{,}5\ kJ/K$. **113.** $\Delta S = 3{,}25\ J/K$. **114.** $\Delta S = 2{,}2\ J/K$.

115. $\Delta S = \dfrac{p}{T}\left[V_1 ln\left(\dfrac{V_1 + V_2}{V_1}\right) + V_2 ln\left(\dfrac{V_1 + V_2}{V_2}\right)\right] \approx 1{,}8\ \dfrac{J}{K}$.

116. $\eta = \dfrac{T_2 - T_1}{T_2 + (T_2 - T_1)/(\gamma - 1)\ln a}$.

117. $\eta = 1 - \dfrac{\gamma + n}{1 + n\gamma}$. **118.** $\Delta S = \nu R \cdot \left(\dfrac{mg}{\pi p r^2}\right)^2$. **119.** $h = 17$ *sm.*

120. $\Delta S = C_V \cdot \ln\left[\dfrac{(T_1 + T_2)^2}{4T_1T_2}\right] + 2R\ln 2$.

121. a) $\Delta U = \alpha V_0^2(n^2 - 1)/(\gamma - 1)$; b) $A = \dfrac{1}{2}\alpha V_0^2(n^2 - 1)$;

ç) $C = C_V + \dfrac{R}{2}$. **122.** $\gamma = 4/3$. **123.** $F \approx 2 \cdot 10^{15}\ N$.

124. $E = ql/\left[\sqrt{2}\pi\varepsilon_0(l^2 + x^2)^{3/2}\right]$. **125.** $q = 4l\sqrt{\pi\varepsilon_0 kx}$

126. $F = (2\sqrt{2} - 1)q^2/(8\pi\varepsilon_0 l^2)$.

127. a) $E = \dfrac{\rho_0 r}{3\varepsilon_0}\left(1 - \dfrac{3r}{4R}\right)$, $r \le R$; $E = \dfrac{\rho_0 R^3}{12\varepsilon_0 r^2}$, $r > R$;

b) $E = \dfrac{\rho_0 r}{9\varepsilon_0}$, $r_{maks} = \dfrac{2R}{3}$. **128.** $\dfrac{q_2}{q_1} = \dfrac{d_2D_2}{d_1D_1} = 9$. **129.** $k = \dfrac{q^2}{8\pi\varepsilon_0 l^3}$.

130. $\varphi = 19500\ W$. **131.** $q = \dfrac{mgd\,tg\alpha}{u} = 1{,}6 \cdot 10^{-17}\ Kl$.

132. $E = \dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 RR_0}$. **133.** $\vec{E} = \dfrac{p\vec{a}}{3\varepsilon_0}$. **134.** $\varphi = \dfrac{\sigma R}{2\varepsilon_0}$, $E = \dfrac{\sigma}{4\varepsilon_0}$.

135. $\rho = \rho_0\varepsilon/(\varepsilon - 1) = 1{,}6\ \dfrac{g}{sm^3}$.

136. $F = (2\sqrt{2} - 1)q^2/(32\pi\varepsilon_0 l^2) = 3.6N$. **137.** $\Delta q = \dfrac{ql}{d}$.

139. $F = \dfrac{qq_0}{8\pi^2\varepsilon_0 r^2} = 50\,N$.

140. a) $E_1 = 2E_0/(\varepsilon + 1)$, $E_2 = 2\varepsilon E_0/(\varepsilon + 1)$; b) $E_1 = E_0$, $E_2 = E_0/\varepsilon$.

141. a) $E_1 = E_2 = E_0$; b) $E_1 = E_2 = 2E_0/(\varepsilon + 1)$.

142. $\varphi = \dfrac{nq}{4\pi\varepsilon_0 r\sqrt[3]{n}}$. **143.** $Q = 2\pi\varepsilon_0 R\varphi^2 = 0{,}005\ J$.

144. $E_A = -\dfrac{qh}{2\pi\varepsilon_0\sqrt{(h^2 + s^2)^3}} = 11400\ \dfrac{W}{m}$. **145.** $I = 2{,}6 \cdot 10^{-8}\ A$.

146. a) $W = \dfrac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 a}(4 + \sqrt{2})$; b) $W = \dfrac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 a}(\sqrt{2} - 4)$;

ç) $W = -\dfrac{\sqrt{2}q^2}{4\pi\varepsilon_0 a}$.

147. $W = -\dfrac{2\ln 2}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \dfrac{q^2}{a}$. **148.** $A = \dfrac{q^2}{8\pi\varepsilon_0}\left(\dfrac{1}{R_1} - \dfrac{1}{R_2}\right)$.

149. $\varphi = \dfrac{(\vec{p}\vec{r})}{4\pi\varepsilon_0 r^3}$, $E = \dfrac{p}{4\pi\varepsilon_0 r^3}\sqrt{1 + 3\cos^2\theta}$.

150. $u_1 = \dfrac{\varepsilon u}{1 + (\varepsilon - 1)a/d} = 500\ W$. **151.** $W_2 = \varepsilon W_1$.

152. a) $T = T_0 \cdot \dfrac{Cu^2}{12pV} \approx 3 \cdot 10^7\ K$; b) $\Delta T = \dfrac{Cu^2}{2C_1 m} = 200\ K$.

154. $u_{AB} = \dfrac{u_0}{n^2 + 3n + 1} = 10\ W$.

155. a) $W = \dfrac{3q^2}{20\pi\varepsilon_0 R}$; b) $\dfrac{W_1}{W_2} = \dfrac{1}{5}$.

156. $I \approx 2\pi\varepsilon_0(\varepsilon - 1)r\upsilon u / d = 0{,}11 \ mkA$.

157. a) $\Delta W = \dfrac{cu^2}{2n(n-1)} = 4 \cdot 10^{-2} \ J$;

b) $A_1 = \dfrac{cu^2}{2n(n-1)} = 4 \cdot 10^{-2} \ J$; ç) $A_2 = \dfrac{cu^2}{n(n-1)} = 8 \cdot 10^{-2} \ J$.

158. $A = \dfrac{cu^2(\varepsilon-1)^2}{2\varepsilon(\varepsilon+1)} = 6 \cdot 10^{-5} \ J$.

159. a) $q_1 = q_5 = q_3 = q_6 = \dfrac{1}{6}cu$, $q_2 = q_4 = \dfrac{1}{3}cu$; b) $\Delta W = \dfrac{1}{3}cu^2$.

160. $R = \rho(b-a)/(4\pi ab)$, $R = \dfrac{\rho}{4\pi a}$.

161. a) $\dfrac{\gamma(a+b)\sqrt{a^2+b^2}}{a+b+2\sqrt{a^2+b^2}}$; b) $\gamma\dfrac{2ab+(a+b)\sqrt{a^2+b^2}}{a+b+2\sqrt{a^2+b^2}}$.

162. a) $u_1 = 0{,}27 \ W$, $u_2 = 1{,}27 \ W$, $u_3 = -2{,}23 \ W$; b) $0{,}73 \ W$.

163. $I_1 = \dfrac{\varepsilon R_2}{R_1R_2 + RR_1 + RR_2} = 1{,}2 \ A$, $I_2 = I_1\dfrac{R_1}{R_2} = 0{,}8 \ A$.

164. $I = \left(\dfrac{a}{2R}\right)^2\left(\sqrt{1 + 4Ru_0 / a^2} - 1\right)^2$. **165.** a) $t = ensl / I = 3 \ Ms$;

b) $F = en\rho lI = 1 \ MN$, ρ – misiň udel garşylygy.

166. a) $Q = 4q^2R / 3\Delta t = 20 \ kJ$; b) $Q = \dfrac{4q^2 R \ln 2}{2\Delta t} = 0{,}13 \ MJ$.

167. $P_1 = P_4 = \dfrac{(\varepsilon_1 + \varepsilon_2)^2}{4R}$, $P_2 = P_3 = \dfrac{(\varepsilon_1 - \varepsilon_2)^2}{4R}$.

168. $p = lIm / e = 2{,}3 \ gsm/s$.

169. $A = \left(\dfrac{\varepsilon}{R_i + R}\right)^2 Rt$, $\eta = R/(R_i + R)$. **170.** $B = \mu_0\varepsilon_0\upsilon E \sin\alpha$.

171. I_3 tokly sim gyrada ýerleşmeli. Gözlenýän göni çyzyk ortaky elektrik akymyndan (tokdan) 1 *sm* uzaklykda ýerleşýär.

172. $B = \dfrac{\mu_0 I}{4\pi a}(\cos\alpha_1 - \cos\alpha_2)$.

173. $B = \dfrac{2\mu_0 I}{\pi ab}\sqrt{a^2+b^2}$; $p_m = Iab$. **174.** $B = \dfrac{\mu_0 I}{4\pi a}(2 + \sqrt{3})$.

175. a) $B(r) = \dfrac{\mu_0 I_0 r}{2\pi R^2}$, $0 \le r \le R$; b) $B(r) = \dfrac{\mu_0 I_0}{2\pi r}$, $r > R$.

176. a) $B = 0$ $r < R$ bolanda; b) $B = \dfrac{\mu_0 I_0 r}{2\pi(R_2^2 - R_1^2)}$, $R_1 < r < R_2$;

ç) $B = \dfrac{\mu_0 I_0}{2\pi r}$, $r > R_2$ bolanda.

177. $B = \dfrac{1}{2}\mu_0\sigma\omega R$, $p_m = \dfrac{1}{4}\pi\sigma\omega R^4$. **178.** $B = \mu_0 I / \pi^2 R$.

179. a) $B = \dfrac{\mu_0 Ir}{2\pi R^2} = 2{,}5 \cdot 10^{-3} \ Tl$; b) $\Phi = \dfrac{\mu_0}{4\pi}Il = 1{,}5 \cdot 10^{-4} \ Wb$.

180. $B = (2\rho gs / I)tg\varphi = 10 \ mTl$. **181.** $F_1 = \dfrac{\mu_0}{4\pi} \cdot \dfrac{2I_1I_2}{b}\ln(1 + b/a)$.

182. $B = \dfrac{\mu_0 IN}{2(b-a)}\ln\dfrac{b}{a} = 7 \ mk \ Tl$, $p_m = \dfrac{1}{3}\pi IN(a^2 + ab + b^2) = 15 \ mA \cdot m^2$.

183. $\dfrac{F_M}{F_E} = \mu_0\varepsilon_0\upsilon^2 = \left(\dfrac{\upsilon}{c}\right)^2 = 10^{-6}$.

184. $\upsilon = \frac{BeR}{m}\left(1+\frac{h^2}{4\pi^2R^2}\right)^{1/2} \approx 7{,}54\cdot10^6\ m/s.$

185. a) $Q_1 = \frac{\varepsilon_i^2}{3{,}5R},\ \varepsilon_i = -S\frac{dB}{dt};$ b) $Q_2 = \frac{\varepsilon_i^2}{4R};\ \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{8}{7}.$

186. a) $\varepsilon_i = 2B\upsilon\left(y/k\right)^{1/2};$ b) $\varepsilon_i = By\sqrt{8a/k}.$

187. $\varepsilon_i(x) = \frac{\mu_0}{2\pi}\cdot\frac{I\upsilon a^2}{x(x+a)}.$ **188.** $\Delta\varphi = |\varepsilon_i| = \pi\nu l^2B = 0{,}5\ W.$

189. $R = \frac{m\upsilon}{qB} = 7{,}3\cdot10^{-2}\ m;\ p_m = \frac{m\upsilon^2}{2B} = 4{,}1\cdot10^{-13}\ A\cdot m^2,\ p = m\upsilon R.$

190. a) $B = \frac{2\sin\alpha}{d}\sqrt{\frac{2mu}{e}} = 3{,}7\cdot10^{-3}\ Tl;$

b) $B_1 = \frac{2\pi n\cos\alpha}{d}\sqrt{\frac{2mu}{e}} = n\cdot6{,}7\cdot10^{-3}\ Tl.$

Bu ýerde n=1,2,3... $TM=d$ kesimiň uzynlygynda ýerleşýän spiralyň aýlawlarynyň sany.

191. $q = \frac{\mu_0 aI}{2\pi R}\ln\left(\frac{b+a}{b-a}\right).$ **192.** $I = \frac{R_E}{B}\left(\frac{2\mu\mu_0 E_c}{c}\right)^{1/2} \approx 1{,}63\cdot10^4\ a.b.$

193. $p = \frac{\mu_0^2 b^2 I^2}{4\pi^2 RI(1+l/a)}\ln(1+a/l).$

194. Germewaç üçin Nýutonyň ikinji kanuny:

$$m\frac{d\upsilon}{dt} = mg + F_M. \tag{1}$$

Germewaja täsir edýän magnit güýji tapmak üçin Amperiň kanuny ulanylýar:

$$F_M = BI_il = -\frac{2B^2l^2\upsilon}{3R}. \tag{2}$$

(1) we (2) deňlemelerden ýönekeý hasaplamalary geçirip, aşakdaky deňlemäni alarys:

$$\frac{d\upsilon}{dt} = -\frac{2B^2l^2}{3mR}\left(\upsilon - \frac{3gmR}{2B^2l^2}\right). \tag{3}$$

(3) deňlemäniň $t = 0$ bolanda $\upsilon = 0$ başlangyç şerti kanagatlandyrýan çözgüdi:

$$\upsilon = \frac{3mgR}{2B^2l^2}\left[1 - exp\left(-\frac{2B^2l^2}{3mR}t\right)\right]. \tag{4}$$

(4) formulany ulanyp, germewajyň islendik wagt pursatyndaky tizligini tapyp bolýar. Wagt geçmegi bilen tizlik artýar, tizlenme bolsa azalýar. Germewajyň tizlenmesi:

$$a = g\,exp\left(-\frac{2B^2l^2}{3Rm}t\right). \tag{5}$$

195. $W = \frac{B^2}{2\mu\mu_0}\cdot\frac{4\pi R^3}{3} = 2{,}25\cdot10^{17}\ kJ.$ **196.** $\varphi_A - \varphi_C = \frac{aBI}{nes}.$

197. $\Delta\varphi = \frac{\omega^2a^2m}{2e} + \frac{1}{2}\omega Ba^2 \approx 0{,}7\ mW.$

198. $\Delta\varphi = \dfrac{\mu_0 I}{4\pi^2 R^2 ne} = 2\cdot 10^{-9}\ W.$

199. $P = \dfrac{B^2 v^2 d^2 R}{[R + \rho d / s]^2}$; $P = P_{iň\,uly}$, $R = \rho d / s$ şertde bolar;

$P_{maks} = \dfrac{B^2 v^2 d^2}{4R}$.

200. $W_{el} = \dfrac{C}{2}\left(\dfrac{\varepsilon R_1}{R_1 + R_2}\right)^2 = 0{,}4\cdot 10^{-9} J;$ $W_{mag} = \dfrac{L}{2}\left(\dfrac{\varepsilon}{R_1 + R_2}\right)^2 \approx 0{,}38\cdot 10^{-5} J.$

201. $\dfrac{W}{l} = \dfrac{\mu_0 I^2}{16\pi}$. **202.** $E = B / \sqrt{\mu_0 \varepsilon_0} = 3\cdot 10^8\ W/m$.

203. $Q = L\varepsilon^2 / [2R^2(1 + R_0 / R)]$.

204. a) $I = \pi a^2 B / L;$ b) $A = \dfrac{1}{2}\pi^2 a^4 B^2 / L$.

205. $I = \dfrac{2\pi r}{\mu_0 e l}(3kTm)^{1/2} \approx 2\cdot 10^5\ A.$ **206.** $I = \pi a^2 B \cos\alpha / L = 7{,}5\ A.$

207. $T = 2\pi\sqrt{\dfrac{m(k_1 + k_2)}{k_1 k_2}}$. **208.** $x = -29\ sm,\quad \upsilon_x = -81\ \dfrac{sm}{s}$.

209. a) $y^2 = 4x^2\left(1 - \dfrac{x^2}{a^2}\right);$ b) $y = a\left(1 - \dfrac{2x^2}{a^2}\right)$.

210. $T = \pi\sqrt{2l / kg} = 1{,}5\ s.$ **211.** $S = A_0 \sum\limits_{n=0}^{\infty} exp\left(-\dfrac{n\theta}{4}\right) = 2\ m.$

212. $n_0 = \dfrac{n_1 n_3 - n_2^2}{n_1 + n_3 - 2n_2} = 10{,}4$. **213.** $\Delta t = 31{,}4\ s.$

214. $t_1 = \dfrac{\pi t_0}{\sqrt{2}}$ sagat. **215.** $\omega_1 = 47{,}9 s^{-1}$, $\omega_2 = 52{,}1 s^{-1}$.

216. $t = \dfrac{2l\left(\dfrac{\mu}{\gamma R}\right)^{\frac{1}{2}}}{\left(\sqrt{T_1} + \sqrt{T_2}\right)}$.

217. a) $S_0 = 60\ mkm;$ b) $\omega = 1800\ \dfrac{rad}{s}$, $\nu = \dfrac{1800}{2\pi} \approx 287\ Gs;$

ç) $\lambda = \dfrac{2\pi}{5{,}3} \approx 1{,}2\ m,\quad \upsilon = \lambda\nu \approx 344\ m/s.$

218. a) $\Delta t = \Delta t_0\left(1 - \dfrac{u}{\upsilon}\right) = 4{,}5\ s;$ b) $\Delta t = \Delta t_0\left(1 + \dfrac{u}{\upsilon}\right) = 5{,}5\ s.$

219. $\nu = \dfrac{\nu_0}{\sqrt{1 + 2at / \upsilon}} = 1350\ Gs.$

220. a) $\nu = \dfrac{\nu_0}{\sqrt{1 - n^2}} = 5\ kGs;$ b) $r = l\sqrt{1 + n^2} = 320\ m.$

221. $\dfrac{\varepsilon^2 (L + CR_1^2)}{2(R_1 + R_2)^2} = 3{,}8\cdot 10^{-5}\ J,\quad \beta = \dfrac{R_1}{2L}$.

222. Zynjyrdaky elektrik akymynyň (toguň) amplitudasy:

$$I_m = \frac{u_m}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \dfrac{1}{\omega C}\right)^2}}. \tag{1}$$

a) kondensatordaky napryáženiýäniň amplitudasy:

$$u_C = I_m \cdot \frac{1}{\omega C} = \frac{u_m}{\sqrt{\frac{4\beta^2\omega^2}{\omega_0^4} + \left(\frac{\omega^2}{\omega_0^2} - 1\right)^2}}, \quad \beta = \frac{R}{2L}, \quad \omega_0^2 = \frac{1}{LC}. \qquad (2)$$

u_c bilen ω arasyndaky baglanyşyk örän çylşyrymly. Juda pes ýygylyklarda, ýagny $\omega \to 0$ bolanda, $u_C \to u_m$. Gaty beýik ýygylyklarda bolsa $u_C \to 0$. Mejbur ediji yrgyldylaryň haýsy ýygylygynda u_c iň uly baha alýandygyny biljek bolsak, (2) formuladan $\frac{du_C}{d\omega}$ tapmaly we önümi nola deňläp, gözlenýän ýygylygy alarys. Şeýlelik bilen, u_c napryaženiýä iň uly amplituda berýän ýygylyk $\omega = \omega_{iňuly} = \sqrt{\omega_0^2 - 2\beta^2}$.

b) meseläniň bu soragyna jogap tapmak hem edil birinji soragyň jogaby ýaly usul bilen tapylýar. Şeýlelik bilen $\omega_{iňuly} = \omega_0^2 / \sqrt{\omega_0^2 - 2\beta^2}$.

223. $P = \left(\frac{u}{Z}\right)^2 \sqrt{Z^2 - X_L^2} = 160\ Wt$, $\cos\varphi = \sqrt{1 - \frac{X_L^2}{Z^2}}$, $\varphi = 37°$.

224. $R = \omega L - r$, $P_{iňuly} = \frac{u^2}{2\omega L} = 110\ Wt$.

225. $C = L/(R^2 + \omega^2 L^2) = 220\ mkF$.

226. $L = u/(4\pi\nu I) = 1{,}2\ Gn$. **227.** $\omega = \frac{1}{RC}$, $\frac{u_{10}}{u_0} = \frac{1}{3}$.

228. $R_1 C = R C_1$. **229.** $\upsilon = 2{,}1 \cdot 10^8\ \frac{m}{s}$.

230. $\lambda = 11{,}3\ km$.

231. $\varphi = \frac{\Delta t}{R\left(\frac{1}{c_2} - \frac{1}{c_1}\right)} \approx 0{,}23\ rad$; $\varphi \approx 13°20'$. **232.** $\Delta l = 7{,}6\ sm$.

233. $\Delta\lambda = \left(\frac{1}{\sqrt{\varepsilon}} - 1\right) \cdot \frac{c}{\nu} = -50\ m$.

234. $R = 3P/(16\pi\rho c G M_g) = 0{,}6\ mkm$. Bu ýerde c – ýagtylygyň tizligi; M_g – Günüň massasy.

235. $\Phi = I^2 R$. **236.** $S = \frac{I^2}{4\pi^2 r^2 \varepsilon_0}\left(\frac{m_p}{2eu}\right)^{1/2}$.

237. $P = (u^2 - u_1^2 - u_2^2)/2R = 30\ Wt$.

238. $Z = \left[\frac{R^2 + \omega^2 L^2}{(\omega CR)^2 + (1 - \omega^2 LC)^2}\right]^{1/2}$.

239. $I = \frac{u_0}{2R}\cos 2\omega t$, $I_1 = \frac{u_0}{2(R + R_1)}$.

240. $u_{10} = u_0 \big/ \sqrt{2m^2 + 2m + 5}$.

241. $I_1 = \frac{IL_1}{(L_1 + L_2)}$, $I_2 = \frac{IL_2}{(L_1 + L_2)}$, $I = \frac{\mathcal{E}}{(R + r)}$.

242. $\omega^2 LC = 1$, $u_{10} = u_0 \cdot \frac{CR^2 - L}{CR^2 + L}$. **243.** $C \geq \frac{L}{R^2 n^2} = 0{,}1\ mkF$.

244. a) $\Delta\Omega = 2\pi(1 - \frac{h}{r}) = \pi/2$; b) $I = \frac{\Phi}{\Delta\Omega}$;

ç) $\Phi_{doly} = 4\pi I$; d) $E_{At} = \frac{I}{h^2}$.

245. $h=\frac{\sqrt{S}}{2}=1\ m.$ **246.** $E=\frac{I}{4R^2\cos\alpha}=15{,}3\ lk.$

247. 1,12 esse artar. **248.** a) 10,2 *lk*; b) 10,9 *lk*.

249. $E=\frac{\Phi}{2\pi al}=700\ lk.$ **250.** 7000 *nt*. **251.** 25000 *kd*.

252. $M=\frac{\Phi r}{S}=4\ mf,\ L=\frac{\Phi r}{\pi S}=12{,}7\ nt.$ **253.** $\eta=5\%$.

254. a) $KD=27\ m$; b) $t_{iň\ kiçi}=60\ s.$

255. a) $PP'=\frac{l\sin\varphi}{\cos\beta}=0{,}127\ m$; b) $\Delta t\approx 0{,}46\ ns.$ **256.** 0,78 *kd*.

257. $x=\left(1-\sqrt{(1-\sin^2\alpha)/(n^2-\sin^2\alpha)}\right)d\sin\alpha=3{,}1\ sm.$

258. $x=\frac{nF}{n+1}\left(1-\sqrt{1-\frac{(n+1)r^2}{(n-1)F^2}}\right),\ r_{iň\ uly}=F\left(\frac{n-1}{n+1}\right)^{1/2}.$

259. $\alpha=arctgn=53°$.

260. a) $F=\left[l^2-(\Delta l)^2\right]/4l=20\ sm$; b) $F=\frac{l\sqrt{k}}{(1+\sqrt{k})^2}=20\ sm.$

261. 37°–58° aralykda. **262.** Şöhleleriň çykýan ýerleri $75°\le\varphi\le 165°$, beýleki ýerlerden çykmaýarlar.

263. $E=\frac{\pi LR^2}{h^2}=25\ lk.$ **264.** $\varphi=83°$.

265. $$h_{min}=a\left[\sin\varphi\cos\varphi\left(\frac{1}{\sqrt{n_1^2-\sin^2\varphi}}+\frac{1}{\sqrt{n_2^2-\sin^2\varphi}}\right)\right]^{-1}.$$

266. $F=12{,}5\ sm.$ **267.** $\varphi=\alpha+\beta-\gamma$,

$$n=\sin\beta\left\{\left[\frac{\sin\alpha}{\sin\beta\sin(\alpha+\beta-\gamma)}+\frac{1}{tg(\alpha+\beta-\gamma)}\right]^2+1\right\}^{1/2}.$$

268. a) $x=2r\sin\alpha$; b) garşydaky tarapa $y=l\cos\alpha=1{,}7\ sm$ süýşer.

270. $V_{iň\ kiçi}=xa^2=43{,}2\ l,\ x=\frac{b\sqrt{n^2-\sin^2\alpha}}{\sqrt{n^2-\sin^2\alpha}-\sin\alpha}=27\ sm,$

$\alpha=45°,\ n=4/3.$ **271.** $W_1=W\frac{1-p}{1+p},\ W_2=\frac{2pW}{1+p}.$ **272.** 0,02 *kd*.

273. a) $n_B=\sqrt{n_0^2+\sin^2\alpha}=1{,}3$; b) $X_B=R\left(1-\frac{n_0}{n_B}\right)=1\ sm$;

ç) $d=\sqrt{X_B(2R-X_B)}=5\ sm.$

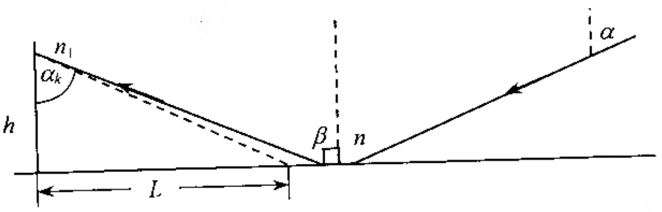
274. a) plastinany örän ýuka gorizontal ýerleşen gatlaklara böleliň. Her gatlagyň içinde döwülme görkeziji üýtgänok. Gatlaklaryň döwülme görkezijileri $n_1, n_2, n_3,$... Döwülme kanunyny ulanalyň:

$\frac{\sin\alpha}{\sin\alpha_1}=\frac{n_1}{n_A},\ \frac{\sin\alpha_1}{\sin\alpha_2}=\frac{n_2}{n_1},\ \frac{\sin\alpha_2}{\sin\alpha_3}=\frac{n_3}{n_2}$. Şu deňliklerden subut etmeli deňleme alnar:

$$n_A\sin\alpha=n_1\sin\alpha_1=n_2\sin\alpha_2=....=n_B\sin\beta; \qquad (1)$$

b) howanyň Ýeriň üstüne ýakyn gatlaklary tomsuna gaty gyzýarlar. Ýeriň üstüne ýakyn gatlaklaryň dykyzlygy pes, olaryň döwülme görkezijisi hem az. Howanyň döwülme görkezijisiniň ýokarlyga tarap artmagy ýokardan gelýän şöhleleriň serpikmegine sebäp bolýar. Eger-de howanyň ýere ýakyn gatlaklaryna düşýän şöhleleriň doly yzyna serpikmesi bolsa, salgym diýip atlandyrylýan suwly köljagazlara meňzeş zatlar görnüp başlaýar. Salgymyň ýüze çykmagynyň şerti hökmünde asmandan gelýän ýagtylyk şöhleleriniň doly serpikmesidir. Gözegçi "köle" tarap näçe ýörese, "köl" hem şonça aralyga daşlaşýar.

ç) Ýeriň üstündäki we h beýiklikdäki howanyň döwülme görkezijilerini n we n_0 diýip belläliň. (1) formulany ulanyp, $n \sin\beta = n_1 \sin\alpha_k$ diýip ýazmak bolýar. $\beta = 90°$ bolýandygy çyzgydan görünýär.



Diýmek, $n = n_1 \sin\alpha_k$, α_k – salgymyň görünmegi üçin kritiki burç. Çyzgydan $\sin\alpha = L/\sqrt{L^2+h^2}$ bolýandygy görünýär. Şeýlelik bilen

$$n = \frac{n_1 L}{\sqrt{L^2+h^2}}, \quad L = 250\ m. \qquad (2)$$

Meseläniň şertine görä: $n-1 \sim \rho$, $\rho = \frac{m}{V} = \frac{\mu p_A}{RT}$,

$$n_0 - 1 = \frac{\mu p_A}{RT_0}, \quad n-1 = \frac{\mu p_A}{RT}, \quad n_1 - 1 = \frac{\mu p_A}{RT_1}. \qquad (3)$$

Soňky deňlemelerden: $n = 1 + \frac{T_0}{T}(n_0 - 1)$, (4)

$$n_1 = 1 + \frac{T_0}{T_1}(n_0 - 1). \qquad (5)$$

(5) deňlemeden $n_1 = 1.0002623$ bolýandygyny taparys.

(2) deňlemeden: $n = \frac{Ln_1}{\sqrt{L^2+h^2}} = 1{,}0002418$. Ýeriň üstündäki howanyň temperaturasy (4) deňlemeden tapylar:

$$T = T_0 \cdot \frac{n_0 - 1}{n-1} = 329K = 56°S.$$

275. $F_1 = \frac{(n-1)F}{n/n_1 - 1} = 90\ sm$; $\quad F_2 = \frac{(n-1)F}{n/n_2 - 1} = -102\ sm$.

276. $F_1' = 6F_1F_2/(4F_1 + 3F_2)$; $\quad F_2' = 8F_1F_2/(4F_1 + 3F_2)$.

277. $F = \frac{n_1 R}{n_0 - n_2} = -40\ sm$. $\quad$ **278.** $\approx 1{,}9\ a$.

279. a) $\cos\theta = \left(k - \frac{\varphi}{2\pi}\right)\lambda / d$, $\quad k = 0, \pm1, \pm2, \ldots$

b) $\varphi = \frac{\pi}{2}$, $\quad \frac{d}{\lambda} = k + \frac{1}{4}$, $\quad k = 0, 1, 2, \ldots$

280. a) $\Delta x = \lambda(b+r)/(2\alpha r)$, $\quad N = \frac{2b\alpha}{\Delta x} + 1 = 9$;

b) $\delta x = \left(\frac{b}{r}\right)\delta = 13\ mm$.

31. $\Delta x = \lambda / \alpha$. **282.** $d = \dfrac{(2k+1)\lambda_0}{4\sqrt{n^2 - \sin^2\alpha}}$, b) $k = 0,1,2,3,\ldots$,

$= ab\,\rho\, d, \quad m_{iň\,kiçi} = ab\rho d_{iň\,kiçi} = 0.06\ mg < 0,1\ mg.$

83. $\Delta h = h_{k+1} - h_k = \dfrac{\lambda D}{l}, \qquad h_{k+1} = (k+1)\lambda D / l,$

$h_k = \dfrac{k\lambda D}{l}, \quad k=1,2,3,\ldots$

84. $H_{n-1} = \sqrt{2D\lambda\left(1 + \dfrac{D}{l}\right)}$. **285.** $\lambda_2 = \dfrac{2k_1\lambda_1}{2k_2+1} = 400\ nm$.

286. $I(\theta) = I_0 \cdot \dfrac{\sin^2\left[\pi(1+\sin\theta)\right]}{\sin^2\left[\dfrac{\pi}{4}(1+\sin\theta)\right]}$. **287.** $n_1 = n + \dfrac{N\lambda}{l} = 1{,}000377$.

288. a) 13; b) 23. **289.** $\lambda \approx d \cdot \Delta\varphi = 0{,}17\ mkm$. **290.** $k = 6$.

291. $b = \dfrac{ar^2}{k\lambda a - r^2} = 2\ m$. **292.** $\sin\theta_2 = \dfrac{3\lambda_2}{2\lambda_1}\sin\theta_1$, $\theta_2 = 55°$.

293. $\lambda = \dfrac{d\sin\Delta\theta}{\sqrt{5 - 4\cos\Delta\theta}} = 0{,}54\ mkm$. **294.** a) 45°; b) 64°.

295. $\theta_1 = 33°$, $\theta_2 = 27°$. **296.** $\lambda = \dfrac{(r_2^2 - r_1^2)(a+b)}{2ab} = 0{,}6\ mkm$.

297. $r = r_1 = \sqrt{b\lambda} = 1{,}1\,mm$. **298.** $\lambda = \dfrac{2}{k}\left(\dfrac{4\mu}{\rho N_A}\right)^{1/3}\sin\alpha = 488\,pm$.

299. $\theta_B = 41°15'$. **300.** $\varphi = 66°40'$, $\gamma_{iň\,kiçi} = 46°40'$. **301.** $d = 6.06\ mm$.

302. Polýaroidda ýagty we garaňky zolaklar görner. Olaryň arasyndaky uzaklyk

$\Delta h = \dfrac{\pi}{2\alpha tg\dfrac{\psi}{2}} \approx 2{,}7\ sm$. **303.** $\alpha = \dfrac{\pi}{\Delta x tg\psi} \approx 21°\ (mm)^{-1}$.

304. $<\upsilon> = 2{,}25\cdot10^8\ \dfrac{m}{s}$, $<u> = 2{,}21\cdot10^8\ \dfrac{m}{s}$.

305. $\upsilon = \dfrac{c}{n} = 1{,}83\cdot10^8\ \dfrac{m}{s}$, $u = \left[1 + \left(\dfrac{\lambda}{n}\right)\left(\dfrac{dn}{d\lambda}\right)\right]\dfrac{c}{n} = 1{,}7\cdot10^8\ \dfrac{m}{s}$.

306. $\varepsilon = 1 + A/\omega^2$, A=hemişelik. **307.** $\Delta\lambda = \lambda W/(mc^2) = 0{,}7\,nm$.

308. $\upsilon = c\left[\left(\dfrac{\lambda_1}{\lambda_2}\right)^2 - 1\right] \Big/ \left[1 + \left(\dfrac{\lambda_1}{\lambda_2}\right)^2\right] = 7{,}1\cdot10^4\ km/s$.

309. a) $\omega = \dfrac{\omega_0}{\sqrt{1 - \upsilon^2/c^2}} = 5\cdot10^{10}\,s^{-1}$; b) $\omega = \omega_0\sqrt{1 - \upsilon^2/c^2} = 1{,}8\cdot10^{10}\,s^{-1}$.

310. $\dfrac{\Delta M}{\Delta t} \approx 4\cdot10^9\ kg/s$. **311.** $T_2 = \dfrac{bT_1}{b + T_1\Delta\lambda} = 1750\,K$.

312. $5\cdot10^9\ kg/s$, 10^{11} ýyl. **313.** $t = (\eta^3 - 1)\rho cd/(18\sigma T_0^3) = 2\ sagat$.

314. a) $u(\omega) = \dfrac{\Delta I(\omega)}{\Delta\omega} = \dfrac{h\omega^3}{8\pi^3c^2\left[\exp\left(\dfrac{h\omega}{2\pi kT}\right) - 1\right]}$;

b) $u(\lambda) = \dfrac{\Delta I(\lambda)}{\Delta\lambda} = \dfrac{2\pi hc^2\lambda^{-5}}{\exp\left(\dfrac{hc}{\lambda kT}\right) - 1}$.

315. Stefan-Bolsmanyň kanuny gyzdyrylan jisimiň ähli tolkun uzynlyklarynda goýberýän energiýasyny aňladýar. Plankyň formulasy bolsa goýberilýän energiýanyň tolkun uzynlygy boýunça paýlanyşyny berýär. Şeýlelik bilen, Plankyň formulasyndan Stefan-Bolsmanyň kanunyny almak üçin, paýlanyş funksiýasyny ähli tolkun uzynlyklar (ýa-da ýygylyklar) boýunça integrirlemeli.

Bölüme girişdäki (1) formuladan:

$$I = \frac{2\pi h}{c^2}\int_0^{\infty}\frac{\nu^3 d\nu}{exp\left(\frac{h\nu}{kT}\right)-1}. \tag{1}$$

Ýazgylary gysgaltmak üçin täze bellikleri girizýäris:

$\frac{h\nu}{kT} = x$, $\nu = \frac{kT}{h}x$, $d\nu = \frac{kT}{h}dx$. Indi (1) formula aşakdaky ýaly ýazylar:

$$I = \frac{2\pi h}{c^2}\left(\frac{kT}{h}\right)^4\int_0^{\infty}\frac{x^3dx}{e^x-1} = AT^4\int_0^{\infty}\frac{x^3e^{-x}dx}{1-e^{-x}}. \tag{2}$$

Bu ýerde $A = \frac{2\pi h}{c^2}\left(\frac{k}{h}\right)^4$. Ikinji formuladaky $\frac{1}{1-e^{-x}}$ funksiýany e^{-x} derejeleri boýunça tükeniksiz hatara dargatmaly. Bu işi ýerine ýetirip, (2) aşakdaky görnüşde ýazmak bolýar:

$$I = AT^4\int_0^{\infty}x^3\sum_{n=1}^{\infty}e^{-nx}dx = AT^4\sum_{n=1}^{\infty}\int_0^{\infty}x^3e^{-nx}dx. \tag{3}$$

(3) formuladaky integrallar bölekleýin usul ulanyp hasaplanýar. Hasaplamalar ýerine ýetirilse, meýdan birliginden wagt birliginde goýberilýän energiýa tapylýar:

$$I = 6AT^4\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{n^4} = 6AT^4\frac{\pi^4}{96} = \frac{\pi^5 h}{8c^2}\left(\frac{k}{h}\right)^4 T^4 = \sigma T^4. \tag{4}$$

Bu ýerde $\sigma = \frac{\pi^5 h}{8c^2}\left(\frac{k}{h}\right)^4$ – Stefan-Bolsmanyň hemişeligi.

316. $\Delta T = PT_{L}/(4P_0) \approx 7{,}2\cdot10^{-3}K$, $P_{many} \approx 1{,}5\cdot10^{14}Wt = 15P$.

317. $T_2 = T_1\left(\frac{d}{2l}\right)^{1/2} \approx 400K$.

318. a) $<j> = \frac{P\lambda}{4\pi hcr^2} = 6\cdot10^{13}\ sm^{-2}s^{-1}$; b) $r = \sqrt{\frac{\pi P\lambda}{nh}}\Big/(2\pi c) = 9\ m$.

319. $<p> = \frac{4(1+r)W}{\pi d^2ct_0} \approx 5\ MPa = 50\ atm$.

320. a) $4{,}5\cdot10^{-6}\ Pa$; b) $9\cdot10^{-6}\ Pa$; ç) $6{,}3\cdot10^{-7}\ Pa$.

321. $\Delta T = T_{per} - T_{af} \approx 4{,}9K$. **322.** $T = (3cR\rho/\sigma\mu)^{1/3} = 2\cdot10^7 K$.

323. Mesele çözülende foton gazy bilen bir atomly ideal gazyň arasyndaky meňzeşlikler bar diýip kabul edeliň. Şonuň üçin fotonlar gabyň diwaryna urulýarlar we serpigýärler. Fotonyň impulsy $\vec{p}$, onuň x oka proýeksiýasy p_x. Foton diwara degip serpigenden soň, onuň x ok boýunça impulsy $2p_x$ bolar. Fotonlaryň birlik göwrümdäki sany n diýeliň. x koordinat boýunça diwara urulmalar we serpikmeler sebäpli döreýän basyş p_1 diýeliň ("1" indeksi basyşy impulsdan tapawutlandymak üçin ulandyk). Onda

$$p_1 = 2np_x v = 2np_x c. \tag{1}$$

Bu basyşyň orta bahasy $np_\lambda c$ bolar. Seredilýän V göwrümde N sany foton bar diýeliň. Şonuň üçin

$$p_1 V = \frac{N}{3} < \vec{p}\vec{c} > . \qquad (2)$$

Bir fotonyň energiýasy $W_1 = pc$. Gapdaky hemme fotonlaryň energiýasy $W = NW_1$ bolar. Mundan hem başga $< \vec{p}\vec{c} > = < pc >$ bolýanyny hem belläliň. Indi (2) deňleme bize gerek görnüşe ýakynlaşdyrylyp ýazylar:

$$p_1 V = \frac{1}{3} W . \qquad (3)$$

Soňky deňlemeden:

$$p_1 = \frac{1}{3}\frac{W}{V} = \frac{1}{3} W' . \qquad (4)$$

Foton gazynyň basyşy energiýanyň dykyzlygynyň 1/3 -ne deňdir. Molekulýar-kinetik nazaryetiň esasy deňlemesi bilen (4) deňlemäniň arasyndaky meňzeşlik mese-mälim bolup durandyr.

Alnan (4) formulanyň amaly peýdasy az. Ony amaly meseleleri çözmäge uýgunlaşdyralyň. Biziň garaýan göwrümimiziň içinde şöhlelenme bar diýeliň. Energiýanyň dykyzlygy

$$\frac{W}{V} = \frac{W}{Sc\Delta t} = \frac{I}{c} = \frac{\sigma T^4}{c} . \qquad (5)$$

Energiýanyň hakyky dykyzlygy (5) deňlemedäkiden 4 esse az bolmaly. Hasaplamalary soňuna çenli alyp barmak üçin içi şöhlelenmeli gabyň bir böwründe kiçijik deşik bar diýeliň. Diňe şu

deşikden çykyp bilýän fotonlaryň energiýasy $\frac{W}{V}$ -niň ýarysyna deň. Energiýanyň galan ýarysy fotonlar üste perpendikulýar gelmeseler çykyp bilmeýär. Göwrümden çykyp biljek fotonlaryň sany olaryň üste düşme burçunyň kosinusyna proporsional. Düşme burçlaryň kosinuslarynyň orta bahasy 1/2 -e deň. Şeýlelik bilen, (5) deňleme aşakdaky görnüşe eýe bolar:

$$\frac{1}{4}\cdot\frac{W}{V} = \frac{\sigma T^4}{c}, \quad \text{ýa-da} \quad \frac{W}{V} = \frac{4\sigma T^4}{c} . \qquad (6)$$

Şeýlelik bilen foton gazynyň basyşy:

$$p_1 = \frac{4}{3}\cdot\frac{\sigma T^4}{c} . \qquad (7)$$

324. $T = \left(\frac{3cp}{4\sigma}\right)^{1/4} \approx 1,4\cdot 10^5 K$. **325.** $C_V = 16V\sigma T^3/c = 3,55\cdot 10^{-9}$ J/K,

$C'_V = \frac{2\sigma VT^3}{c}$, bu ýerden $C_V = 8C'_V$ bolýar diýen netije çykýar.

326. $p = 32\sigma T^4/(3c) \approx 1,26\cdot 10^{-4}$ Pa.

327. $A = \frac{hc(n^2 - \lambda_2/\lambda_1)}{\lambda_2(n^2-1)} = 1,9$ eW.

328. $\varphi_{iň\ uly} = 4,4$ W. **329.** 332 nm, $6,6\cdot 10^5$ m/s.

330. $W_{iň\ uly} = \frac{h}{2\pi}(\omega_0 + \omega) - A_{çyk} = 0,38$ eW.

331. $k = \frac{hcJ}{e\lambda} = 0,02$. **332.** $4\cdot 10^5\ sm^{-2}s^{-1}$.

333. $h = \frac{e(\varphi_2 - \varphi_1)}{\nu_2 - \nu_1} = 6{,}6 \cdot 10^{-34}\ J \cdot s$.

334. a) $4 \cdot 10^7\ \frac{m}{s}$; b) $2{,}13 \cdot 10^6\ \frac{m}{s}$.

335. $T \approx 290K$.

336. $n = \frac{F\lambda}{h(1+r)} = 3{,}77 \cdot 10^{18}\ s^{-1}$.

337. Doly energiýa $W = mc^2$ diýip kabul edeliň. Jisimiň tizliginiň artmagynyň sebäbi oňa daşardan $\vec{F}$ güýjüň täsir etmegidir. Doly energiýanyň wagt boýunça üýtgemegi kuwwata deňdir, ýagny

$$\frac{dW}{dt} = (\vec{F}\vec{\upsilon}). \tag{1}$$

Şu ýerde Nýutonyň ikinji kanunyny ulanalyň:

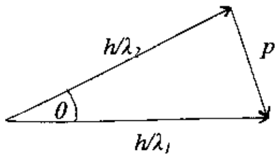
$$\vec{F} = \frac{d(m\vec{\upsilon})}{dt}. \tag{2}$$

Soňky deňlemäni 2 m-e köpeldip, ýönekeý özgertmeleri geçireliň. Onda

$$c^2 \frac{dm^2}{dt} = \frac{d(m\upsilon)^2}{dt}. \tag{3}$$

(3) formula differensial deňleme hökmünde garap, ony çözeliň:

$$m^2c^2 = m^2\upsilon^2 + A. \tag{4}$$



(4) formuladaky A hemişelik $\upsilon = 0$ bolanda $m = m_0$ diýen şert ulanylyp tapylýar. m_0 jisimiň dynçlyk massasy diýilýär. Şeýlelik bilen $A = m_0c^2$. Indi (4) formula gutarnykly görnüşe geçer:

$$m^2c^2 = m^2\upsilon^2 + m_0^2c^2. \tag{5}$$

Kyn bolmadyk amallary ýerine ýetirip, gözlenýän formulany alarys

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \upsilon^2/c^2}}. \tag{6}$$

338. $n = \frac{W_1 - W_2}{W_1} = \frac{\lambda_k(1 - \cos\theta)}{\lambda_1 + \lambda_k(1 - \cos\theta)} = 0{,}102$.

339. $\omega' = \frac{2\pi}{\lambda + h/mc} = 2{,}2 \cdot 10^{20}\, s^{-1}$; $W_k = \frac{hc/\lambda}{1 + \lambda mc/h} = 60\ keW$.

340. $W_k = \frac{E\eta}{1+\eta} = 0{,}2\ MeW$.

341. $h\nu = \left[1 + \sqrt{1 + 2mc^2 \Big/ \left(W_k \sin^2\frac{\theta}{2}\right)}\right] \cdot \frac{W_k}{2} = 0{,}68\ MeW$.

342. $\alpha = 90°$. **343.** $W_k = \frac{2h^2 \sin^2\frac{\theta}{2}}{m\lambda_0\left(\lambda_0 + \frac{2h}{mc}\sin^2\frac{\theta}{2}\right)} = 570\ eW$.

344. Fotonyň başdaky we soňky tolkun uzynlyklaryny λ_1 we λ_2, elektronyň başdaky kinetik energiýasy W_1, soňkusy 0. Impulsyň saklanmak kanunyny ýazanymyzda çyzgyny göz öňünde tutalyň:

$$p^2 = \left(\frac{h}{\lambda_1}\right)^2 + \left(\frac{h}{\lambda_2}\right)^2 - \frac{2h^2}{\lambda_1\lambda_2}\cos\theta . \qquad (1)$$

Energiýanyň saklanmak kanuny:

$$W_1 + \frac{hc}{\lambda_1} = \frac{hc}{\lambda_2} . \qquad (2)$$

Meseläni çözmek üçin elektronyň energiýasy bilen impulsyny baglanyşdyrýan deňlemäni hem ulanmaly. Şu meseläniň şertlerinde ol deňleme aşakdaky ýaly ýazylar:

$$p^2 = \frac{W_1^2}{c^2} + 2m_0W_1 . \qquad (3)$$

(1) bilen (3) deňlemeleri deňeşdirip tapýarys:

$$\left(\frac{h}{\lambda_1}\right)^2 + \left(\frac{h}{\lambda_2}\right)^2 - \frac{2h^2}{\lambda_1\lambda_2}cos\theta = \frac{W_1^2}{c^2} + 2m_0W_1 . \qquad (4)$$

(2) deňlemäni (4) deňlemede ornuna goýup, tolkun uzynlygynyň üýtgemesini taparys:

$$\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1 = \frac{h}{\lambda m_0 c}(1 - cos\theta) = \frac{2h}{m_0 c} sin^2\frac{\theta}{2} = 1{,}2\ pm.$$

345. 123 pm; 2,86 pm; 0,186 pm.

346. $W_k = (\sqrt{2} - 1)mc^2 = 0{,}21\,MeW.$

347. $\upsilon = 2hl/(mb\Delta x) = 2 \cdot 10^6\ \frac{m}{s}$.

348. $10^4\frac{sm}{s}$; $10\frac{sm}{s}$; $10^{-20}\frac{sm}{s}$.

349. $W_k = \frac{1}{2}m\upsilon^2 = \frac{\hbar^2}{2ml^2} = 1\,eW.$

350. $W_{iň\,kiçi} = \hbar\sqrt{\frac{k}{m}} = \hbar\omega_0$.

351. $W_{iň\,kiçi} = -\frac{me^4}{2\hbar^2} = -13{,}6\,eW$; $r_{ef} = \frac{4\pi\varepsilon_0\hbar^2}{me^2} = 53\,pm.$

352. He^+. **353.** $\upsilon = 3\hbar R/(4m_H c) = 3{,}25\ \frac{m}{s}$.

354. $R = \frac{176\pi c}{15Z^2\Delta\lambda} = 2{,}07 \cdot 10^{16}\,s^{-1}$.

355. a) elektron r radiusly orbitada υ tizlik bilen hereket edýär. Onuň impulsy $m\upsilon$, impulsyň momenti $m\upsilon r$. Kwant nazaryeti impulsyň momentiniň kwantlaşmagyny talap edýär. Impulsyň momentiniň kwantlaşma şerti:

$$m\upsilon_n r_n = n\hbar , \ n = 1,2,3,\ldots \qquad (1)$$

b) stasionar orbitadaky elektrona täsir edýän güýçleri deňleşdirip, aşakdaky formulany alarys:

$$m\upsilon_n^2 = \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 r_n} . \qquad (2)$$

(1) we (2) formulalary bilelikde ulanyp, r_n taparys:

$$r_n = \frac{4\pi\varepsilon_0 n^2\hbar^2}{me^2}, \quad n = 1,2,3,\ldots \tag{3}$$

Kwant sany $n=1$ bolanda alynýan r_1 radiusa birinji Bor radiusy diýilýär. Onuň san bahasy

$$r_1 = a_0 = \frac{4\pi\varepsilon_0\hbar^2}{me^2} = 0{,}528\cdot 10^{-10}\ m = 0{,}528\ A. \tag{4}$$

Atom fizikasynda a_0 uzynlyk birligi hökmünde ulanylýar.

ç) elektronyň potensial we kinetik energiýalary

$$W_p = -\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 r_n},\ W_k = \frac{1}{2}mv_n^2\,. \tag{5}$$

Elektronyň doly energiýasy:

$$W_n = \frac{1}{2}mv_n^2 - \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 r_n} = \frac{e^2}{8\pi\varepsilon_0 r_n} - \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 r_n} = -\frac{e^2}{8\pi\varepsilon_0 r_n}\,. \tag{6}$$

(6) deňleme alnanda (2) deňleme ulanyldy. r_n bahasyny (6) deňlemede ornuna goýup alarys:

$$W_n = -\frac{me^4}{2(4\pi\varepsilon_0)^2 n^2\hbar^2}\,. \tag{7}$$

d) wodorod atomyny ionlaşdyrmak üçin edilmeli iş onuň energiýasynyň üýtgemegine deňdir. $r_n \to \infty$ bolsa, $W_n = 0$ (Bu netije

(6) deňlemeden gelip çykýar). Şeýlelik bilen ionlaşdyrmak üçin edilmeli iş:

$$A_n = W_n(\infty) - W_n(r_n) = \frac{e^2}{8\pi\varepsilon_0 r_n}\,. \tag{8}$$

Elektrony birinji orbitadan tükeniksizlige geçirmek üçin edilmeli işe wodorody ionlaşdyrmak işi diýilýär. (8) deňlemede $r_n = r_1$ diýip hasaplamalar geçirsek, wodorody ionlaşdyrmak işini alarys. Ol iş $A_1 = 13{,}5\ eW$.

e) bu ýerde Balmeriň formulasyny ulanmaly. Balmeriň formulasynda n=2, m=4 goýsak, $\lambda = 0{,}48\ mkm$ bolýandygyny taparys.

Şöhle goýberilende atomyň tizligi üýtgeýär. Ol üýtgemäni impulsyň saklanmak kanunyndan taparys

$$\frac{\hbar\omega}{c} = m_H \Delta v\,. \tag{9}$$

Şu ýerden $\Delta v = \dfrac{\hbar\omega}{m_H c} = \dfrac{R\hbar}{m_H c}\left(\dfrac{1}{n^2} - \dfrac{1}{m^2}\right) = 0{,}81\ \dfrac{m}{s}$.

356. $Z = 2(He^+)$, $\quad A = \dfrac{Z^2e^2}{8\pi\varepsilon_0 r_1} = 54{,}5\ eW.$

357. 0,255 pm; 2,8 keW; 0,65 nm.

358. $T = \dfrac{m_H\lambda^2(\Delta v)^2}{3k} = 44K;\ \ v = \lambda\Delta v = 1050\ m/s.$

359. 1,88; 0,657 we 0,486 mkm.

360. 0,45 keW. **361.** $\approx 25\%$.

362. $N = 1{,}2\cdot 10^{15}$. **363.** $\tau \approx 16\ s$.

364. $T = 4{,}5\cdot 10^9$ ýyl.

365. 4100 ýyl. **366.** $t = T\,ln\left(\frac{1+\eta}{\eta}\right)\Big/ ln\,2 = 2\cdot 10^9$ ýyl.

367. $3{,}2\cdot 10^{17}$ we $0{,}8\cdot 10^5$ *Bk/g.*

368. $\rho \approx 2\cdot 10^{17}\ \frac{kg}{m^3}$; $n = 1\cdot 10^{44}\ \frac{nuklon}{m^3}$.

369. ^{8}Be, W_{bag}=56,5 *MeW.*

370. a) 8 *MeW*; b) 11,5 we 8,7 *MeW*; ç) 14,5 *MeW*.

371. a) -1,65 *MeW*; b) 6,82 *MeW*; ç) -2,79 *MeW*; d) 3,11 *MeW*.

372. $W = 17{,}6$ *MeW*; $Q = 3{,}4\cdot 10^{11}$ *kJ.*

373. Birinji reaksiýada çykýan energiýa 0,7 *MeW* artyk.

374. $W = 3\cdot 10^7$ *kJ.*

Goşmaçalar

1. Esasy trigonometrik formulalar

$$sin^2\alpha + cos^2\alpha = 1,\quad tg\alpha\cdot ctg\alpha = 1,$$
$$sin(\alpha \pm \beta) = sin\alpha\, cos\beta \pm cos\alpha\, sin\beta,$$
$$cos(\alpha \pm \beta) = cos\alpha\, cos\beta \mp sin\alpha\, sin\beta,$$
$$sin\alpha + sin\beta = 2\,sin\frac{\alpha+\beta}{2}\cdot cos\frac{\alpha-\beta}{2},$$
$$cos\alpha + cos\beta = 2\,cos\frac{\alpha+\beta}{2}\cdot cos\frac{\alpha-\beta}{2}.$$

2. Kompleks sanlar hakynda käbir maglumatlar

$$e^{ix} = cos\,x + i\,sin\,x,\quad e^{-ix} = cos\,x - i\,sin\,x,$$
$$sin\,x = \frac{e^{ix}-e^{-ix}}{2i},\quad cos\,x = \frac{e^{ix}+e^{-ix}}{2}.$$

3. Wektorlaryň skalýarlaýyn köpeltmek hasyly

$$(\vec{A}\vec{B}) = A_xB_x + A_yB_y + A_zB_z.$$

Wektorlaryň wektorlaýyn köpeltmek hasyly

$$[\vec{A}\vec{B}] = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ A_x & A_y & A_z \\ B_x & B_y & B_z \end{vmatrix} = \vec{i}(A_yB_z - A_zB_y) - \vec{j}(A_xB_z - B_xA_z) + \vec{k}(A_xB_y - B_xA_y).$$

4. Käbir funksiýalaryň önümleri

Funksiýa	Önüm	Funksiýa	Önüm
x^n	nx^{n-1}	tgx	$\frac{1}{cos^2 x}$
e^x	e^x	$ctgx$	$-\frac{1}{sin^2 x}$
e^{nx}	ne^{nx}	$arcsin x$	$(1-x^2)^{-1/2}$
a^x	$a^x \ln a$	$arccos x$	$-(1-x^2)^{-1/2}$
$\ln x$	$\frac{1}{x}$	$arctgx$	$\frac{1}{1+x^2}$
$sin x$	$cos x$	$arcctgx$	$-\frac{1}{1+x^2}$
$cos x$	$-sin x$		

5. Käbir kesgitsiz integrallar

$$\int x^n dx = \frac{x^{n+1}}{n+1} \quad (n \neq -1),$$

$$\int \frac{dx}{x} = \ln x,$$

$$\int sin\, x dx = -cos\, x,$$

$$\int cos\, x dx = sin\, x,$$

$$\int tgx dx = -\ln cos\, x,$$

$$\int ctgx dx = \ln sin\, x,$$

$$\int \frac{dx}{cos^2 x} = tgx,$$

$$\int \frac{dx}{sin^2 x} = -ctgx,$$

$$\int e^{nx} dx = \frac{1}{n} e^{nx},$$

$$\int \frac{dx}{\sqrt{1-x^2}} = arcsin\, x,$$

$$\int \frac{dx}{\sqrt{x^2-1}} = \ln(x + \sqrt{x^2-1}),$$

$$\int \frac{dx}{x^2+1} = arctgx.$$

Bölekleýin integrallaşdyrmagyň düzgüni

$$\int u dv = uv - \int v du.$$

6. Köp ulanylýan funksiýalaryň hatar görnüşde ýazylyşy

$$e^x = 1 + \frac{x}{1!} + \frac{x^2}{2!} + \frac{x^3}{3!} + \ldots$$

$$e^{-x} = 1 - \frac{x}{1!} + \frac{x^2}{2!} - \frac{x^3}{3!} + \ldots$$

$$sin\, x = \frac{x}{1!} - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} - \frac{x^7}{7!} + \ldots$$

$$cosx = 1 - \frac{x^2}{2!} + \frac{x^4}{4!} - \frac{x^6}{6!} + \ldots$$

$$\ln(1+x) = \frac{x}{1} - \frac{x^2}{2} + \frac{x^3}{3} - \frac{x^4}{4} + \frac{x^5}{5} - \ldots$$

$$\ln(1-x) = -\frac{x}{1} - \frac{x^2}{2} - \frac{x^3}{3} - \frac{x^4}{4} - \ldots$$

$$\sqrt{1+x} = 1 + \frac{1}{2}x - \frac{1}{2\cdot 4}x^2 + \frac{1\cdot 3}{2\cdot 4\cdot 6}x^3 - \ldots$$