

**Türkmenistanyň bilim ministrlygi
Türkmen politehniki instituty**

A.Akgaýew, Ý. Kadyrow, A. Hojamkulyýew

**F I Z I K A D A N
M E S E L E L E R
Ý Y G Y N D Y S Y**

Aşgabat-2010 ý

Gollanmada Türkmenistanyň bilim ministrliginiň tehniki ýokary okuw mekdepleriniň inžener-tehniki hünärleri üçin fizika dersi boýunça tassyklanan maksatnamasy esasynda alnan materiallar alty bölümde ýerleşdirildi. Olaryň her birinde esasy formulalar, mesele çözmegiň mysallary we meseleler beýan edilýär. Şeýle-de gollanmada golaýlaşan hasaplamanyň usullary, mesele çözmek üçin umumy görkezmeler we gerekli maglumatlar getirilýär.

Fizika meseleler ýygynyndysy A.Alçekowyň umumy redaksiýasy bilen taýýarlanyldy.

Sözbaşy.

Garassyz baky Bitarap Türkmenistan döwletimizde geljeginiz bolan ýaşlaryň dünýäniň in ösen talaplarynyň laýyk gelýän derejede bilim almagy üçin ähli işler edilýär.

Hormatly Prezidentimiz döwlet başyna geçen ilkinji gününden bilime, ylma giň ýol açdy, Türkmenistan ýurdumyzda milli bilim ulgamyny kämilleşdirmek boýunça düýpli özgertmeler geçirmäge girişdi.

Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň “Türkmenistanda bilim ulgamyny kämilleşdirmek hakynda” 2007-nji ýylyň 15-nji fewralyndaky Permany bilim ulgamyndaky düýpli özgertmeleriň başyny başlady.

Häzirki zaman milli bilim ulgamyndaky döwrebap özgertmeler ýaş nesliň ýokary derejede bilim almagyna we terbiýelenmegine, giň dünýägarayyşly, edep- terbiýeli, tämiz ahlakly, kämil hünärmenler bolup ýetişmeklerine uly ýardam edýär.

Hormatly Prezidentimiz ýygnaqlarda, uly Döwlet maslahatlarynda milli maksatnamada göz önünde tutulan meseleleriň çözülişleri, durmuşa geçirilişini esasy üns merkezinde saklaýar

Bu kitabyň maksady we meselesi inžener tehniki hünäri boýunça bilim alýan talyp ýaşlaryň Türkmenistanyň syýasy – ykdysady ösüşlerini göz önünde tutup, Watanmyzyň gülläp ösmegi, halkymyzyň hal – ýagdaýynyň gowulanmagy üçin ýokary derejeli hünärmenleri taýýarlamagyň esasy bolup durýar.

Ata watanymyzyň beýik galkynyşy, uly özgertmeleri başdan geçirýän döwründe hormatly Prezidentimiz Gurbanguly Berdimuhamedowyň tagallasy bilen ylym-bilim ulgamyndaky ösüşleriň depgini has-da güýçlenýär. Ýaşlaryň ösen dünýägarayyşly, ýokary hünär derejeli, zehinli hünärmenler bolup ýetişmekleri üçin ylym-bilim ulgamynyň işgärleriniň

öňünde halkara derejelerindäki okuw kitaplaryny we gollanmalaryny taýýarlamak baş wezipe bolup durýar.

Ýokary okuw mekdeplerinde fizika dersi umumy, amaly we tejribe sapaklary görnüşinde geçirilmek bilen, umumy okuwlarda teoretiki materiallar, tejribe okuwlarynda bolsa, esasan, fiziki ululyklary ölçemegiň usullary öwrenilýär. Amaly okuwlaryň esasy bolup, meseleler çözmek durýar. Öwrenilýän teoretiki materiallary berkitmekde, kanunalaýyklyklary aýratynlykda öwrenmekde we olaryň birnäçesiniň baglanyşyklaryny öwrenmekde amaly sapaklaryň ähmiýeti uludyr. Şeýle-de bu sapaklarda hasaplamanyň dürli usullary öwrenilýär.

Bu gollanmada ýokary okuw mekdepleriniň inžener-tehniki hünärleri üçin maksatnama boýunça alnan materiallar alty bölümde ýerleşdirilen. Olaryň her birinde esasy formulalar, mesele çözmegiň mysallary we meseleler beýan edilýär. Şeýle-de gollanmada golaýlaşan hasaplamalary geçirmegiň usullary, mesele çözmek üçin umumy görkezmeler we gerekli sanly maglumatlar getirilýär.

Gollanma inžener-tehniki hünärleriň talyplary we mugallymlary üçin niýetlenendir.

Meseleleri çözmek üçin görkezmeler.

Islendik mesele çözülide ilki bilen çözüwiň esaslanýan esasy kanunlaryny görkezmeli we degişli formulalary ýazmaly. Formulalarda getirilýän ululyklara düşündiriş bermeli. Mesele çözülide esasy formulalar gönümel ulanylman, olardan hususy hal üçin gelip çykýan aňlatma ulanylýan bolsa, onda soňky aňlatmanyň getirilip çykarylyşyny görkezmeli.

Mümkin bolan şertlerde, meseläniň mazmunyny düşündirýän çyzgy çyzmaly. Meseläniň çözülişine gysgaça düşündiriş berip işlemeli.

Meseläniň çözüwini umumy görnüşde, ýagny gözlenýän ululygy harp belgileriniň üsti bilen aňlatma görnüşinde almaly. Aralyk hasaplamalary geçirmek maslahat berilmeýär.

Alnan jemleýji formulanyň sag tarapyndaky harplaryň ýerine ululyklaryň ölçeg birlikleriniň simwollaryny goýmaly we üstünde amallary ýerine ýetirip, gözlenýän ululygyň ölçeg birliginiň dogry çykýandygyna göz ýetirmeli. Bu netijäniň dogry çykmazlygy jemleýji netijäniň dogrydældigini görkezzer.

Soňra, jemleýji formula ululyklaryň Halkara sistemasynda aňladylan san bahalaryny goýmaly we hasaplamalar geçirmeli. Eger jemleýji formulanyň sanawjysynda we maýdalawjysynda ölçeg birlikleri deň, derejeleri deň ululyklar bar bolsa, ýagny ölçeg birlikleriň gysgaljakdygy anyk bolsa, onda bu ululyklary ölçeg birlikleriň beýleki sistemalarynda ýa-da, sistemalara girmeyän birlikde almak bolar. Şeýle-de okuw kitaplarynda we gollanmalarda sistemalaradan daşarky birlikleri (meselem: eW , massasynyň atom birligi m.a.b.) ulanmaly diýlip bellenen bolsa formulalarda degişli birlikleri ulanmak bolar.

1-nji bölüm

MEHANIKANYŇ FIZIKI ESASLARY

1A. Esasy formulalar.

Kinematika.

Göniçyzykly hereketde tizligiň we tizlenmäniň formulalary:

$$g = \frac{ds}{dt}, \quad a = \frac{dg}{dt} = \frac{d^2s}{dt^2}.$$

Göniçyzykly deňölçegli hereket üçin

$$g = \frac{s}{t}; \quad a = 0.$$

Göniçyzykly deňüýtgeýän hereket üçin

$$S = g_o t + \frac{at^2}{2},$$

$$g = g_o + at,$$

$$a = \text{const}.$$

Bu formulalarda deňtizlenýän hereket üçin $a > 0$, deňhaýallaýan hereket üçin $a < 0$. Egričyzykly hereketde doly tizlenme

$$a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2};$$

bu ýerde a_τ – tangensial tizlenme ; a_n – normal tizlenme.

Olaryň formulalary

$$a_\tau = \frac{dg}{dt}, \quad a_n = \frac{g^2}{R},$$

bu ýerde R – traýektorıyanyň berlen nokatdaky egrilik radiusy.

Aýlanma hereketde burç tizligi we tizlenmesi

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt}, \quad \varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\varphi}{dt^2}.$$

Deňölçeqli aýlaw hereket üçin

$$\omega = \frac{\varphi}{t} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu ,$$

bu ýerde T – aýlanma peridy , ν - aýlanma ýygylygy, ýagny wagt birligindäki doly aýlawlaryň sany. Burç tizliginiň çyzyk tizligi bilen baglanşygy

$$g = \omega R .$$

Aýlanma hereketde tangensial we normal tizlenmeler üçin aňlatmalar:

$$a_{\tau} = \varepsilon R , \quad a_n = \omega^2 R .$$

Dinamika.

Dinamikanyň esasy kanunynyň (Nýutonyň ikinji kanuny) deňlemesi

$$Fdt = d(mg) .$$

Massa hemişelik bolanda

$$F = m \frac{dg}{dt} = ma ,$$

bu ýerde a – F güýjüň täsiri bilen m massaly jisimiň alan tizlenmesi.

Orun üýtgetme s bolanda F güýjüň işi

$$A = \int_s F_s ds ,$$

bu ýerde F_s – güýjüň orun üýtgetmäniň ugruna proyeksiýasy, ds – ýol elementiniň ululygy. Integrirlenme tutuş s ýol boýunça alynmaly.

Güýç hemişelik bolanda işiň formulasy

$$A = F \cdot S \cos \alpha ,$$

bu ýerde α – \vec{F} güýç bilen orun üýtgetmäniň arasyndaky burç.

Kuwwatiň formulasy.

$$N = \frac{dA}{dt}.$$

Hemişelik kuwwat üçin

$$N = \frac{A}{t},$$

bu ýerde $A - t$ wagtda edilen iş.

Kuwwaty tizligiň we güýjiň hereketiň ugruna bolan proyeksiýasynyň köpelmek hasyly ýaly kesgitläp bolýar.

$$N = F_s \cdot \mathcal{G} \cos \alpha.$$

\mathcal{G} tizlik bilen hereket edýän, m massaly jisimiň kinetik energiýasy

$$E_k = \frac{m\mathcal{G}^2}{2}.$$

Täsir güýjüniň häsiýetine baglylykda potensial energiýanyň dürli görnüşli formulalary bardyr.

Ýapyk sistemada oňa girýän ähli jisimleriň hereket mukdarlarynyň geometrik jemi hemişelikdir.

$$m_1 \vec{\mathcal{G}}_1 + m_2 \vec{\mathcal{G}}_2 + \dots + m_n \vec{\mathcal{G}}_n = const$$

Maýyşgak däl merkezi urgudan soň m_1 we m_2 massaly jisimleriň tizligi

$$\mathcal{G} = \frac{m \vec{\mathcal{G}}_1 + m_2 \vec{\mathcal{G}}_2}{m_1 + m_2},$$

bu ýerde \mathcal{G}_1 – birinji jisimiň urgudan öňki tizligi \mathcal{G}_2 – ikinji jisimiň urgudan öňki tizligi.

Maýyşgak, merkezi urgudan öňki m_1 we m_2 massaly jisimleriň tizlikleri. Birinji jisimiň tizligi

$$\mathcal{G}_1 = \frac{(m_2 - m_1) \mathcal{G}_2 + 2m_1 \mathcal{G}_1}{m_1 + m_2}.$$

Egriçyzykly hereketde material nokada güýç täsir edýär. Ol güýç iki düzüjä dargadylýar: normal düzüji

$$F_n = \frac{m\mathcal{G}^2}{R} - \text{merkeze ymtylan güýç}$$

Bu ýerde \mathcal{G} – nokadyň tizligi, R – traýektorıýanyň egrilik radiusy.

Maýyşgak güýçleriň potensial energiýasy

$$E_p = \frac{kx^2}{2},$$

x – maýyşgak deformasiýanyň ululygy, k – deformasiýa koeffisiýenti.

Bütündünýä dartýşma kanuny

$$F = \gamma \frac{m_1 m_2}{R^2},$$

$\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 / \text{kg.s}^2$. – grawitasiýa hemişeligi, m_1 we m_2 – täsirleşýän jisimleriň massalary, R – jisimleriň massa merkezleriniň arasyndaky uzaklyk.

Gaty jisimiň aýlanma hereketi.

F güýjüň haýsydyr bir aýlanma oka görä M momenti

$$M = F\ell,$$

bu ýerde ℓ – aýlanma okundan güýjüň täsir edýän nokadyna çenli aralyk.

Material nokadyň haýsydyr bir aýlanma oka görä inersiýa momenti

$$J = mr^2,$$

bu ýerde m – material nokadyň massasy, r – nokatdan oka çenli aralyk.

Gaty jisimiň aýlanma okuna görä inersiýa momenti

$$J = \int r^2 dm,$$

bu ýerde integrirleme tutuş göwrüm boýunça geçirilmeli. Integrirleme geçirip aşakdaky formulalary alyp bolýar:

- 1) aýlanma okuna görä birhilli tutuş silindiriň (diskiň) inersiýa momenti

$$J = \frac{1}{2} m R^2,$$

bu ýerde R – silindiriň radiusy, m – onuň mssasy;

- 2) silindiriň okuna görä içki radiusy R_1 we daşky radiusy R_2 bolan boş silindiriň (halkanyň) inersiýa momenti

$$J = m \frac{R_1^2 + R_2^2}{2},$$

ýuka diwarly boş silindr üçin $R_1 \approx R_2 \approx R$ we

$$J \cong m R^2;$$

- 3) R radiusly birhili şaryň merkezinden geçýän oka

görä inersiýa momenti $J = \frac{2}{5} m R^2.$

- 4) ℓ uzynlykly birhilli sterženiň ortasyna perpendikulýar oka görä inersiýa momenti

$$J = \frac{1}{12} m \ell^2.$$

Eger haýsyda bolsa bir jisimiň massa merkezine görä J_o inersiýa momenti belli bolsa, onda ol oka parallel bolan islendik oka görä inersiýa momenti Şteýneriň formulasy bilen tapylýar

$$I = I_o + m d^2,$$

bu ýerde m – jisimiň massasy, d – massa merkezinden aýlanma oka çenli aralyk.

Aýlanma hereketiň dinamikasynyň esasy deňlemesi.

$$M = J \varepsilon,$$

bu ýerde M – jisime täsir edýän güýjüň momenti, J – inersiýa momenti,

ε – burç tizlenmesi.

Aýlanýan jisimiň kinetik energiýasy

$$E_k = \frac{J\omega^2}{2}.$$

Kiçi yrgyldy edýän fiziki maýatnigiň yrgyldysynyň periody

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{J}{m d \cdot g}},$$

d – aýlanma okundan massa merkezine çenli aralyk,

m – maýatnigiň massasy.

Gazlaryň we suwuklyklaryň mehanikasy.

Gysylmaýan ideal suwuklyklaryň durnukly hereketi üçin Bernulliniň deňlemesi

$$P + \frac{\rho \mathcal{G}^2}{2} + \rho gh = const.$$

Bu ýerde ρ – suwuklygyň dykzlygy, \mathcal{G} – turbanyň berlen kesiginde suwuklygyň tizligi, h – turbanyň berlen kesiginiň kâbir derejeden belentligi, P – basyş.

Bernullynyň deňlemesinden gelip çykýan netijeler:
suwuklygyň kiçi deşikden akýş tizligi

$$\mathcal{G} = \sqrt{2gh},$$

h – deşikden suwuklygyň üstüne çenli aralyk;
üznüksizligiň deňlemesi:

$$S_1 \mathcal{G}_1 = S_2 \mathcal{G}_2,$$

S_1 we S_2 – turbanyň kese kesiginiň meýdanlary,
 \mathcal{G}_1 we \mathcal{G}_2 – kese kesigiň S_1 we S_2 bolan ýerlerindäki suwuklygyň tizlikleri.

Şepbeşik suwuklykda ýa-da gazda gaçýan şarjagaza täsir edýän garşylyk güýji (Stoksyň formulasy)

$$F = 6\pi\eta r \mathcal{G},$$

η – suwuklygyň ýa-da gazyň içki sürtülme (şepbeşiklik) koeffisiýenti,

r – şarjagazyň radiusy, \mathcal{G} – onuň tizligi.

Akym laminar bolanda r radiusly, ℓ uzynlykly kapilýar turbadan t wagtda geçýän suwuň göwrümi

$$V = \frac{\pi r^4 t \Delta P}{8 \ell \eta},$$

ΔP – turbanyň uçlaryndaky basyşlaryň tapawudy.

Suwuklygyň (gazyň) akymynyň häsiýeti Reýnoldsyň sany bilen kesgitlenýär

$$R_e = \frac{D g \rho}{\eta} = \frac{D g}{\nu},$$

Bu ýerde D – suwuklygyň (gazyň) galtaşýan jisiminiň geometriki

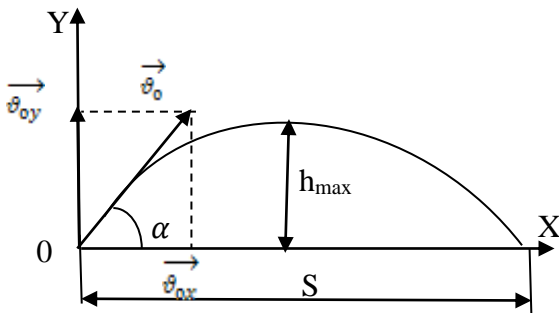
ölçeşlerini häsiýetlendirýän ululyk, $\nu = \eta / \rho$ – kinematiki şepbeşiklik. Laminar akymdan turbulent akyma geçişi kesgitleýän Reýnoldsyň sanynyň kritiki bahasy dürli jisimler üçin dürlüdür (meseläniň şertlerinde berilýär).

1 B Mesele işlemegiň mysallary

Mesele 1. 1. Jisim $g_o = 20 \frac{m}{s}$ tizlik bilen gorizonta $\alpha = 30^\circ$

burç bilen zyňylýar. Howanyň garşylygyny hasaba alman, jisimiň näçe wagtlap hereketde boljakdygyny, näçe aralyga düşjekdigini we näçe in ýokary belentlige göteriljekdigini kesgitlemeli.

Çözülişi.



Jisim ýokary göterilýärkä tizligiň düzüjileri:

$$g_x = g_0 \cos \alpha,$$

$$g_y = g_0 \sin \alpha - gt$$

Traýektoriýanyň iň ýokarky nokadynda $g_y = 0$,

$$0 = g_0 \sin \alpha - gt$$

Bu ýerden jisimiň ýokary galýan wagty

$$t_1 = \frac{g_0 \sin \alpha}{2}$$

Hereketde bolýan doly wagty $t = \frac{2g_0 \sin \alpha}{2}$

$$t = \frac{2 \cdot 20 \cdot 0,5}{9,8} = 2 \text{ s.}$$

Jisimiň näçe S aralyga düşjekdigini g_x kesgitleýär.

$$S = g_0 t \cos \alpha. \quad S = 20 \cdot 2 \cdot 0,866 = 34,6 \text{ m.}$$

Jisimiň galjak iň ýokary belentligi

$$h_{mah} = \frac{g_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}. \quad h_{mah} = \frac{20^2 \cdot 0,5^2}{2 \cdot 9,8} = 5,1 \text{ m.}$$

Mesele 1.2. Jisim dynçlykdaky okuň daşyndan

$\varphi = A + Bt + ct^2$ kanun boýunça aýlanýar. Bu ýerde

$$A = 10 \text{ rad.}, \quad B = 20 \text{ rad/s}, \quad c = -2 \text{ rad/s}^2.$$

$t = 4 \text{ s.}$ wagt pursaty üçin aýlanma okundan $r = 0,1 \text{ m}$ aralykda ýerleşen nokadyň doly tizlenmesini tapmaly.

Çözülişi.

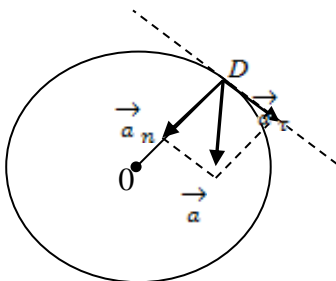
Berlen D nokat üçin doly tizlenme

$$\vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n,$$

onuň moduly $a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2} \quad (1).$

a_τ tangensial we a_n normal tizlenmelerin

formulalary $a_\tau = \varepsilon r, \quad a_n = \omega^2 r \quad (2).$



Onda (1) formuladan alarys $a = \sqrt{\varepsilon^2 r^2 + \omega^4 r^2} = r\sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4}$ (3)

Burç tizligi

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt} = B + 2ct. \quad \omega = [20 + 2(-2)4] = 4 \text{ rad/s}$$

$$\text{Burç tizlenmesi } \varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = 2c. \quad \varepsilon = -4 \text{ rad/s}.$$

(3) formula girýän ululyklaryň bahalaryny goýup alarys

$$a = 0,1\sqrt{(-4)^2 + 4^4} = 1,65 \text{ m/s}^2$$

Mesele 1.3. Suratda $m_1 = 200g$ we $m_2 = 500g$ massaly ýükler asylan bloklar sistemasy görkezilen. m_1 ýük ýokary galýar, m_2 ýük blok bilen aşak düşýär. Ýüpüň we bloklaryň agramlaryny hasaba alman ýüpüň T dartuw güýjini we ýükleriň tizlenmelerini tapmaly. Sürtülmäni hasaba almaly däl.

Çözülüşi.

Blok bilen bile süýşýän m_2
ýüküň tizlenmesi

$$a_2 = \frac{a_1}{2},$$

Nýutonyň ikinji
kanuny boýunça hereket
deňlemeleri

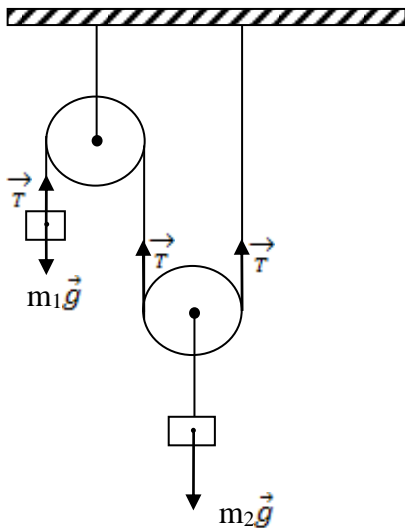
$$m_1 a_1 = T - m_1 g$$

$$m_2 a_2 = m_2 g - 2T$$

ýa-da

$$2m_1 a_2 = T - m_1 g$$

$$m_2 a_2 = m_2 g - 2T$$



Ikinji deňligi birinjä bölüp alarys

$$\frac{m_2}{2m_1} = \frac{m_2 g - 2T}{T - m_1 g}; \quad m_2 T - m_1 m_2 g = 2m_1 m_2 g - 4m_1 T$$

$$m_2 T + 4m_1 T = 2m_1 m_2 g + m_1 m_2 g$$

$$T(m_2 + 4m_1) = 3m_1 m_2 g \quad T = \frac{3m_1 m_2 g}{m_2 + 4m_1}$$

$$T = \frac{3 \cdot 0,2 \cdot 0,5 \cdot 9,8}{0,5 + 4 \cdot 0,2} = 2,26 \text{ N}$$

$$a_1 = \frac{T - m_1 g}{m_1} \quad a_1 = \frac{2,26 - 0,2 \cdot 9,8}{0,2} = 1,5 \text{ m/s}^2.$$

$$a_2 = \frac{m_2 g - 2T}{m_2}; \quad a_2 = \frac{0,5 \cdot 9,8 - 2 \cdot 2 \cdot 26}{0,5} = 0,75 \text{ m/s}^2.$$

Mesele 1.4. Massasy $m_1 = 0,2 \text{ kg}$, tizligi $\mathcal{G}_1 = 4 \text{ m/s}$ bolan şar gorizont al ugur boýunça hereket edip massasy $m_2 = 0,3 \text{ kg}$ şar bilen çakyşýar. Şarlar absolýut maýyşgak, urgý gönümel we merkezleş. Birinji şar kinetik energiýasynyň haýsy bölegini ikinji şara geçirer?

Çözülüşi.

Energiýanyň gözlenýän bölegi

$$\varepsilon = \frac{E_{k2}}{E_{k1}} = \frac{m_2 U_2^2}{m_1 \mathcal{G}_1^2} = \frac{m_2}{m_1} \left(\frac{U_2}{\mathcal{G}_1} \right)^2 \quad (1)$$

Absolýut maýyşgak urguda impulsyň saklanma kanuny, energiýanyň saklanma kanuny hem ýerine ýetýär

$$m_1 \mathcal{G}_1 = m_1 U_1 + m_2 U_2 \quad (2)$$

$$\frac{m_1 \mathcal{G}_1^2}{2} = \frac{m_1 U_1^2}{2} + \frac{m_2 U_2^2}{2} \quad (3)$$

(2) we (3) deňlikleri bilelikde çözüp alarys:

$$U_2 = \frac{2m_1 \mathcal{G}_1}{m_1 + m_2}; \quad \varepsilon = \frac{m_2}{m_1} \left[\frac{2m_1 \mathcal{G}_1}{\mathcal{G}_1 (m_1 + m_2)} \right]^2 \frac{4m_1 m_2}{(m_1 + m_2)^2}.$$

$$\varepsilon = \frac{4 \cdot 0,2 \cdot 0,3}{(0,2 + 0,3)^2} = 0,96.$$

Mesele 1.5. Massasy $m = 80 \text{ kg}$ ýük $a = 1 \text{ m/s}^2$ tizlenme bilen ýapgyt tekizlik boýunça ýokaryk süýşürilýär. Ýapgyt tekizligiň uzynlygy $\ell = 3 \text{ m}$, gorizont bilen arasyndaky burç 30° Sürtülme koeffisiýenti $f = 0,15$. Ýüküň başlangyç tizligi nola deň. Galdyryjy gurluşyň eden işini, onuň orta kuwwatyny we maksimal kuwwatyny kesgitlemeli

Çözülüşi.

Jisimiň \vec{a} tizlenme bilen hereketi üçin aşakdaky deňligi ýazmak bolar

$$\vec{m} \vec{a} = \vec{F} + \vec{m} \vec{g} + \vec{F}_s + \vec{N}$$

X we Y oklara proyeksiýa

$$ma = F - F_1 - F_s$$

$$0 = N - F_2 \quad F_1 = mg \sin \alpha ;$$

$$F_2 = mg \cos \alpha ;$$

$$F_s = fN = fmg \cos \alpha$$

$$F = m(a + g \sin \alpha + fg \cos \alpha)$$

Edilen iş:

$$A = F\ell = m\ell(a + g \sin \alpha + fg \cos \alpha)$$

$$A = 80 \cdot 3(1 + 9.8 \cdot 0.5 + 0.15 \cdot 9.8 \cdot 0.866) = 1721.5 \text{ J.}$$

$$\text{Orta kuwwat: } \langle p \rangle = \frac{A}{t}; \quad t = \sqrt{\frac{2\ell}{a}} \quad \langle p \rangle = A \sqrt{\frac{a}{2\ell}}$$

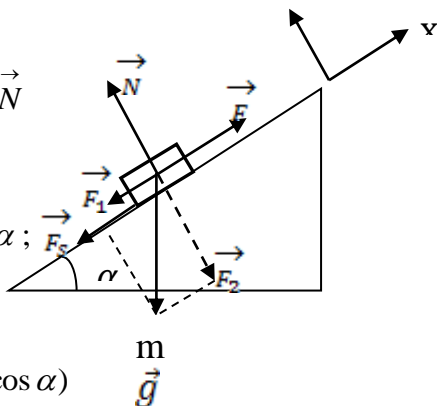
$$\langle p \rangle = 1721.5 \sqrt{\frac{1}{2 \cdot 3}} = 702 \text{ Wt.} \quad t = 2.45 \text{ s}$$

$$F = 573.6 \text{ N}$$

İň uly kuwwat:

$$p_{mah} = F g_{mah} = Fat$$

$$p_{mah} = 573.6 \cdot 1 \cdot 2.45 = 1410 \text{ Wt.}$$



Mesele 1.6. Birhilli bütewi disk görnüşindäki platforma inersiýa boýunça wertikal okuň daşynda aýlanýar. Platformanyň gyrasynda massasy platformanyň massasyndan 4 esse kiçi bolan adam dur. Eger adam merkeze tarap radiusyň ýarysyna deň aralyga süýsse platformanyň burç tizligi näçe esse üýtgär?

Çözülüşi.

Platforma inersiýa boýunça hereket etse, platformanyň we adamyň hereket mukdarynyň momentiniň jemi hemişelik saklanýar. Platformanyň massasyny m bilen, radiusyny r bilen bellesek, adamyň massasy, $m/4$ bolar. Adam gyradaka burç tizligi ω_1 bolsun.

Başda hereket mukdarynyň momenti:

$$J_1 \omega_1 = \left(\frac{mr^2}{2} + \frac{m}{4} r^2 \right) \omega_1$$

Adam süýşensoň adam üçin impulsyň momenti azaldy we

$$\frac{m}{4} \left(\frac{r}{2} \right)^2 + \frac{mr^2}{16} \quad \text{deň boldy.}$$

Platformanyň impulsynyň moment öňki $mr^2/2$ bahasynda galdy. Jemi impulsyň momenti

$$J_2 \omega_2 = \left(\frac{mr^2}{2} + \frac{mr^2}{16} \right) \omega_2$$

boldy. ω_2 –soňky burç tizligi. Impulsyň momenti azaldy. Diýmek $\omega_2 > \omega_1$. Impulsyň momentiniň saklanma kanuny esasynda

$$\begin{aligned} \left[\left(\frac{mr^2}{2} \right) + \left(\frac{mr^2}{4} \right) \right] \omega_1 &= \left(\frac{mr^2}{2} + \frac{mr^2}{16} \right) \omega_2 \quad \frac{3}{4} mr^2 \omega_1 = \\ &= \frac{9}{16} mr^2 \omega_1 \quad \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{3 \cdot 16}{4 \cdot 9} = \frac{4}{3}; \end{aligned}$$

Adam süýşenden soň burç tizligi $\frac{4}{3}$ esse köpeldi.

Mesele 1.7. Emeli hemrany $h = 6370$ kilometir çykarýarlar we tegelek orbita boýunça goýberýärler. Hemrany belentlige

çykarmak üçin edilen işiň (A_1) orbita goýbermek üçin edilen işe (A_2) gatnaşygyny tapmaly.

Çözülişi.

Ýeriň radiusyny R_4 bilen, $R_4 + h = R$ bilen belläliň.

$$A_1 = \Delta E_p = -G \frac{mM}{R_4 + h} - \left(-G \frac{mM}{R_4} \right) = GmM \left(\frac{1}{R_4} - \frac{1}{R_4 + h} \right) = \frac{GmMh}{R_4(R_4 + h)};$$

m – hemranyň massasy, M – ýeriň massasy.

$$A_2 = \frac{m\mathcal{G}^2}{2}, \quad \frac{m\mathcal{G}^2}{R} = G \frac{mM}{R^2}; \quad A_2 = \frac{GmM}{2R} = \frac{GmM}{2(R_4 + h)},$$

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{h \cdot 2(R_4 + h)}{R_4(R_4 + h)} = \frac{2h}{R_4}$$

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{2 \cdot 6370 \cdot 10^3}{6,37 \cdot 10^6} = 2 \text{ esse.}$$

Mesele 1.8. Suwuklygyň şepbeşikligini hasaba alman gabyň böwründäki kiçi deşikden suwuklygyň akys tizligini kesgitlemeli. Deşijekden suwuklygyň üstüne çenli aralyk $h = 1,5 \text{ m}$.

Çözülüşi.

Gapdaky suwuň S_1 kesigi we deşijekdäki suwuň S_2 kesigi üçin Bernullynyň deňlemesi

$$\rho \frac{g_1^2}{2} + \rho g h_1 = \frac{\rho g_2^2}{2} + \rho g h_2 \quad (1)$$

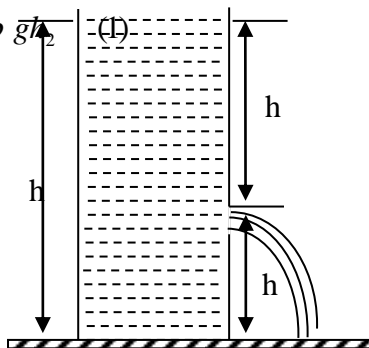
g_1 – gapdaky suwuň tizligi,

h_1 – suwuklygyň beýikligi,

g_2 – deşijekdäki suwuň tizligi.

h_2 – ýerden

deşijege çenli aralyk.



Üznüksizligiň deňlemesi

$$g_1 S_1 = g_2 S_2; \quad S_1 \gg S_2; \quad g_1 \ll g_2;$$

$$\frac{\rho g_1^2}{2} \ll \frac{\rho g_2^2}{2}$$

$$\text{bolany üçin} \quad \rho g h_1 = \frac{\rho g_2^2}{2} + \rho g h_2$$

$$g_2^2 = 2g(h_1 - h_2) = 2gh \quad g_2 = \sqrt{2gh}$$

$$g_2 = \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 1,5} = 5,42 \text{ m/s.}$$

2.A Esasy formulalar.

Garmoniki yrgyldynyň deňlemesi.

$$x = A \sin \left(\frac{2\pi t}{T} + \varphi \right) = A \sin (2\pi \nu t + \varphi) = A \sin (\omega t + \varphi),$$

bu ýerde x – nokadyň deňagramly ýagdaýdan süýşmesi,
 A – amplituda,

T-period, φ – başlangyç faza, $\nu = \frac{1}{T}$ – yrgyldynyň ýygylýgy,

$\omega = \frac{2\pi}{T}$ – aýlaw ýygylýgy.

Yrgylgaýan nokadyň tizligi

$$g = \frac{dx}{dt} = \frac{2\pi A}{T} \cos \left(2\pi \frac{t}{T} + \varphi \right),$$

tizlenmesi

$$a = \frac{dg}{dt} = \frac{d^2 x}{dt^2} = -\frac{4\pi^2 A}{T^2} \sin \left(2\pi \frac{t}{T} + \varphi \right).$$

Garmoniki yrgyldy edýän m massaly nokada täsir edýän güýç:

$$F = ma = -\frac{4\pi^2 A}{T^2} m \sin \left(2\pi \frac{t}{T} + \varphi \right) = -\frac{4\pi^2 m}{T^2} x = -kx$$

bu ýerde $k = \frac{4\pi^2 m}{T^2}$, bu ýerden $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$,

k -gatylyk koeffisiýenti.

Yrgyldaýan nokadyň kinetik energiýasy

$$W_k = \frac{m g^2}{2} = \frac{2\pi^2 A^2 m}{T^2} \cos^2 \left(\frac{2\pi}{T} t + \varphi \right),$$

potensial energiýasy

$$W_p = \frac{kx^2}{2} = \frac{2\pi^2 A^2 m}{T^2} \sin^2 \left(\frac{2\pi}{T} t + \varphi \right).$$

Doly energiýa

$$W = \frac{2\pi^2 A^2 m}{T^2},$$

Matematiki maýatnigiň yrgyldysynyň periody:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}};$$

bu ýerde ℓ – maýatnigiň uzynlygy, g-erkin gaçmanyň tizlenmesi,

Bir ugra gönükdirilen, periodlary deň iki garmoniki yrgyldy goşulanda emele gelýän garmoniki yrgyldynyň amplitudasy:

$$A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1 A_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1)};$$

başlangyç fazasy:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{A_1 \sin \varphi_1 + A_2 \sin \varphi_2}{A_1 \cos \varphi_1 + A_2 \cos \varphi_2},$$

bu ýerde A_1 we A_2 – goşulýan yrgyldylaryň amplitudasy, φ_1 we φ_2 – olaryň başlangyç fazalary.

Özara perpendikulýar, periodlary deň iki garmoniki yrgyldy goşulanda jemleýji hereketiň traýektoriasynyň deňlemesi:

$$\frac{x^2}{A_1^2} + \frac{y^2}{A_2^2} - \frac{2xy}{A_1 A_2} \cos(\varphi_2 - \varphi_1) = \sin^2(\varphi_2 - \varphi_1).$$

Togtaýan yrgyldyly hereketiň deňlemesi:

$$x = Ae^{-\delta t} \sin(\omega t + \varphi),$$

bu ýerde δ – togtama koeffisiýenti.

$$\delta = \frac{r}{2m} \text{ we } \omega = \sqrt{\omega_o^2 - \delta^2}, \text{ bu ýerde } \omega_o - \text{hususy}$$

yrgyldylaryň aýlaw ýyglylygy. $\chi = \delta T$ – togtamanyň logarifmiki dekrementi.

$$\text{Yrgyldysy } x_1 = Ae^{-\delta t} \sin \omega_o t$$

deňleme bilen ýazylyan m massaly material nokada $F = F_o \sin \omega t$ daşky periodiki güýç täsir etse nokadyň yrgyldysy mejbury bolar we onuň deňlemesi

$$x_2 = A \sin(\omega t + \varphi)$$

görnüşde bolar. Bu ýerde

$$A = \frac{F_o}{m \sqrt{(\omega_o^2 - \omega^2)^2 + 4\delta^2 \omega^2}} \text{ we}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{2\delta \omega}{\omega_o^2 - \omega^2} ;$$

Mejbury yrgyldynyň ω ýygylgy yrgyldynyň ω_o hususy ýygylgy we δ togama koeffisienti

$$\omega = \sqrt{\omega^2 + 2\delta^2}$$

aňlatma bilen baglanyşykda bolanda rezonans ýüze çykýar.

Togtamaýan yrgyldylar c tizlik bilen şöhle diýlip atlandyrylýan käbir ugur boýunça ýaýranda, bu şöhläniň çeşmeden ℓ aralykda ýerleşen islendik nokadynyň süýşmesi aşakdaky deňleme bilen ýazylýar:

$$x = A \sin \left(\frac{2\pi t}{T} - \frac{2\pi t}{\lambda} \right),$$

bu ýerde A – yrgyldaýan nokadyň amplitudasy, λ – tolkun uzynlygy. $\lambda = cT$.

Çeşmeden ℓ_1 we ℓ_2 aralyklarda şöhlede ýerleşen yrgyldaýan iki nokadyň fazalarynyň tapawudy:

$$\varphi_2 - \varphi_1 = 2\pi \frac{\ell_2 - \ell_1}{\lambda}.$$

Tolkunlaryň interferensiýasynda amplitudanyň maksimal bolmagynyň şerti:

$$\ell_2 - \ell_1 = 2n \frac{\lambda}{2} \quad (n = 0, 1, 2, \dots),$$

bu ýerde $\ell_2 - \ell_1$ – şöhleleriň ýollarynyň tapawudy.

Amplitudanyň minimum bolmagynyň şerti:

$$\ell_2 - \ell_1 = (2n + 1) \frac{\lambda}{2} \quad (n = 0, 1, 2, \dots).$$

Akustika degişli formulalar.

Sreda-da ses tolkunlarynyň ýaýraýyş tizligi

$$C = \sqrt{\frac{E}{\rho}},$$

bu ýerde E – Ýungyň moduly, ρ – sredanyň dykzylygy.

Gazlarda sesiň ýaýraýyş tizligi:

$$c = \sqrt{\frac{\chi RT}{\mu}},$$

bu ýerde μ – molýar massa, T – gazyň absolýut temperaturasy, R – uniwersal gaz hemişeligi, $\chi = C_p / C_v$ – adibata görkezijiligi (C_p – gazyň hemişelik basyşdaky ýylylyk sygymy, C_v – gazyň hemişelik göwrümdäki ýylylyk sygymy).

Sesiň basyşynyň L derejesi bilen sesiň basyşynyň ΔP amplitudasy bilen baglanşygy:

$$L = 20 \lg \frac{\Delta p}{\Delta p_o}$$

(dessibelde), bu ýerde Δp_o – gatylygyň nolynjy derejesinde sesiň basyşynyň amplitudasy ($\Delta p_o = 2 \cdot 10^{-5} \text{ N/m}^2$).

Dopleriň prinsipi boýunça gözegçiniň kabul edýän sesiniň ýygylgynyň formulasy

$$\nu^1 = \frac{c + \mathcal{G}}{c - u} \nu,$$

bu ýerde ν – çeşmäniň goýberýän sesiniň ýygylgy, u – ses çeşmesiniň tizligi, \mathcal{G} – gözegçiniň hereketiniň tizligi, c – sesiň ýaýraýyş tizligi. Gözegçiniň hereketi ses çeşmesine tarap bolanda $\mathcal{G} > 0$; ses çeşmesi gözegçä tarap hereket edende $u > 0$.

2.B. Mesele işlemegiň mysallary.

Mesele 2.1. Yrgyldaýan material nokadyň amplitudasy 5 sm, yrgyldynyň periody 0,1s massasy 20g, Eger başlangyç pursatda süýşme amplitudyň ýarysyna deň bolsa, yrgyldynyň deňlemesini ýazmaly. Başlangyç pursat üçin material nokadyň tizligini, tizlenmesini we doly energiýasyny tapmaly.

Çözülüşi.

Garmoniki yrgyldynyň deňlemesi

$$x = A \sin (\omega t + \varphi_o)$$

Bu ýerdäki $A=5\text{sm}=0,05\text{m}$, $\omega = \frac{2\pi}{T} = 20\pi \text{ 1/s}$ $t=0$ bolanda

$x = A/2$ bolýandygy üçin

$$\frac{A}{2} = A \sin \varphi_o \quad \sin \varphi_o = \frac{1}{2}; \quad \varphi_o = \frac{\pi}{6}, \text{ onda}$$

$$x = 0,05 \sin (20\pi t + \frac{\pi}{6}) \text{ m} \quad \text{bolar}$$

$$\text{tizlik: } \vartheta = \frac{dx}{dt} = A\omega \cos (\omega t + \varphi_o)$$

$t=0$ pursat üçin tizlik:

$$\vartheta = 0,05 \cdot 20 \cdot 3,14 \cos \frac{\pi}{6} = 2,7 \text{ m/s}$$

Tizlenme:

$$a = \frac{d\vartheta}{dt} = -A\omega^2 \sin (\omega t + \varphi_o)$$

$t = 0$ pursat üçin tizlenme:

$$a = -0,05 \cdot (20 \cdot 3,14)^2 \sin \frac{\pi}{6} = -99 \text{ m/s}^2$$

Minus alamaty tizlenmäniň ugrunyň süýşmäniň ugrunyň tersinedigini görkezýär. Garmoniki yrgyldy edýän nokadyň doly energiýasy

$$W = \frac{2\pi^2 A^2 m}{T^2}$$

$$W = \frac{2 \cdot 3,14^2 \cdot 0,05^2 \cdot 0,02}{0,1^2} \cong 9,9 \cdot 10^{-2} \text{ J.}$$

Mesele 2.2. Bir tarapa ugrukdyrylan iki yrgyldy goşulýar. Olaryň deňlemeleri

$$x_1 = A_1 \cos \frac{2\pi}{T} (t + \tau_1), \quad x_2 = A_2 \cos \frac{2\pi}{T} (t + \tau_2);$$

bu

ýerde

$$A_1 = 3 \text{ sm}; \quad A_2 = 2 \text{ sm}; \quad \tau_1 = 1/6 \text{ s} \quad \tau_2 = 1/3 \text{ s} \quad T = 2 \text{ s}.$$

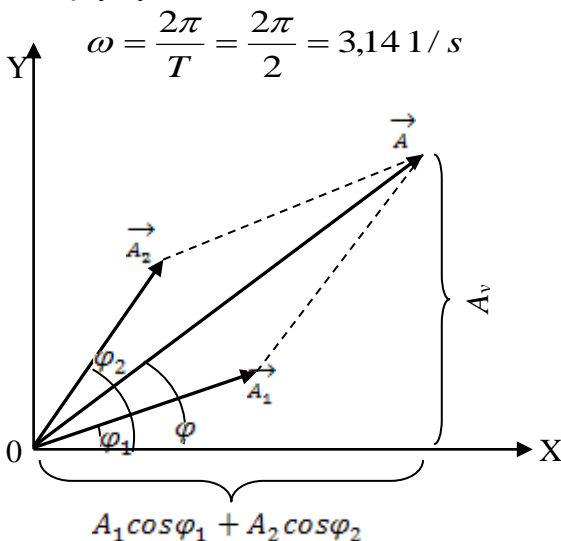
Bu yrgyldylaryň goşulyşynyň wektor diagrammasyny gurmaly we netijeleýji yrgyldynyň deňlemesini ýazmaly.

Çözülişi.

Deňlemeleri $X = A \cos (\omega t + \varphi_o)$ görnüşde ýazalyň

$$x_1 = A_1 \cos \left(\frac{2\pi}{T} t + \frac{2\pi}{T} \tau_1 \right), \quad x_2 = A_2 \cos \left(\frac{2\pi}{T} t + \frac{2\pi}{T} \tau_2 \right)$$

Görnüş i ýaly



$$\varphi_1 = \frac{2\pi}{T} \tau_1 = \frac{\pi}{6} = 30^\circ,$$

$$\varphi_2 = \frac{2\pi}{T} \tau_2 = \frac{\pi}{3} = 60^\circ$$

Diagrammadan

$$A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1)}$$

$$A = \sqrt{3^2 + 2^2 + 2 \cdot 3 \cdot 2 \cos 30^\circ} = 4,84 \text{ sm}$$

$$\varphi = \arctg \frac{3 \sin 30^\circ + 2 \sin 60^\circ}{3 \cos 30^\circ + 2 \cos 60^\circ} = \arctg 0,898 = 42^\circ.$$

$$\varphi = 0,735 \text{ rad.}$$

Netijeýji yrgyldynyň deňlemesi

$$x = 4,84 \cos(\pi t + 42^\circ) \text{ sm}.$$

Mesele 2.3. Yrgyldy çeşmesinden yrgyldy 300m/s tizlik bilen, 5sm amplitudaly we 75sm tolkun uzynlykly ýaýraýar. Çeşmeden 50sm aralykda näçe wagtdan soň süýşme 2.5sm bolar ?

Çözülişi.

$$\text{Tolkunyň deňlemesi} \quad x = A \sin 2\pi \left(\frac{t}{\tau} - \frac{r}{\lambda} \right).$$

Meseläniň şertinden:

$$A = 5 \text{ sm}, \quad r = 50 \text{ sm}, \quad \lambda = 75 \text{ sm},$$

$$T = \frac{\lambda}{g} = \frac{0,75m}{300m/s} = 2,5 \cdot 10^{-3} s, \quad x = 2,5 \text{ sm}.$$

Ululyklary deňlemä goýýarys

$$2,5 = 5 \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{r}{\lambda} \right); \quad 0,5 = \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{r}{\lambda} \right);$$

Sinusyň argumenti 30° ýa-da $\frac{\pi}{6}$, onda $\frac{\pi}{6} = 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{r}{\lambda} \right)$. San

$$\text{goýýarys we alarys} \quad t = 12 \left(\frac{t}{2,5 \cdot 10^{-3}} - \frac{0,5}{0,75} \right). \text{ Bu}$$

ýerden $t = 1,9 \cdot 10^{-3} s$.

Bu wagtyň üstüne perioda kratny bolan wagtlar goşulyp tapylan pursatlar üçin hem süýşme $x = 2,5 \text{ sm}$ bolar.

3.A Esasy formulalar.

Ideal gaz üçin Mendeleyewiň –Klapeýronyň deňlemesi

$$pV = \frac{m}{\mu} RT,$$

p – gazyň basyşy, V – onuň göwrümi, T – termodinamiki temperatura, m – gazyň massasy, μ – molýar massa, R – uniwersial gaz hemişeligi,

HS-da uniwersal gaz hemişeliginiň bahasy:
 $R = 8,31 \text{ J / K mol.}$

Gazlaryň molekulýar-kinetik teoriýasynyň esasy deňlemesi:

$$p = \frac{2}{3} n \bar{W}_o = \frac{2}{3} n \frac{m \bar{g}^2}{2},$$

bu ýerde n -birlik göwrümdäki molekulalaryň sany, W_o -bir molekulanyň öňe hereketiniň orta kinetik energiýasy, m -molekulanyň massasy, \bar{g} -molekulanyň orta kwadrat tizligi.

Birlik göwrümdäki molekulalaryň sany

$$n = \frac{P}{kT}$$

$k = R / N_o$ – Bolsmanyň hemişeligi, N_o – Awogadronyň sany.

Molekulanyň öňe hereketiniň orta kinetik energiýasy

$$\bar{W}_o = \frac{3}{2} kT.$$

Molekulanyň orta kwadrat tizligi

$$\bar{g} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}} = \sqrt{\frac{3kT}{m}}.$$

Molekulanyň ýylylyk hereketiniň energiýasy (gazyň içki energiýasy):

$$W = \frac{m}{\mu} \cdot \frac{i}{2} RT,$$

i – molekulanyň erkinlik derejesiniň sany.

Molekulýar ýylylyk sygym (C) bilen udel ýygylyk sygymynyň (c) arasyndaky baglanyşyk:

$$C = \mu c.$$

Hemişelik göwrümde gazyň molekulýar ýylylyk sygymy

$$C_p = C_v + R,$$

Görnüşi ýaly molekulýar ýylylyk sygym gazyň molekulasyň erkinlik derejesiniň sany bilen kesgitlenýär.

Bir atomly gaz üçin $i = 3$ we

$$C_v = 12,5 \text{ J / K. mol};$$

$$C_p = 20,8 \text{ J / K. mol},$$

Iki atomly gaz üçin $i = 5$ we

$$C_v = 20,8 \text{ J / K. mol};$$

$$C_p = 29,1 \text{ J / K. mol}.$$

Köp atomly gaz üçin $i = 6$ we

$$C_v = 24,9 \text{ J / K. mol};$$

$$C_p = 33,2 \text{ J / K. mol}.$$

Molekulanyň orta arifmetik tizligi :

$$\bar{g} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}}$$

Agyrlyk güýjüniň meýdanynda belentligi baglylykda gazyň basyşynyň peselişiniň formulasy (barometrik formula);

$$P = P_o \ell^{-\frac{\mu gh}{RT}}.$$

Bu ýerde P – basyşyň h belentlikdäki bahasy, P_o -ýeriň üstündäki basyş, g -erkin gaçmanyň tizlenmesi:

Gaz molekulasyň erkin ylgaw ýolunyň orta uzynlygy:

$$\bar{\lambda} = \frac{\bar{g}}{\bar{Z}} = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2 n}},$$

bu ýerde \bar{g} – orta arifmetik tizlik, \bar{Z} – wagt birliginde her molekulanyň beýleki molekulalar bilen çakyşmalarynyň ortaça sany, σ – molekulanyň effektiw diametri, n – birlik göwrümdäki molekulalaryň sany.

Wagt birliginde birlik göwrümdäki ähli molekulalaryň çakyşmalarynyň sany;

$$Z = \frac{1}{2} \bar{z} n,$$

Diffuziýa bilen Δt wagtda geçirilen M massa üçin deňleme

$$M = -D \frac{\Delta \rho}{\Delta X} \Delta S \cdot \Delta t,$$

bu ýerde $\frac{\Delta \rho}{\Delta X} - \Delta S$ üste perpendikulýar ugurdaky dykzyzlygyň gradiýenti,

D – diffuziýa koeffisiýenti:

$$D = \frac{1}{3} \bar{g} \bar{\lambda}.$$

Gazyň içki sürtülme güýji F wagtyň Δt möhletinde geçirilen hereket mukdaryna deňdir:

$$F = -\eta \frac{\Delta g}{\Delta X} \Delta S,$$

Bu ýerde $\frac{\Delta g}{\Delta X} - \Delta S$ meýdana perpendikulýar ugurda gaz akymynyň tizliginiň gradiýenti, η – içki sürtülme koeffisiýenti (şepbeşiklik koeffisiýenti):

$$\eta = \frac{1}{3} \bar{g} \bar{\lambda} \rho.$$

Ýylylyk geçirijiler bilen Δt wagtda geçirilen Q ýylylyk mukdary:

$$Q = -K \frac{\Delta T}{\Delta X} \Delta S \cdot \Delta t.$$

Bu ýerde $\frac{\Delta T}{\Delta X} - \Delta S$ meýdana perpendikulýar ugurda temperaturanyň gradiýenti, K -ýylylyk geçirijilik koeffisiýenti:

$$K = \frac{1}{3} \bar{\vartheta} \bar{\lambda} C_v \rho \cdot$$

Termodinamikanyň birinji başlangyjyny

$$dQ = dW + dA$$

görnüşde ýazman bolýar. Bu ýerde dQ – gazyň alan ýylylyk mukdary, dW – gazyň içki energiýasynyň üýtgemesi, $dA = PdV$ – göwrüminiň üýtgemesi sebäpli gazyň işi.

Gazyň içki energiýasyny üýtgemesi:

$$dW = \frac{m}{\mu} \frac{i}{2} R dT,$$

bu ýerde dT – temperaturanyň üýtgemesi.

Gazyň göwrümi üýtgände edilen doly iş:

$$A = \int_{V_1}^{V_2} p dV,$$

Garyň göwrümi izotermik üýtgände edilen işi

$$A = RT \frac{m}{\mu} \ln \frac{V_2}{V_1}.$$

Adiabatik prosesde gazyň basyşy bilen göwrüminiň arasyndaky baglanyşyk (Puassonyň deňlemesi):

$$PV^\gamma = const, \quad \text{başgaça}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^\gamma,$$

bu ýerde $\gamma = C_p / C_v$.

Puassonyň deňlemesiniň başga görnüşlerde ýazylyşy:

$$TV^{\gamma-1} = const, \quad \text{başgaça}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{\gamma-1} \quad \text{ýa-da} \quad TP^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$$

başgaça

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}.$$

Gazyň göwrümini adiabatik üýtgände edilen işi hasaplamak üçin formula

$$A = \frac{RT_1}{\gamma-1}, \frac{m}{\mu} \left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} \right] = \frac{RT_1}{\gamma-1} \frac{m}{\mu} \left(1 - \frac{T_2}{T_1} \right) = \frac{P_1 V_1 (T_1 - T_2)}{(\gamma-1) T_1},$$

bu ýerde P_1 we V_1 – temperatura T_1 bolanda gazyň basyşy we göwrümi.

Ýylylyk maşynynyň peýdaly täsir koeffisiýenti:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1},$$

bu ýerde T_1 – gyzdyryjynyň temperaturasy, T_2 – sowadyjynyň temperaturasy.

Iki sany B we A hallaryň entropiýalarynyň tapawudy:

$$S_A - S_A = \int_A^B \frac{dQ}{T}.$$

3.B. Mesele işlemegiň mysallary.

Mesele 3.1. Meýdany $S=20\text{m}^2$, beýikligi $h \leq 3\text{m}$ j aýyň howasynyň temperaturasy 290 K we basyşy $B=10^5\text{ Pa}$. Otagdaky howanyň massasyny we ondaky molekulalaryň sanyny tapmaly.

Çözülüşi.

İdeal gazynyň basyşy üçin $P = nkT$ formuladan birlik göwrümindäki molekulalaryň sany $n = \frac{P}{kT}$ deňlik bilen

kesgitlenýär.

Bu ýerde k – Bolsmanyň hemişeligi, Otagdaky molekulalaryň sany

$N = nV$ bolar. $V = S \cdot h$ – otagyň göwrümi.

Onda

$$N = nV = \frac{P}{kT} \cdot S \cdot h = \frac{10^5 \cdot 20 \cdot 3}{1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 290} \approx 15 \cdot 10^{26}.$$

Howadaky mollýaryň sany

$$V = \frac{N}{N_A}$$

Otagdaky howanyň massasy

$$m = V\mu = \frac{N\mu}{N_A}$$

$\mu = 29 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$ – howanyň massasy;

$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol}$.

$$m = \frac{15 \cdot 10^{26} \cdot 29 \cdot 10^{-3}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 72,3 \text{ kg}.$$

Mesele 3.2. Göwrümi $V = 10 \text{ l}$ bolan ballonda $P_1 = 1 \text{ MPa}$ basyşly we $T = 300 \text{ K}$ temperaturaly geliý gazy bar. Ballondan $m = 10 \text{ g}$ geliý alynanda onuň temperaturasy 290 K boldy. Ballonda galan geliýniň basyşyny tapmaly.

Çözülişi.

$$\text{Gaz halynyň deňlemesi } P_2 V = \frac{m_2}{\mu} RT_2 \quad (1)$$

Bu deňlikden

$$P_2 = \frac{m_2 RT_2}{\mu V}, \quad (2)$$

Ballonda galan geliýniň massasy $m_2 = m_1 - m$, m_1 – ballondaky geliýniň ilki başdaky massasy. Ony hem gaz

halynyň başdaky halynyň deňlemesinden tapalyň

$$m_1 = \frac{\mu P_1 V}{RT_1} \quad (3)$$

$$\text{Onda } m_2 = \frac{\mu P_1 V}{RT_1} - m \quad (4)$$

(4) deňlikden (2) deňlige goýup alarys

$$P_2 = \left(\frac{\mu P_1 V}{RT_1} - m \right) \frac{RT}{\mu V} \quad \text{ýa-da} \quad P_2 = \frac{T_2}{T_1} P_1 - \frac{m}{\mu} \frac{RT_2}{V} \quad (5)$$

$$P_2 = \frac{270 \cdot 10^6}{300} - \frac{10^{-2}}{4 \cdot 10^{-3}} \cdot \frac{8,31 \cdot 290}{10^{-2}} = 3,64 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

Mesee 3.3. Ballonda $m_1 = 80g$ kislorod we $m_2 = 320g$ argon bar. Garyndynyň basyşy $P = 1 \text{ MPa}$, temperaturasy $T = 300K$. Garyndynyň ideal gaz hasaplap ballonyň V göwrümini tapmaly.

Çözülişi.

Daltonyň kanunyna görä gaz garyndysynyň basyşy garynda girýän gazlaryň parsial basyşlarynyň jemine deň

$$P = P_1 + P_2 \quad (1)$$

Gaz halynyň deňlemesinden P_1 kislorodyň we P_2 argonyň basyşlary üçin alarys

$$P_1 = \frac{m_1 RT}{\mu_1 V}, \quad P_2 = \frac{m_2 RT}{\mu_2 V} \quad (2)$$

(1) deňlik boýunça

$$P = \left(\frac{m_1}{\mu_1} + \frac{m_2}{\mu_2} \right) \frac{RT}{V} \quad \text{bu ýerden}$$

$$V = \left(\frac{m_1}{\mu_1} + \frac{m_2}{\mu_2} \right) \frac{RT}{P}$$

$$\mu_1 = 32 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}; \quad \mu_2 = 40 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}.$$

$$V = \left(\frac{0,08}{32 \cdot 10^{-3}} + \frac{0,32}{40 \cdot 10^{-3}} \right) \frac{8,31 \cdot 300}{10^6} = 0,0262 m^3 = 26,2 \ell.$$

Mesele 3.4. Neon üçin, wodorod üçin we olaryň massasy bounça $\omega_1 = 80\%$ neonly $\omega_2 = 20\%$ wodorodly garyndysy üçin hemişelik göwrümdäki C_V , we hemişelik basyşdaky C_P udel ýylylyk sygymlaryny hasaplamaly. Gazlary ideal hasaplamaly.

Çözülişi.

Ideal gazyň udel ýylylyk sygymlar

$$C_V = \frac{i}{2} \frac{R}{\mu}, \quad (1) \quad C_P = \frac{i+2}{2} \frac{R}{\mu}, \quad (2)$$

bu ýerde i – gaz molekulasyň erkinlik derejesiniň sany.

1) Neýon (bir atomly): $i = 3$, $\mu_1 = 20 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$.

$$C_{V1} = \frac{3}{2} \cdot \frac{8,31}{20 \cdot 10^{-3}} = 6,24 \cdot 10^2 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)}.$$

$$C_{P1} = \frac{3+2}{2} \cdot \frac{8,31}{26 \cdot 10^{-3}} = 1,04 \cdot 10^3 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)}.$$

2) Wodorod (iki atomly).

$$i = 5, \quad \mu = 2 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}.$$

$$C_{V2} = \frac{5}{2} \cdot \frac{8,31}{2 \cdot 10^{-3}} = 1,04 \cdot 10^4 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)}.$$

$$C_{P2} = \frac{5+2}{2} \cdot \frac{8,31}{2 \cdot 10^{-3}} \text{ J/(kg} \cdot \text{K)}.$$

3) Garyndy üçin hasap. Hemişelik göwrümde garyndyny ΔT temperatura gyzdymak üçin gerekli ýylylyk mukdary

$$Q = C_V (m_1 + m_2) \Delta T \quad (1) \quad \text{ya-da} \quad Q = (C_{V1} m_1 + C_{V2} m_2) \Delta T \quad (2)$$

Bu deňlikleriň sag taraplaryn deňläp C_T bölmeli.

$$C_V = C_{V1} \frac{m_1}{m_1 + m_2} + C_{V2} \frac{m_2}{m_1 + m_2} \text{ ya-da } C_V = C_{V1} \omega_1 + C_{V2} \omega_2$$

Kybapdaş hasaplamal

boýunça: $C_P = C_{P1} \omega_1 + C_{P2} \omega_2$

$$C_V = 6,24 \cdot 10^2 \cdot 0,8 + 1,04 \cdot 10^4 \cdot 0,2 = 2,58 \cdot 10^3 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)}$$

$$C_P = 1,04 \cdot 10^3 \cdot 0,8 + 1,46 \cdot 10^4 \cdot 0,2 = 3,75 \cdot 10^3 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)}$$

Mesele 3. 5. Kislorod hemişelik $V = 20 \ell$ göwrümde gyzdyrylanda basyşy

$\Delta P = 100 \text{ kPa}$ üýtgedi. Gaza berlen ýylylyk mukdaryny tapmaly.

Çözülişi.

Termodinamikanyň birinji başlangyjy

$$Q = \Delta U + A, \quad V = \text{const} \text{ bolanda } Q = \Delta U \quad (1)$$

Içki energiýanyň üýtgemesi

$$\Delta U = \frac{m}{\mu} \cdot \frac{i}{2} R \Delta T \quad (2)$$

Gaz halynyň deňlemesinden

$$P_1 V = \frac{m}{\mu} R T, \quad P_2 V = \frac{m}{\mu} R T_2.$$

$$P_2 V - P_1 V = \frac{m}{\mu} R T_2 - \frac{m}{\mu} R T_1 = \frac{m}{\mu} R \Delta T$$

$$\Delta P V = \frac{m}{\mu} R \Delta T \quad (3) \quad (1) \text{ we } (2) \text{ deňliklerden}$$

peýdalanylýan alarys;

$$Q = \frac{m}{\mu} \cdot \frac{i}{2} R \Delta T = \frac{i}{2} V \Delta P \quad (4)$$

Kislorod (iki atomly) üçin $i = 5$.

$$Q = \frac{5}{2} 20 \cdot 10^{-3} \cdot 10^5 = 50 \cdot 10^2 \text{ J} = 5 \text{ kJ}.$$

Mesele 3. 6. Massasy 2 kg bolan kislorodyň göwrümi $V_1 = 1 \text{ m}^3$, basyşy $P_1 = 0,2 \text{ MPa}$. Gaz ilki hemişelik basyşda $V_2 = 3 \text{ m}^3$ göwürme çenli gyzdryldy. Şonça hemişelik göwürimde $P_2 = 0,5 \text{ MPa}$ basyşa çenli gyzdryldy. Gazyň içki energiýasynyň üýtgemesini, eden işini we gaza berlen ýylylyk mukdaryny tapmaly.

Çözülişi.

Gazyň içki energiýasynyň üýtgemesi

$$\Delta V = C_V m \Delta T = \frac{i}{2} \cdot \frac{R}{\mu} m \Delta T \quad (1)$$

Kislorod (iki atomly) üçin $i = 5$, $\mu = 32 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$.

Temperaturalary gaz halynyň

$$PV = \frac{m}{\mu} RT \quad T = \frac{PV\mu}{mR}$$

deňlemesinden tapýarys:

$$T_1 = \frac{0,2 \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot 32 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 8,31} = 385 \text{ K}.$$

$$T_2 = \frac{0,2 \cdot 10^6 \cdot 3 \cdot 32 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 8,31} = 1155 \text{ K}.$$

$$T_3 = \frac{0,5 \cdot 10^6 \cdot 3 \cdot 32 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 8,31} = 2887 \text{ K}.$$

$P = \text{const}$ bolanda gazyň işi

$$A_1 = \frac{m}{\mu} R \Delta T$$

$V = \text{const}$ bolanda gazyň işi $A_2 = 0$;

Onda doly iş $A = A_1$

$$A_1 = \frac{2 \cdot 8,31 \cdot (1155 - 385)}{32 \cdot 10^{-3}} = 0,4 \cdot 10^6 \text{ J} ; \quad A = 0,4 \cdot 10^6 \text{ J} .$$

Içki energiýanyň üýtgemesi (1) formula bilen hasaplanýar.

$$\Delta U = \frac{5}{2} \cdot \frac{8,31 \cdot 2 \cdot (2887 - 385)}{32 \cdot 10^{-3}} = 3,24 \cdot 10^6 \text{ J} .$$

Gaza berlen energiýa termodinamikanyň birinji kanuny bilen hasaplanýar;

$$Q = \Delta U + A = 3,24 \cdot 10^6 + 0,4 \cdot 10^6 = 3,64 \cdot 10^6 \text{ J} .$$

Mesele 3.7. Porşeniň aşagynda, silindirde temperaturasy $T_1 = 300 \text{ K}$ bolan $m = 0.02 \text{ kg}$ wodorod bar. Wodorod ilki adiabat giňeldildi we göwrümini $n_1 = 5$ esse giňelttdi. Soňra gaz izotermik gysyldy we göwrümini $n_2 = 5$ esse kiçelttdi. Adiabat giňeltmäniň soňundaky temperaturany we bu poseslerdäki gazyň eden işini tapmaly.

Çözülişi.

Adiabat posesde temperaturany we göwrümi baglanyşdyrýan gatnaşyklar:

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} \quad ya - da \quad \frac{T_2}{T_1} = \frac{1}{n_1^{\gamma-1}} ,$$

γ – hemişelik basyşdaky we hemişelik göwrümdäki gazyň udel ýylylyk sygymalarynyň gatnaşygy. Wodorod (iki atomly) üçin $\gamma = 1,4$, $n_1 = V_2 / V_1$, $\mu = 2 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$.

$$\text{Onda} \quad T_2 = \frac{T_1}{n_1^{\gamma-1}} ,$$

$$T_2 = \frac{300}{5^{1,4-1}} = \frac{300}{5^{0,4}} \text{ K} . \quad 5^{0,4} = 1,91; \quad T_2 = \frac{300}{1,91} = 157 \text{ K} .$$

Gazyň adibat giňeltmesinde gazyň A_1 işiniň formulasy

$$A_1 = \frac{m}{\mu} C_v (T_1 - T_2) = \frac{m}{\mu} \frac{i}{2} R (T_1 - T_2)$$

$$A_1 = \frac{0,02 \cdot 5 \cdot 8,31}{2 \cdot 10^{-3} \cdot 2} (300 - 157) = 29,8 \cdot 10^3 \text{ J} .$$

Izotermik prosesde gazyň işi:

$$A_2 = \frac{m}{\mu} R T_2 \ln \frac{V_3}{V_2} \quad ya - da \quad A_2 = RT_2 \ln \frac{1}{n_2}$$

$$A_2 = \frac{0,02}{2 \cdot 10^{-3}} \cdot 8,31 \cdot 157 \ln \frac{1}{5} = -21 \cdot 10^3 \text{ J} .$$

Minus alamatynyň bolmagynyň sebäbi gaz gysylanda gaz iş edenokda daşky güýçler gazyň üstünde iş edýär.

4 A. Esasy formulalar. Elektrostatika.

Nokatlanç q_1 we q_2 zaryadlaryň arasyndaky täsir güýçleri üçin Kulonyň kanuny:

$$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_o \epsilon r^2} ,$$

bu ýerde r – zaryadlaryň arasyndaky aralyk, ϵ – sredanyň dielektrik syzyjylygy.. ϵ_o – elektrik hemişeligi ($\epsilon_o = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F / m}$).

Elektrik meýdanynyň güýjenmesi:

$$E = \frac{F}{q} ,$$

Birnäçe zaryadyň döredýän elektrik meýdanynyň güýjenmesi aýra-aýra meýdanlarynyň güýjenme wektorlarynyň geometrik jemi ýaly kesgitlenýär.

Gaussyň teoremasy boýunça islendik ýapyk üstden geçýän güýjenmäniň akymy:

$$N_E = \frac{\sum q}{\epsilon_o \epsilon} ,$$

bu ýerde $\sum q$ – ýapyk üstüň içinde ýerleşen zarýadlaryň algebraik jemi.

Islendik ýapyk üstden geçýän elektrik indykisiýasynyň akymy:

$$N_D = \sum q \cdot$$

Gaussyň teoremasynyň kömegi bilen dürli zarýadly bölejikleriň döreden elektrik meýdanynyň güýjenmesini hasaplap bolýar.

Tükeniksiz uzyn zarýadly sapagyň elektrik meýdanynyň güýjenmesi.

$$E = \frac{\tau}{4\pi \varepsilon_o \varepsilon a} ,$$

bu ýerde τ – sapakda zarýadyň çyzyklaýyn dykyzlygy, a – sapaga çenli aralyk.

Sapagyň uzynlygy çäkli bolanda onuň ortasyna inderilen perpendikulýaryň üstünde, sapakdan a aralykdaky nokadyň meýdanynyň güýjenmesi

$$E = \frac{\tau \sin \theta}{2\pi \varepsilon_o \varepsilon a} ,$$

bu ýerde θ – öwrenilýän nokatdan sapaga inderilen normal bilen sapagyň ujyna geçirilen radius-wektoryň arasyndaky burç,

Tükeniksiz uly zarýadly tekizligiň elektrik meýdanynyň güýjenmesi

$$E = \frac{\tau}{2\varepsilon_o \varepsilon} ,$$

bu ýerde τ – tekizlikdäki zarýadyň üst dykyzlygy,

Tekizlik R radiusly üst görnüşinde bolanda, onuň merkezine inderilen perpendikulýarda, merkezinden α aralykda ýerleşen nokatda elektrik meýdanynyň güýjenmesi:

$$E = \frac{\tau}{2\varepsilon_o \varepsilon} \left(1 - \frac{a}{\sqrt{R^2 + a^2}}\right) .$$

Dürli atly zarýadlanan iki paralel, tükeniksiz uly tekizlikleriň döredýän elektrik meýdanynyň güýjenmesi:

$$E = \frac{\tau}{\varepsilon_o \varepsilon}.$$

Şy formula tekiz kondensator üçin hem dogrydyr.

Zarýadly şaryň döredýän elektrik meýdanynyň güýjenmesi

$$E = \frac{q}{4\pi\varepsilon_o \varepsilon r^2},$$

bu ýerde q – radiusy R bolan şaryň zarýady,

r – şaryň merkezine çenli aralyk ($r > R$).

Elektrik induksiýasynyň (D) formulasy:

$$D = \varepsilon_o \varepsilon E$$

Elektrik meýdanynyň iki nokadynyň arasyndaky potentsiallaryň tapawudy

$$V_1 - V_2 = \frac{A}{q},$$

bu ýerde A – birlik položitel zarýady bir nokatdan beýleki nokada geçirmek üçin edilmeli iş.

Nokatlanç zarýadyň potentsialy

$$U = \frac{q}{4\pi\varepsilon_o \varepsilon r},$$

bu ýerde r – zarýada çenli aralyk.

Potensial bilen elektrik meýdanynyň güýjenmesiniň baglanşygy:

$$E = -\frac{dU}{dr}.$$

Meýdan birhilli bolanda tekiz kondensatoryň meýdanynyň güýjenmesi.

$$E = \frac{U}{d},$$

bu ýerde U -kondensatoryň plastinalarynyň arasyndaky potentsiallaryň tapawudy, d -olaryň arasyndaky uzaklyk.

Ýalňyz geçirijiniň potentsialy bilen onuň zaryadynyň baglanşygy

$$q = CU ,$$

bu ýerde C – geçirijiniň sygymy.

Tekiz kondensatoryň sygymy:

$$C = \frac{\varepsilon_o \varepsilon C}{d} ,$$

bu ýerde d – plastinalaryň arasyndaky uzaklyk,

S – kondensatoryň plastinasynyň meýdany.

Sferiki kondensatoryň sygymy:

$$C = \frac{2\pi\varepsilon_o \varepsilon L}{\ln \frac{R}{r}} ,$$

bu ýerde r – içki sferanyň radiusy, R – daşky sferanyň radiusy, $R = \infty$ bolanda ýalňyz şaryň sygymyny alarys

$$C = 4\pi\varepsilon_o \varepsilon r .$$

Silindrik kondensatoryň sygymy:

$$C = \frac{2\pi\varepsilon_o \varepsilon L}{\ln \frac{R}{r}} ,$$

bu ýerde L – koaksial silindrleriň beýikligi, r we R – içki we daşky silindrleriň radiuslary.

Parallel birikdirilen kondensatorlaryň sygymy:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$$

Yzygiderli birikdirilen kondensatorlaryň sygymy:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$$

Zaryadly ýalňyz geçirijiniň energiýasy üçin formulalar:

$$W = \frac{1}{2} qU, \quad W = \frac{1}{2} CU^2, \quad W = \frac{q^2}{2C}.$$

Tekiz kondensatoryň energiýasy:

$$W = \frac{\varepsilon_o \varepsilon SU^2}{2d} = \frac{\varepsilon_o \varepsilon E^2 Sd}{2} = \frac{\tau^2 Sd}{2\varepsilon_o \varepsilon},$$

bu ýerde S – her plastinanyň meýdany, τ – plastinadaky zarýadyň üst dykzlygy, U – plastinalaryň arasyndaky potentsiallaryň tapawudy.

Elektrik meýdanynyň energiýasynyň göwrümleýin dykzlygy

$$w = \frac{\varepsilon_o \varepsilon E^2}{2} = \frac{ED}{2}.$$

Elektrik togy.

Toguň I güýji wagt birliginde geçirijiniň kese kesiginden geçýän elektrik zarýady bilen kesgitlenýär:

$$I = \frac{dq}{dt}; \quad I = \text{const bolanda} \quad I = \frac{q}{t}.$$

Elektrik togunyň dykzlygy

$$j = \frac{I}{S},$$

bu ýerde S – geçirijiniň kese kesiginiň meýdany. Zynjyr uçastogy üçin Omuň kanuny

$$I = \frac{U}{R},$$

bu ýerde U – uçastogyň uçlaryndaky naprýaženiýe,

R – bu uçastogyň garşylygy,

Geçirijiniň garşylygy:

$$R = \rho \frac{P}{S} = \frac{\ell}{\tau S}.$$

bu ýerde ρ – udel garşylyk, τ – udel geçirijilik, ℓ – geçirijiniň uzynlygy.

Geçirijiniň garşylygynyň temperatura baglylygy.

$$\rho_t = \rho_o (1 + \alpha t) ,$$

bu ýerde ρ_o – temperatura $0^\circ C$ bolandaky udel garşylyk, α – garşylygyň temperatura koeffisiýenti.

Zynjyr uçastogynda elektrik togunyň işi:

$$A = I \vartheta t = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t .$$

Ýapyk zynjyr üçin Omuň kanuny

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r} ,$$

bu ýerde \mathcal{E} – tok çeşmesiniň EHG-si, R – daşky garşylyk, r – çeşmäniň içki garşylygy.

Zynjyryň doly kuwwaty

$$P = \mathcal{E} I .$$

Kirhgofyň birinji kanuny: elektrik shemasynyň islendik düwüninde toklaryň algebraik jemi nola deň:

$$\sum_{i=1}^n I_i = 0 .$$

Kirhgofyň ikinji kanuny: elektrik shemasynyň islendik konturynda EHG-leriň algebraik jemi:potensiallaryň peselmeleriniň algebraik jemine deňdir:

$$\sum_{i=1}^n I_i R_i = \sum_{d=1}^m \mathcal{E}_j$$

Elektrolitlerde elektrik togy üçin Faradeýiň kanunlary.

Faradeýiň birinji kanuny:

$$M = K I t = K q ,$$

bu ýerde M – elektrolizde bölünip çykýan maddanyň mukdary, q – elektrolitden geçýän zarýadyň mukdary, K – elektrohimiki ekwiwalent.

Faradeýiň ikinji kanuny:

$$K = \frac{1}{F} \cdot \frac{M}{Z},$$

bu ýerde M -ionyň molýar

massasy, Z – walentlilik, $F = 9,65 \cdot 10^7 \text{ K} / (\text{kg.kW})$. -

Faradeýiň hemişeligi.

Gazdan akýan toguň j dykzlygynyň pes bahalary üçin Omuň kanuny

$$j = qn(u_+ + u_-)E = \tau E,$$

bu ýerde E – meýdanyň güýjenmesi, τ – gazyň udel geçirijiligi, q – ionyň zarýady, u_+ we u_- – ionlaryň süýşüjiligi, n – gazyň birlik göwrümindäki dürli alamatly jübüt ionlaryň sany.

Mesele işlemegiň mysallary.

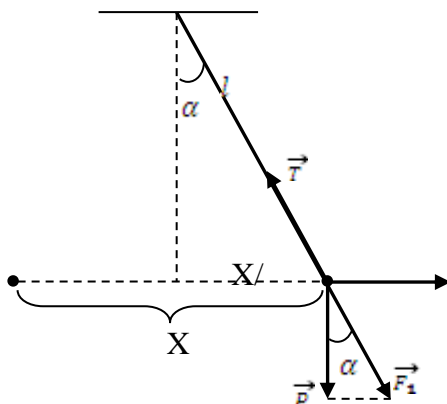
Mesele 4.1. Uzynlygy 0,6 m inçe iki ýüpek sapaklardan massasy 8g bolan şarjagazlar asylan. Şarjagazlaryň hersine $5 \cdot 10^{-9} \text{ K}\ell$ biratly zarýad berilse olaryň arasy näçe bolar?

Çözülişi.

$$\text{Suratdan} \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{F}{P} \quad (1)$$

$P = mg$ – agyrlyk güýji;

$F = 9 \cdot 10^9 \frac{q^2}{X^2}$ – kulon güýji.



Onda
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{9 \cdot 10^9 q^2}{mgX^2} \quad (2)$$

Ýokarky üçburçlykdan

$$\sin \alpha = \frac{X/2}{\ell} \quad (3)$$

Kiçiräk burçlarda, takminan $\operatorname{tg} \alpha = \sin \alpha$ hasaplar alarys

$$\frac{9 \cdot 10^9 \cdot q}{mg X^2} = \frac{X}{2\ell} \quad \text{bu ýerden}$$

$$X \approx \sqrt[3]{\frac{9 \cdot 10^9 \cdot 2 \cdot q^2 \ell}{mg}} .$$

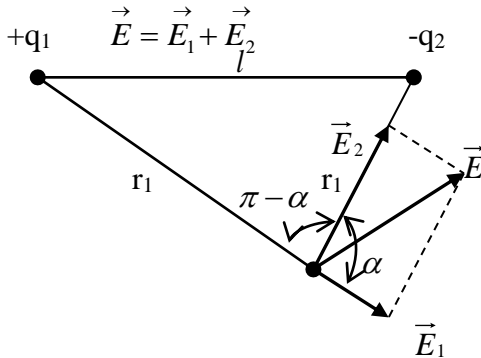
$$X = \sqrt[3]{\frac{9 \cdot 10^9 \cdot 2 \cdot (5 \cdot 10^{-9})^2 \cdot 0,6}{8 \cdot 10^{-3} \cdot 9,8}} \approx 0,15 \text{ m} .$$

Mesele 4.2. $q_1 = 2nK\ell$ we $q_2 = -3nK\ell$ nokatlanç zarýadlaryň aralygy $\ell = 0.2 \text{ m}$. Birinji zarýaddan $r_1 = 15 \text{ sm}$ daşlykda, ikinji zarýaddan $r_2 = 10 \text{ sm}$ daşlykda ýerleşen nokatdaky E güýjenmäni we φ potensialy kesgitlemeli.

Çözülişi.

A nokatdaky elektrik

meýdanyň güýjenmesi



$$E_1 = \frac{q}{4\pi\epsilon_o r_1^2} ; \quad E_2 = \frac{q_2}{4\pi\epsilon_o r_2^2} ,$$

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1 E_2 \cos \alpha}$$

$$E_1 = \frac{9 \cdot 10^9 q_1}{r_1^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 2 \cdot 10^{-9}}{0,15^2} = 800 \text{ W / m.}$$

$$E_2 = \frac{9 \cdot 10^9 q_2}{r_2^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 3 \cdot 10^{-9}}{0,1^2} = 2700 \text{ W / m.}$$

Üçburçlyk üçin

$$\ell^2 = r_1^2 + r_2^2 + 2r_1 r_2 \cos \alpha \quad \text{bu ýerden}$$

$$\cos \alpha = \frac{\ell^2 - r_1^2 - r_2^2}{2r_1 r_2} = 0,25.$$

$$E = \sqrt{800^2 + 2700^2 + 2 \cdot 800 \cdot 2700 \cdot 0,25} = 3 \cdot 10^3 \text{ W / m ,}$$

A nokatdaky meýdanyň potensialy

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 , \quad \varphi_1 = \frac{q}{4\pi\epsilon_o r_1} , \quad \varphi_2 = \frac{q_2}{4\pi\epsilon_o r_2}$$

$$\varphi = 9 \cdot 10^9 \left(\frac{q_1}{r_1} - \frac{q_2}{q_2} \right)$$

$$\varphi = 9 \cdot 10^9 \left(\frac{2 \cdot 10^{-9}}{0,15} - \frac{3 \cdot 10^{-9}}{0,1} \right) = -150 \text{ W}.$$

Mesele 4.3. Radiusy $R = 1 \text{ sm}$, $\tau = 20 \text{ nK}\ell / m$. çyzyklanç dykzlyk bilen deňölçegli zarýadlanan uzyn silindr elektrik meýdanyny döredýär. Silindriň ortasynda onuň üstünden $a_1 = 0,5 \text{ sm}$ we $a_2 = 2 \text{ sm}$ aralyklarda ýerleşen nokatlaryň potensiallarynyň tapawudyny tapmaly.

Çözülişi.

Güýjenmäniň we potensialyň üýtgemesiniň $E = -\text{grad}\varphi$ gatnaşygyndan peýdalanmaly. Silindriň meýdany simmetrik okly. Şonuň üçin gatnaşyk ulanylsa bolýar.

$$E = -\frac{d\varphi}{dr} \quad \text{ya-da} \quad d\varphi = -E dr$$

Bu aňlatmany integrirläp silindriň okundan r_1 we r_2 aralyklarda ýerleşen nokatlaryň potensiallaryň tapawudyny kesgitlep bolýa:

$$\varphi_2 - \varphi_1 = -\int_{r_1}^{r_2} E dr \quad (1)$$

Silindr uzyn, nokatlar silindre golaý we orta böleginde. Şonuň üçin güýjenme tapylanda tükeniksiz uzyn silindr üçin güýjenmäniň formulasyny ulanman bolar.

$$E = \frac{\tau}{2\pi\epsilon_0 r}$$

Bu aňlatmany (1) deňlige goýup alarys

$$\varphi_2 - \varphi_1 = -\frac{\tau}{2\pi\epsilon_o} \int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{r} = -\frac{\tau}{2\pi\epsilon_o} \ln \frac{r_2}{r_1} \quad ya - da$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{\tau}{2\pi\epsilon_o} \ln \frac{r_2}{r_1} \quad (2)$$

$$r_1 = R + \alpha_1 = 1,5 \text{ sm}, \quad r_2 = R + a_2 = 3 \text{ sm}.$$

Bu ýerde

$$\varphi_1 - \varphi_2 = 2 \cdot 10^{-8} \cdot 2 \cdot 9 \cdot 10^9 \ln \frac{3}{1,5} = 250 \text{ W}.$$

Mesele 4.4. Howaly kondensatoryň plastinalaryna $U_1 = 500 \text{ W}$ potenciallaryň tapawudy goýlan. Plastinalaryň meýdany $S = 200 \text{ sm}^2$, olaryň arasy $d = 1,5 \text{ mm}$. Kondensatory çeşmeden aýryp plastinalaryň arasyny parafinden ($\epsilon = 2$) doldyrdylar. Dielektrik salynandan soňky potenciallaryň V_2 tapawudyny tapmaly. Dielektriksiz we dielektrikli kondensatoryň C_1 we C_2 dielektrik sygymларыny kesgitlemeli.

Çözülişi.

Dielektriksiz we dielektrikli ýagdaýlarda kondensatory zarýady we zarýadyň plastinadaky üst dykzyzlygy hemişelik saklanýar

$$q_1 = q_2 = q = \text{const}, \quad \tau = \frac{q}{s} = \text{const}.$$

Gaussyň teoremasy boýunça dürli atly zarýady bolan parallel tekizlikleriň meýdanynyň güýjenmesi üçin formula ulanallyň

$$E_1 = \frac{\tau}{\epsilon_o} \quad . \quad E_2 = \frac{\tau}{\epsilon_o \epsilon}.$$

Potensiallaryň tapawudy

$$U_1 = Ed; \quad U_2 = E_2 d; \quad \text{Bu ýerde} \quad U_2 = \frac{U_1}{\epsilon}$$

$$\nu_2 = \frac{500}{2} = 250 \text{ W}$$

Sygymlar:

$$C_1 = \frac{\varepsilon_o S}{\alpha}, \quad C_1 = \frac{8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 200 \cdot 10^{-4}}{1,5 \cdot 10^{-3}} = 118 \cdot 10^{-12} \text{ F} = 118 \text{ p F},$$

$$C_2 = \frac{\varepsilon_o \varepsilon S}{d} \quad C_2 = 236 \text{ p F}.$$

Mesele 4.5. Sygymy 3 mkF kondensator $U_1 = 40 \text{ W}$ potensiallaryň tapawudyna çenli zarýadlanan. Kondensator tok çëshmesinden aýrylyp zarýadlanmadyk $C_2 = 5 \text{ mk}$ kondensatora parallel birikdirilýär. Ikinji kondensator birikdirilende uçgun emele gelmegini sarp edilen energiýany tapmaly.

Çözülüşi.

Uçgun emele gelmäge sarp bolýan energiýa

$$W' = W_1 - W_2, \quad (1)$$

bu ýerde W_1 – ikinji kondensator birikdirilmänkä birinji kondensatoryň energiýasy.

Zarýadly kondensatoryň energiýasy

$$W = \frac{CU^2}{2}. \quad (2)$$

(1) we (2) deňliklerden alarys:

$$W' = \frac{C_1 U_1^1}{2} - \frac{(C_1 + C_2) U_2^2}{2}, \quad (3)$$

bu ýerde V_2 – kondensator batareýasynyň uçlaryndaky potensiallaryň tapawudy.

Ikinji kondensator birikdirilenden soň hem zarýadyň üýtgemeyändigini hasaba alyp ýazmak bolar

$$U_2 = \frac{q}{C_1 + C_2} = \frac{C_1 U_1}{C_1 + C_2} \quad (4)$$

(3) deňlemä goýup alarys:

$$W' = \frac{C_1 U_1^2}{2} - \frac{(C_1 + C_2) C_1^2 U_2^2}{2(C_1 + C_2)}, \quad \text{ýa-da}$$

$$W' = \frac{1}{2} \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} U_1^2$$

$$W' = \frac{1 \cdot 3 \cdot 10^{-5} \cdot 5 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot (3 \cdot 10^{-6} + 5 \cdot 10^{-6})} 1600 = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ J.}$$

Mesele 4.6. Suratdaky zynjyrda ampermetr $I = 1,5 \text{ A}$ tok görkezýär. R_1 garşylykda tok güýji $I_1 = 0,5 \text{ A}$. Garşylyklar $R_2 = 2 \text{ Om}$, $R_3 = 6 \text{ Om}$. R_1 garşylygy, R_2 we R_3 garşylyklardan geçýän I_2 we I_3 tok güýçlerini tapmaly.

Çözülişi.

Umumy tok güýji

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

Umumy naprýaženiýe

$$U = \text{const.}$$

R_1 garşylygyň uçlaryndaky $U = I_1 R$, naprýaženiýe parallel birikdirilen

R_2 we R_3 garşylyklaryň uçlaryndaky naprýaženiýä deňdir.

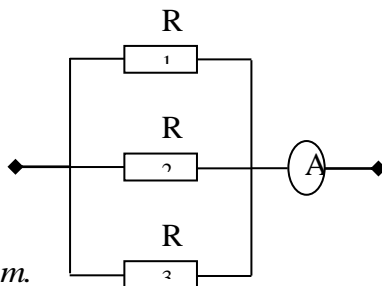
$$I_1 R_1 = (I_2 + I_3) \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}$$

$$I_2 + I_3 = I - I_1$$

$$R_1 = \frac{(I - I_1) R_2 R_3}{I_1 (R_2 + R_3)}$$

$$R_1 = \frac{(1,5 - 0,5) 2 \cdot 6}{0,5 (2 + 6)} = 3 \text{ Om.}$$

$$I_2 = \frac{U}{R_2} = \frac{I_1 R_1}{R_2}; \quad I_2 = \frac{0,5 \cdot 3}{2} = 0,75 \text{ A.}$$



$$I_3 = \frac{I_1 R_1}{R_3}; \quad I_3 = \frac{0,5 \cdot 3}{6} = 0,25 \text{ A},$$

Mesele 4.7. Elektrik zynjyrynyň daşky böleginde $I_1 = 4 \text{ A}$ tok bolanda $P_1 = 10 \text{ Wt}$ kuwwat ýüze çykýar. Tok $I_2 = 2 \text{ A}$ bolanda $P_2 = 8 \text{ Wt}$ kuwwat ýüze çykýar. Çeşmäniň ε elektrik hereketlendiriji güýjüni we içki garşylygyny kesgitlemeli.

Çözülişi.

Peýdalanylýan formulalar

$$P = \varepsilon I. \quad \varepsilon = I (R + r)$$

P_1 kuwwat:

$$P_1 = \varepsilon I_1 - I_1^2 r. \quad r = \frac{\varepsilon I_1 - P_1}{I_1^2}; \quad (1)$$

$$P_2 \text{ kuwwat:} \quad P_2 = \varepsilon I_2 - I_2^2 r \quad (2)$$

(1) deňlikden (2) deňlige goýup alarys

$$P_2 = \varepsilon I_2 - \frac{I_2^2}{I_1^2} (\varepsilon I_1 - P_1) \quad \text{ýa-da}$$

$$P_2 = \varepsilon I_2 - \varepsilon \frac{I_2^2}{I_1} + P_1 \frac{I_2^2}{I_1} \quad \text{bu ýerden}$$

$$\varepsilon = \frac{P_2 - P_1 \frac{I_2^2}{I_1^2}}{I_2 - \frac{I_2^2}{I_1}}; \quad \varepsilon = \frac{8 - 10 \frac{2^2}{4^2}}{2 - \frac{2^2}{4}} = 5,5 \text{ W}$$

$$\varepsilon = \frac{P_2 - P_1 \frac{I_2^2}{I_1^2}}{I_2 - \frac{I_2^2}{I_1}}; \quad \varepsilon = \frac{8 - 10 \frac{2^2}{4^2}}{2 - \frac{2^2}{4}} = 5,5 \text{ W}$$

$$r = \frac{\varepsilon}{I_1} - \frac{P_1}{I_1^2}; \quad r = \frac{5,5}{4} - \frac{10}{4^2} = 0,75 \text{ Om.}$$

Mesele 4.8. Içki garşylygy $r = 50 \text{ Om}$ we *EHG*-si 150 W bolan tok

çeşmesine potensiometr birikdirilen (surata seret). Potensiometriň garşylygy $R \approx 100 \text{ Om}$. 1) potensiometriň hereketli bölegi ortada bolanda içki garşylygy

$R_v = 500 \text{ Om}$ bolan woltmetriň

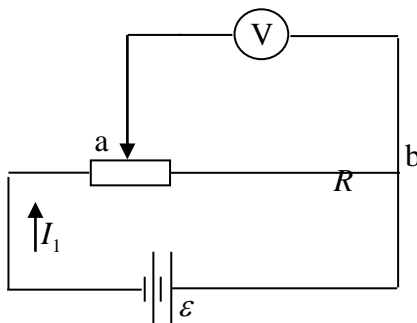
görkezegini tapmaly;

2) woltmetr aýrylanda a we b

nokatlaryň arasyndaky

potensiallaryň

tapawudyny tapmaly.



Çözülişi.

1) a we b nokatlary birikdirilen woltmetriň görkezjek naprýaženiýesi

$$U_1 = I_1 R_1 ; \quad R_1 = \frac{R R_v}{R + 2R_v} ,$$

I_1 -zynjyryň şahalanmaýan bölegindäki tok guýjy.

R_d – parallel birikdirilen woltmetr bilen potensiometriň ýarysynyň garşylygy

$$\frac{1}{R_1} \approx \frac{1}{R_v} + \frac{1}{R/2} , \quad (1)$$

R_d – zynjyryň daşky böleginiň garşylygy;

$$R_d = \frac{R}{2} + R_1 \quad (2) .$$

Bu deňlikden (1) deňlige goýup alarys

$$I = \frac{\varepsilon}{R/2 + R_1 + r} .$$

$$R_1 = \frac{100 \cdot 500}{100 + 2 \cdot 500} = 45,5 \text{ Om} . \quad I_1 = \frac{150}{50 + 45,5 + 50} = 1,03 \text{ A} .$$

$$U_1 = 1,03 \cdot 45 \cdot 5 = 46,9 \text{ W} .$$

2) woltmetr aýrylanda a we b nokatlaryň arasyndaky naprýaženiýe

$$U_2 = I_2 \cdot R / 2, \quad (3)$$

$$I_2 - \text{woltmetr aýrylandaky tok} \quad I_2 = \frac{\mathcal{E}}{R + r},$$

Bu aňlatmany (3) deňlige goýup alarys.

$$U_2 = \frac{\mathcal{E} \cdot R}{(R + r) \cdot 2} = \frac{150 \cdot 100}{(100 + 50) \cdot 2} = 50W$$

Mesele 4.9. Garşylygy $R = 20 \text{ Om}$ geçirijidäki tok güýji $\Delta t = 2 \text{ s}$ dowamynda çyzyklanç kanun bilen $I_o = 0$ bahadan $I = 6 \text{ A}$ çenli ösýär (surata seret). Birinji sekundyň dowamynda bölünip çykjak Q_1 we ikinji sekundyň dowamynda bölünip çykjak Q_2 ýylylyklary tapmaly. Ol ýylylyklaryň Q_2 / Q_1 gatnaşygyny hasaplamaly.

Çözülişi.

Joul-Lensiň $Q = I^2 R t$ ($I = \text{const}$) kanunyndan tok üýtgände şerti üçin dt wagt üçin alarys

$$dQ = I^2 R dt, \quad (1)$$

bu ýerde tok $I = kt$ baglanyşy bilen üýtgeýän funksiýa. Suratdan görnüşi ýaly

$$K = \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{6}{2} = 3 \text{ A/s.} \quad \text{Onda}$$

$$dQ = K^2 R t^2 dt \quad (2)$$

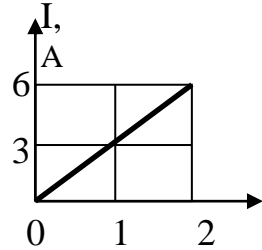
t_1 wagtdan t_2 wagta çenli bölünip çykjak ýylylygy hasaplamak üçin (2) deňligi integrirlemeli

$$Q = K^2 R \int_{t_1}^{t_2} t^2 dt = \frac{1}{3} k^2 R (t_2^3 - t_1^3)$$

$$Q_1 = \frac{1}{3} 3^2 \cdot 20 (1 - 0) = 60 \text{ J} .$$

$$Q_2 = \frac{1}{3} 3^2 \cdot 20 (8 - 1) = 420 \text{ J} .$$

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{420}{60} = 7.$$



Mesele 4.10. Suratdaky zynjyryň her bölegindäki togy tapmaly.

Maglumatlar

$$\varepsilon_1 = 2 \text{ W}; \quad \varepsilon_2 = 4 \text{ W}; \quad \varepsilon_3 = 3 \text{ W}; \quad r_1 = 0,5 \text{ Om}, \quad r_2 = 1 \text{ Om}, \\ r_3 = 0,8 \text{ Om}; \quad R_1 = 4,5 \text{ Om}; \quad R_2 = 9 \text{ Om}; \quad R_3 = 7,2 \text{ Om}.$$

Çözülişi.

A nokat üçin Kirhgofyň birinji düzgünini ulanmaly

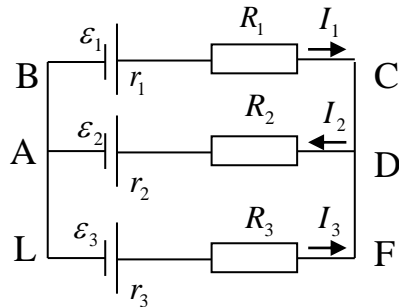
$$I_2 = I_1 + I_3 \quad (1)$$

Konturlarda sagat diliniň tersine aýlanyp Kirhgofyň ikinji düzgünini ýazýarys.

Konturlar:

$$\left. \begin{aligned} ABCD : \varepsilon_1 - \varepsilon_2 &= -I_1 R_1 - I_2 R_2 - I_1 r_1 - I_2 r_2 \\ ADFL : \varepsilon_2 - \varepsilon_3 &= I_2 R_2 + I_3 R_3 + I_2 r_2 + I_3 r_3 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Daşky kontur üçin ýazmak gerek däl, sebäbi deňlemeleriň sany ýeterlik. Maglumatlary goýup alarys:



$$\left. \begin{aligned} 2 &= (0,5 + 4,5) I_1 + (1 + 9) I_2 \\ 1 &= (1 + 9) I_2 + (0,8 + 7,2) I_3 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

ýa-da

$$\left. \begin{aligned} 5 I_1 + 10 I_2 &= 2 \\ 10 I_2 + 8 I_3 &= 1 \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

(1) deňlikden $I_3 = I_2 - I_1$, onda

$$\left. \begin{aligned} 5 I_1 + 10 I_2 &= 2 \\ 10 I_2 + 8 I_2 - 8 I_1 &= 1 \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Bu deňligiň birinjisinde $I_1 = \frac{2 - 10 I_2}{5}$ tapyp ikinjisine goýmaly

$$10 I_2 + 8 I_2 - \frac{8 (2 - 10 I_2)}{5} = 1.$$

$$34 I_2 = 4,2; \quad I_2 = 0,124 \text{ A}$$

$$I_1 = \frac{2 - 10 \cdot 0,124}{5} = 0,152 \text{ A}.$$

$$I_3 = I_2 - I_1 = 0,152 - 0,124 = 0,028 \text{ A}$$

Toklaryň bahalary položitel sanlar. Diýmek, shemada toklaryň ugruny belleýşimiz dogry.

5 A. Esasy formulalar.

I tok geçýän $d\ell$ uzynlykly tok elementiniň giňişligiň käbir nokadynda döredýän magnit meýdanynyň dH güýjenmesi:

$$dH = \frac{I \sin \alpha \cdot d\ell}{4\pi r^2},$$

bu ýerde r – tok elementinden öwrenilýän nokada çenli aralyk, α – radius-wektor r bilen $d\ell$ elementiň arasyndaky burç.

Aýlaw toguň merkezindäki magnit meýdanynyň güýjenmesi:

$$H = \frac{I}{2R} ,$$

bu ýerde R – tokly aýlaw konturyň radiusy.

Tükeniksiz uzyn geçirijiniň döredýän magnit meýdanynyň güýjenmesi:

$$H = \frac{I}{2\pi a} ,$$

bu ýerde a – öwrenilýän nokatdan tokly geçirijä çenli aralyk.

Aýlaw toguň okundaky magnit meýdanynyň güýjenmesi:

$$H = \frac{R^2 I}{2 (R^2 + \alpha^2)^{3/2}} ,$$

bu ýerde n – tokly aýlaw konturyň radiusy, α – öwrülýän nokatdan konturyň tekizligine çenli aralyk.

Toroidiň we tükeniksiz uzyn solenoidiň içindäki magnit meýdanynyň güýjenmesi:

$$H = nI ,$$

bu ýerde n -birlik uzynlyga düşýän sargylaryň sany.

Gutarnykly uzynlygy bolan solenoidiň okundaky magnit meýdanynyň güýjenmesi:

$$H = \frac{nI}{2} (\cos \beta_1 - \cos \beta_2) ,$$

bu ýerde β_1 we β_2 – öwrenilýän nokatdan solenoidiň uçlaryna geçirilen radius-wektorlar bilen solenoidiň okunyň arasyndaky burç. Magnit induksiýasy B bilen magnit meýdanynyň güýjenmesiniň arasyndaky baglanyşyk

$$B = \mu_o \mu H ,$$

bu ýerde μ_o – magnit hemişeligi, μ – sredanyň magnit syzyjylygy (ferromagnetikler üçin μ güýjenmä bagly üýtgeýän ululykdyr).

Magnit meýdanynyň energiýasynyň göwrümleýin dykzlygy

$$w = \frac{H B}{261}$$

Konturdan geçýän magnit induksiýasynyň akymy

$$\Phi = BS \cos \varphi ,$$

bu ýerde S – konturyň kese kesiginiň meýdany, φ – konturyň üstüniň normaly bilen magnit meýdanynyň ugrunyň arasyndaky burç.

Toroidiň magnit induksiýasynyň akymy:

$$\Phi = \frac{INS\mu_o\mu}{\ell} ,$$

bu ýerde N – sargylaryň sany, ℓ – toroidiň uzynlygy, S – kese kesiginiň meýdany, μ – magnit syzyjylyk, μ_o – magnit hemişeligi.

Howaly kesigi bolan toroidiň magnit induksiýasynyň akymy

$$\Phi = \frac{IN}{\frac{\ell_1}{S\mu_o\mu_1} + \frac{\ell_2}{S\mu_o\mu}} ,$$

bu ýerde ℓ – howaly kesigiň uzynlygy, ℓ_2 – demir serdeçnigiň uzynlygy, μ_2 – onuň magnit syzyjylygy, μ_1 – howanyň magnit syzyjylygy.

Magnit meýdanynda ýerleşen $d\ell$ tok elementine täsir edýän Amperiň güýji:

$$dF = BI \sin \alpha \cdot d\ell ,$$

bu ýerde α – toguň we magnit meýdanynyň arasyndaky burç.

Tokly konturyň magnit momenti.

$$p = IS ,$$

Bu ýerde S – konturyň meýdany.

Tokly ýapyk kontura we magnit strelkasyna magnit meýdanynda täsir edýän jübüt güýçleriň aýlandyryjy momenti

$$M = PBS \sin \alpha ,$$

bu ýerde α – magnit meýdanynyň ugry bilen konturyň (magnit strelkasynyň) üstüne inderilen normalyň arasyndaky burç.

Parallel iki I_1 we I_2 tokly geçirijileriň özara täsirleniş güýçleri:

$$F = \frac{\mu_o \mu I_1 I_2 \ell}{2\pi d},$$

bu ýerde ℓ – geçirijileriň uzynlygy, d – olaryň arasyndaky uzaklyk.

Tokly geçirijiniň magnit meýdanynda süýşmesinde edilýän iş

$$dA = Id\Phi,$$

bu ýerde $d\Phi$ – geçirijiniň hereketi netijesinde kesip geçýän magnit induksiýasynyň akymy.

Magnit meýdanynda \mathcal{S} tizlik bilen hereket edýän zaryadly bölejige täsir edýän güýç (Lorensiň güýji).

$$F = qB\mathcal{S} \sin \alpha,$$

bu ýerde q – bölejigiň zaryady, α – bölejigiň tizliginiň ugry bilen magnit meýdanynyň ugrunyň arasyndaky burç. Magnit meýdanynda perpendikulýar ýerleşen geçiriji plastinanyň uzynlygy boýunça I tok goýberilse kese ugur boýunça ýüze çykýan potenciallaryň tapawudy (Hollyň effekti):

$$U = K \frac{IB}{\alpha} = \frac{IB}{ne\alpha},$$

bu ýerde α – plastinanyň galyňlygy, B – magnit meýdanynyň induksiýasyny,

$$K = \frac{1}{ne} - \text{Hollyň hemişeligi, } n - \text{tok geçirijileriň}$$

konsentrasiýasy,

e – elementar zaryad.

Elektromagnit induksiýasynyň EHG-si:

$$\mathcal{E} = - \frac{d\Phi}{dt},$$

bu ýerde Φ – kontury kesip geçýän magnit induksiýasynyň akymy.

Öz-özünde induksiýanyň EHG-si:

$$\varepsilon = -L \frac{dI}{dt},$$

bu ýerde L – konturyň induktiwligi.

Solenoidiň induktiwligi:

$$L = \mu_o \mu n^2 \ell S,$$

bu ýerde ℓ – solenoidiň uzynlygy, S – onuň kese-kesiginiň meýdany, n – birlik uzynlykdaky sargylaryň sany.

Tok ölçülende tok güýjüniň üýtgeýiş kanuny:

$$I = I_o e^{-\frac{R}{L}t}.$$

Tok birikdirilende tok güýjüniň üýtgeýiş kanuny:

$$I = I_o (1 - e^{-\frac{R}{L}t}).$$

Tokly konturyň magnit energiýasy

$$w = \frac{1}{2} L I^2$$

Bu konturda induksiýanyň akymy üýtgesse goňşy konturda induksiýanyň EHG-si ýüze çykýar:

$$\varepsilon = -L_{12} \frac{dI}{dt},$$

bu ýerde L_{12} – konturlaryň özara induktiwligi,

Umumy magnit akymly iki solenoidiň özara induktiwligi:

$$L_{12} = \mu_o \mu n_1 n_2 S \ell,$$

bu ýerde n_1 we n_2 – birlik uzynlykdaky sargylaryň sany ℓ – solenoidleriň uzynlygy; S – olaryň kese-kesiginiň meýdany.

Elektromagnit yrgyldylary we tolkunlaryna degişli formulalar.

Garşylygy R , induktiwligi L we sygymy C bolan konturdaky elektomagnit yrgyldylarynyň periody:

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{1}{2L} - \left(\frac{R}{2L}\right)^2}} .$$

Konturyň garşylygy kiçi bolanda, ýagny

$$\left(\frac{R}{2L}\right)^2 \ll \frac{1}{LC}$$

şert ýerine ýetende

$$T = 2\pi\sqrt{LC} .$$

Konturyň R garşylygy nola deň bolmasa togtaýan yrgyldy döreýär. Bu şertde kondensatoryň plastinalarynyň arasyndaky potensiallaryň tapawudy:

$$U = U_o e^{-\delta t} \cos \omega t ,$$

bu ýerde wagtyň başlangyjy kondensatoryň plastinalarynyň arasyndakypotensiallaryň tapawudynyň iň uly bahasyna degişli wagtdyr: $\delta = R/2L$ –togtama koeffisiýenti.

Üýtgeýän tok üçin Omyň kanuny

$$I_{ef} = \frac{U_{ef}}{Z} ,$$

bu ýerde I_{ef} we U_{ef} –toguň we naprýaženiýäniň effektiw bahalary. Olaryň degişli amplituda bahalar bilen baglanşygy:

$$I_{ef} = \frac{I_o}{\sqrt{2}} \quad we \quad U_{ef} = \frac{U_o}{\sqrt{2}} ,$$

Z – zynjyryň doly garşylygy.

Eger kontur zyzgider birikdirilen R garşylykdan, L induktiwlikden we C sygyndan durýan bolsa umumy garşylygyň formulasy:

$$Z = \sqrt{R^2 - \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} .$$

Bu şert üçin naprýaženiýe bilen toguň arasyndaky faza süýşmesi

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R} .$$

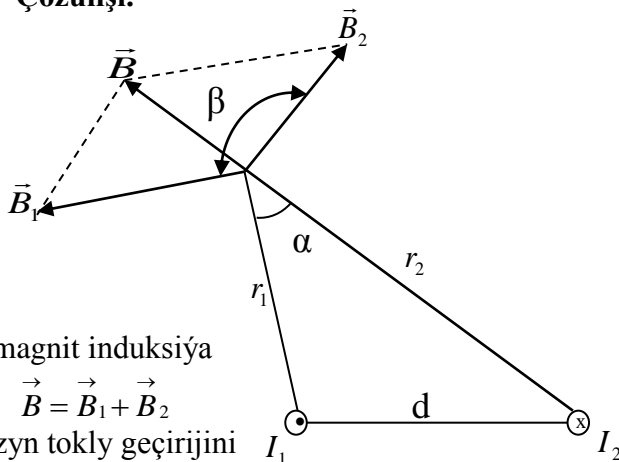
Üýtgeýän toguň aktiw kuwwaty

$$P = I_{ef} U_{ef} \cos \varphi .$$

5 B. Işlenen meseleleriň mysallary.

Mesele 5.1. Tükeniksiz uzyn iki geçirijiden $I_1 = 70 \text{ A}$ we $I_2 = 50 \text{ A}$ toklar garşylykly taraplara akýar. Olaryň arasy $d = 15 \text{ sm}$. Birinji geçirijiden $r_1 = 20 \text{ sm}$, ikinji geçirijiden $r_2 = 30 \text{ sm}$ daşlykda ýerleşen A nokatdaky B magnit induksiýasyny tapmaly (surata seret).

Çözülişi.



Jemleýji \vec{B} magnit induksiýa

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$$

Tükeniksiz uzyn tokly geçirijini r aralykda döredýän magnit induksiýasy

$$B_1 = \frac{\mu_o I_1}{2\pi r_1} ; \quad B_2 = \frac{\mu_o I_2}{2\pi r_2} .$$

Suratdan peýdalansak

$$B = \sqrt{B_1^2 + B_2^2 + 2B_1B_2 \cos \beta}$$

$$\beta = 180^\circ - \alpha.$$

α burçy üçburçlykdan tapalyň

$$d^2 = r_1^2 + r_2^2 + 2r_1r_2 \cos \alpha$$

$$\cos \alpha = \frac{r_1^2 + r_2^2 - d^2}{2r_1r_2} \quad \cos \alpha = \frac{20^2 + 30^2 - 15^2}{2 \cdot 20 \cdot 30} = 0,896.$$

$$\cos \beta = \cos (180^\circ - \alpha) = -\cos \alpha = -0,896.$$

$$B_1 = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 70}{2\pi \cdot 0.2} = 70 \cdot 10^{-6} T\ell.$$

$$B_2 = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 50}{2\pi \cdot 0,3} = 33,3 \cdot 10^{-6} T\ell.$$

$$B = \sqrt{(70 \cdot 10^{-6})^2 + (33,3 \cdot 10^{-6})^2 - 2 \cdot 70 \cdot 10^{-6} \cdot 33,3 \cdot 10^{-6} \cdot 0,896} = \\ = 42,8 \cdot 10^{-6} T\ell = 42,8 \text{ mk } T \ell.$$

Mesele 5.2. Geçirijiniň $\ell = 80 \text{ sm}$ uzynlykly kesimi boýunça $I = 50 \text{ A}$ tok akýar. Kesimiň uçlaryndan deň aralyklarda bolan we kesimiň ortasyndan $r_o = 30 \text{ sm}$ aralykda ýerleşen A nokatdaky B magnit induksiýasyny kesgitlemeli (surata seret)

Çözülişi.

Tokly kesimiň döredýän magnit meýdanynyň induksiýasy

$$B = \frac{\mu_o}{4\pi} \cdot \frac{I}{r_o} (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2) \text{ A} \quad \text{nokat} \quad \text{kesime}$$

simmetrik ýerleşende

$$\cos \alpha_2 = -\cos \alpha_1 \quad \text{bolýar. Onda}$$

$$B = \frac{\mu_o I}{2\pi r_o} \cos \alpha_1 \quad (2)$$

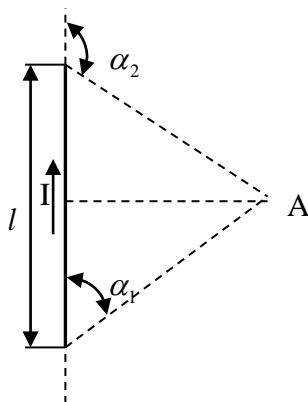
bolýar. Suratdan

$$\cos \alpha_1 = \frac{\ell / 2}{\sqrt{\left(\frac{1}{2}\right)^2 + r_o^2}} = \frac{\ell}{\sqrt{4r_o^2 + \ell^2}} r_o$$

(2) deňlige goýup alarys

$$B = \frac{\mu_o I}{2\pi r_o} \cdot \frac{\ell}{\sqrt{4 \cdot r_o^2 + \ell^2}}$$

$$B = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 50}{2\pi \cdot 0,3} \cdot \frac{0,8}{\sqrt{4 \cdot 0,3^2 + 0,8^2}} = 26,7 \cdot 10^{-6} T \ell = 26,7 \text{ mk } T \ell.$$



Mesele 5.3. Uzynlyklary $\ell = 2,5 \text{ m}$ bolan iki parallel geçirijilerden $I = 1 \text{ kA}$ toklar bir tarapa akýar. Geçirijileriň arasy $d = 20 \text{ sm}$. Toklaryň özara täsirleniş güýjini tapmaly.

Çözülişi.

I_1 toguň ikinji geçirijidäki $d\ell$ elementiniň ýanynda döredýän B_1 magnit induksiýasy

$$B_1 = \frac{\mu_o I_1}{2\pi d} \quad (1)$$

Amperiň kanuny boýunça $d\ell$ elemente täsir edýän güýç

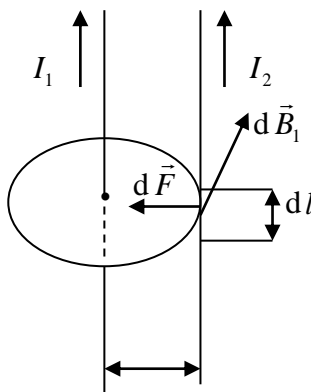
$$dF = I_2 B_1 d\ell \sin \alpha$$

$$\alpha = B^\wedge I_2 = 90^\circ; \quad \sin \alpha = 1.$$

Onda $dF = I_2 B_1 d\ell$

(1) deňlikden B_1 -iň bahasyny goýýarys

$$dF = \frac{\mu_o I_1 I_2}{2\pi d} d\ell$$



Integrirlap tokly simleriň özara täsir güýjini tapýarys

$$F = \frac{\mu_o I_1 I_2}{4\pi d} \int_0^\ell d\ell = \frac{\mu_o I_1 I_2 \ell}{2\pi d}$$

$I = I_1 = I_2$ bolany üçin

$$F = \frac{\mu_o I^2 \ell}{2\pi d} .$$

$$F = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} (10^3)^2 \cdot 2,5}{2\pi \cdot 0,2} = 2,5 \text{ N} .$$

Mesele 5.4. Proton tizlendiriji potensiallaryň tapawudyny $U = 600 \text{ W}$ geçip induksiýasy $B = 0,3 \text{ T}$ bolan meýdana uçup girdi we töwerek boýunça hereket edip başlady. Töwreğiň radiusyny tapmaly.

Çözülişi.

Proton töwerek boýunça hereket edýär. Diýmek,

$\vec{v} \perp \vec{B}$. Onda Lorensiň güýji: $F_L = qB\vartheta$ bolar.

Normal tizlenme $\alpha_n = \frac{m\vartheta^2}{R}$, onda

$$qB\vartheta = \frac{m\vartheta^2}{R} \quad \text{bu ýerde} \quad R = \frac{m\vartheta}{qB} \quad (1)$$

ýa-da

$$R = \frac{\ell}{qB} \quad (2) \quad p - \text{protonyň impulsy.}$$

Protonyň impulsyny tapmak üçin elektrik meýdanynyň işi bilen protonyň kinetik energiýasynyň üýtgemesiniň baglanyşygy ulanylýar.

$$A = \Delta T , \quad q(\varphi_1 - \varphi_2) = T_2 - T_1 ,$$

bu ýerde $\varphi_1 - \varphi_2 = U$ – tizlendiriji potensiallaryň tapawudy;
 T_1 we T_2 – protonyň başlangyç we soňky energiýasy:

Protonyň başlangyç kinetik energiýasyny hasaba alman ($T_1 \approx 0$) T_2 kinetik energiýany impulsyň üsti bilen aňladalyň

$$\frac{m^2 g^2}{2} \cdot \frac{1}{m} = \frac{P^2}{2m} \quad \text{onda} \quad qU = \frac{P^2}{2m};$$

Bu ýerde impuls $P = \sqrt{2mqU}$ deň bolýar (2) formula goýup alarys;

$$R = \frac{\sqrt{2mqU}}{qB} \quad \text{ya-da} \quad R = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2mU}{q}}$$

$$R = \frac{1}{0,3} \sqrt{\frac{2 \cdot 1,67 \cdot 10^{-27} 600}{1,6 \cdot 10^{-19}}} = 0,0118m = 11, mm.$$

Mesele 5.5. Elektron $g = 8 \cdot 10^6 m/s$ tizlik bilen magnit meýdanynyň güýç çyzyklaryna $\alpha = 20^\circ$ burç bilen uçup girýär. Magnit meýdanynyň induksiýasy $B = 10^{-3} T$. Elektronyň traýektoriýasynyň parametrlerini kesgitlemeli.

Çözülişi.

Magnit meýdanynyň induksiýasynyň liniýalaryna elektron käbir burç bilen $\left(\alpha \neq \frac{\pi}{2}\right)$ girende hyr şekilli traýektoriýa boýunça hereket edýär. Elektronyň tizligi iki düzüjä dargadylýar; biri B magnit induksiýasyna ugurdaş \vec{v}_{11} düzüji, beýlekisi oňa perpendikulýar \vec{g}_\perp tizlik

$$F_L = e g_\perp B$$

Lorens güýjiniň täsiri bilen elektronyň töwerek boýunça aýlanmasyny döredýär. Aýlanmanyň radiusy

$$R = \frac{m g_{\perp}^2}{F},$$

g_{\perp} tizligiň $g_{\perp} = g \sin \alpha$ bolýandygyny göz önünde tutup soňky deňliklerden alarys

$$R = \frac{m g}{e B} \sin \alpha; \quad R = \frac{9 \cdot 1 \cdot 10^{-31} \cdot 8 \cdot 10^6}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^{-3}} 0,342 = 15 \cdot 10^{-3} m.$$

$$\text{Hyryň ädimini kesgitlemek üçin bir aýlawyň } \frac{2\pi R}{g \cdot \sin \alpha}$$

wagtyny

h ädime deň bolan aralyga degişli diýen şert bilen alarys

$$\frac{2\pi R}{g \sin \alpha} = \frac{h}{g_1}; \quad h = \frac{2\pi m g}{e B} \cos \alpha.$$

$$h = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 9 \cdot 1 \cdot 10^{-31} \cdot 8 \cdot 10^6}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^{-3}} \cdot 0,9397 = 0,268 m.$$

Mesele 5.6. Serdeçniksiz $N = 800$ sargyly tegegiň induktiwligini kesgitlemeli. Tegegiň uzynlygy $\ell = 0,25 m$, sargylaryň diametri $d = 4 sm$. Tegekden $1 A$ tok geçýär. Tegegiň kese kesiginden geçýän magnit akymyny we tegegiň magnit meýdanynyň energiýasyny tapmaly.

Çözülişi.

Serdeçniksiz tegegiň induktiwliginiň formulasy

$$L = \mu_o \frac{N^2}{\ell} S; \quad S = \pi \left(\frac{d}{2} \right)^2$$

$$L = 4 \cdot 3,14 \cdot 10^{-7} \frac{800^2}{0,25} \cdot \frac{3,14 \cdot 0,04^2}{4} \approx 4 \cdot 10^{-3} Gn.$$

Magnit akymynyň hasaplanýş formulasy

$$\Phi = \frac{LI}{N}; \quad \Phi = \frac{4 \cdot 10^3 \cdot 1}{800} \approx 5 \cdot 10^{-6} \text{ Wb}.$$

Magnit meýdanynyň energiýasy

$$W_m = \frac{LI^2}{2}; \quad W_m = \frac{4 \cdot 10^{-3} \cdot 1^2}{2} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ J}.$$

Mesele 5.7. Yrgyldyly konturda uzynlygy $\ell = 5 \text{ sm}$, kese kesiginiň meýdany $S_1 = 1,5 \text{ sm}^2$, sargylarynyň sany $N = 500$ bolan solenoid we plastinalarynyň meýdany $S_2 = 100 \text{ sm}^2$, plastinalarynyň arasy $d = 1,5 \text{ mm}$ bolan kondensator bar. Yrgyldyly konturyň ω_o hususy yrgyldysyny kesgitlemeli.

Çözülişi.

Yrgyldyly konturyň hususy aýlaw formulasy ýygylgynyň formulasy:

$$\omega_o = \sqrt{\frac{1}{LC}} \quad (1)$$

Solenoidiň induktiwlige

$$L = \mu_o \frac{N^2 S_1}{\ell} \quad (2)$$

Tekiz kondensatoryň sygymy

$$C = \frac{\epsilon_o S_2}{d} \quad (3)$$

(2) we (3) deňliklerden (1) deňlige goýup alarys:

$$\omega_o = \frac{C}{N} \sqrt{\frac{\ell \cdot d}{S_1 \cdot S_2}}:$$

$$\omega_o = \frac{3 \cdot 10^8}{500} \sqrt{\frac{5 \cdot 10^{-2} \cdot 1,5 \cdot 10^{-3}}{1,5 \cdot 10^{-4} \cdot 100 \cdot 10^{-4}}} = 4,2 \cdot 10^6 \text{ rad} / \text{s}.$$

6 A. Esasy formulalar.

Optika.

Ýagtylygyň serpikme kanuny

$$i_1 = i_2 ,$$

i_1 -düşme burçy, i_2 -serpikme burçy. Ýagtylygyň döwürleme kanuny $\frac{\sin i}{\sin r} = n_{21}$

bu ýerde i_1 – düşme burçy, r – döwürleme burçy, n_{21} – ikinji sredanyň birinji sreda görä döwürleme görkezijisi.

Ýuka linzanyň formulasy

$$(n-1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = \frac{1}{a} + \frac{1}{\epsilon} ,$$

bu ýerde n – linzanyň absolýut döwürleme görkezijisi, R_1 we R_2 – linzanyň üstleriniň egrilik radiuslary, a – predmetden linza çenli aralyk, ϵ – şekilden linza çenli aralyk.

Sredanyň döwürleme görkezijisi

$$n = \frac{c}{g} ,$$

bu ýerde C – ýagtylygyň wakuumdaky tizligi, g – ýagtylygyň sredadaky tizligi.

Optiki ýoluň uzynlygy

$$L = ns ,$$

bu ýerde S – geometrik ýoluň uzynlygy.

Interferensiýa maksimumynyň şerti

$$\Delta = \pm m\lambda \quad (m = 0, 1, 2 \dots) ,$$

bu ýerde λ – tolkun uzynlygy,

Interferensiýa minimumynyň şerti

$$\Delta = \pm (2m + 1) \frac{\lambda}{2} ,$$

Ýuka plýonkadan serpigen şöhlede optiki ýollaryň tapawudy

$$\Delta = 2\alpha\sqrt{n^2 - \sin^2 i} \pm \frac{\lambda}{2}$$

bu ýerde α – plýonkanyň galyňlygy.

Freneliň zonalarynyň radiusy

$$r_m = \sqrt{\frac{a\epsilon}{a + \epsilon}} m\lambda ,$$

bu ýerde a – tolkun frontynyň üstüniň radiusy ϵ – öwrenilýän nokatdan tolkun frontynyň üstüne geçirilen normalyň uzynlygy, m – Freneliň zonalarynyň tertip nomeri.

Bir yşdaky difraksiýanyň maksimumynyň şerti

$$a \sin \varphi = \pm (2m + 1) \frac{\lambda}{2} \quad (m = 1, 2, 3, \dots)$$

bu ýerde a – yşyň ini.

Bir yşdaky difraksiýanyň minimumynyň şerti

$$a \sin \varphi = \pm 2m \frac{\lambda}{2} .$$

Difraksion gözenegiň baş maksimumlarynyň şerti

$$d \sin \varphi = \pm m\lambda \quad (m = 0, 1, 2, \dots) ,$$

bu ýerde d – difraksion gözenegiň periody.

Difraksion gözenegiň goşmaça minimumlarynyň şerti

$$d \sin \varphi = \pm \frac{m'\lambda}{N} \quad (m' \neq 0, N, 2N, \dots)$$

Spontral priboryň tapawutlandyryş ukyby

$$R = \frac{\lambda}{\delta\lambda} ,$$

bu ýerde $\delta\lambda$ – priboryň görkezip bilýän iki goňşy spektral liniýalarynyň tolkun uzynlyklarynyň tapawutlarynyň minimal absolyt bahasy.

Polýarlaşmanyň derejesi

$$P = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}},$$

bu ýerde I_{\max} we I_{\min} – elektrik wektorynyň (\vec{E}) özara perpendikulýar düzüjilerine degişli ýagtylygyň maksimal we minimal intensiwlikleri.

Malýusýň kanuny

$$I = I_o \cos^2 \alpha,$$

bu ýerde I_o we I – degişlilikde, polýarizatordan geçip analizatora düşen şöhläniň analizatordan öňki we soňky intensiwlikleri, α – polýarizatoryň we analizatoryň optiki oklarynyň arasyndaky burç.

Brýusteriň kanuny

$$\operatorname{tg} i_e = n_{21},$$

bu ýerde i_e – serpigen şöhläniň doly polýarlanmasyna degişli düşme burç, n_{21} – ikinji sredanyň birinji sreda görä döwürleme görkezijisi.

Stefanyň-Bolsmanyň kanuny

$$R_e = \sigma T^4,$$

bu ýerde $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Wt} / (\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$ – Stefanyň- Bolsmanyň hemişeligi, R_e – jisimiň energetiki şöhlelenişi, T – termodinamiki temperatura.

Winiň süýşme kanuny

$$\lambda_{\max} = \frac{\epsilon}{T},$$

bu ýerde $\epsilon = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$ – Winiň hemişeligi, λ_{\max} – energetiki şöhlelenmäniň dykzylygynyň maksimal bahasyna degişli tolkun uzynlyk,

Daşky fotoeffekt üçin Eýnşteýniň deňlemesi

$$h\nu = A + \frac{m\mathcal{G}_{max}^2}{2} ,$$

bu ýerde A – elektronyň metaldan çykyş işi, $h\nu$ – bir fotonyň energiýasy, $\frac{m\mathcal{G}_{max}^2}{2}$ – metaldan çykan elektronyň maksimal kinetik energiýasy.

$$\text{Fotonyň massasy} \quad m_\gamma = \frac{h\nu}{c^2} ,$$

Fotonyň impulsy

$$p_\gamma = \frac{h\nu}{c} ,$$

Ýagtylygyň normal üste basyşy

$$p = \frac{E_\ell}{c} (1 + \rho) = w (1 + \rho) ,$$

bu ýerde E_ℓ – wagt birliginde birlik meýdana düşýän ähli fotonlaryň energiýasy, w – şöhle energiýasynyň göwrümleýin dykzlygy, ρ – serpikme koeffisiýenti.

Kompton effektinde tolkun uzynlygyň üýtgemesi

$$\Delta\lambda = \frac{2h}{m_0 c^2} \sin^2 \frac{\theta}{2} ,$$

bu ýerde m_0 – elektronyň dynçlyk massasy, θ – pytrama burçy.

Atom fizikasyna we ýadro fizikasyna degişli formulalar.

Boruň birinji postulatyna görä elektronlar ýadronyň daşynda diňe kesgitli orbitalar boýunça aýlanýarlar. Ol radiuslar aşakdaky gatnaşyk bilen kesgitlenýär.

$$m\mathcal{G}_k r_k = k \frac{h}{2\pi} ,$$

bu ýerde m – elektronyň massasy, \mathcal{R}_k – onuň K orbitadaky tizligi, r_k – ol orbitanyň radiusy, h – Plankyň hemişeligi, k – kwant sany ($k=1,2,3,\dots$).

Boruň ikinji postulatyna görä elektronyň bir orbitadan beýlekä geçende goýberilýän şöhläniň ýygylgy aşakdaky formula bilen kesgitlenýär:

$$h\nu = W_n - W_k,$$

bu ýerde k we n – orbitalaryň nomeri, $(n > k)$, W_k we k we n – orbitalara degişli elektronyň energiýalary.

Wodorodyň spektrine degişli liniýalaryň ýygylgy we tolkun uzynlygy

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = R \cdot c \left(\frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2} \right),$$

bu ýerde k we n – orbitalaryň nomerleri, c – ýagtylygyň wakuumdaky tizligi,

$$R = \frac{e^4 m}{8 \varepsilon_o^2 h^3 c} = 1,097 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1} - \text{Ridbergiň hemişeligi},$$

bu ýerde e – elektronyň zarýady, ε_o – elektrik hemişeligi.

Wodoroda meňzeş ionlaryň ýygylyklaryny we tolkun uzynlyklaryny hasaplamak üçin formula:

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = R c Z^2 \left(\frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2} \right),$$

bu ýerde Z – elementiň tertip nomeri.

Wagtyň dt pursatynda radioaktiw maddanyň dargan atomlarynyň sany atomlaryň umumy sanyna proporsionaldyr we aşakdaky gatnaşyk bilen kesgitlenýär:

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N,$$

bu ýerde λ – radioaktiw dargamanyň hemişeligi. Integrirläp alarys

$$N = N_1 e^{-\lambda t},$$

bu ýerde N_1 – wagtyň $t = 0$ pursatyndaky atomlaryň sany,
 N – wagtyň

t pursatyndaky dargamadyk atomlaryň sany.

Dargamanyň λ hemişeligi bilen ýarymdargamanyň T periodynyň baglanşygy:

$$T = \frac{\ln 2}{\lambda}.$$

Dargamanyň hemişeliginiň ters ululygyna

$\tau = \frac{1}{\lambda}$ radioaktiw atomyň ömrüniň ortaça wagty diýilýär.

Islendik izotopyň ýadrosynyň baglanşyk energiýasy

$$\Delta W = c^2 \Delta m$$

aňlatma bilen kesgitlenýär. Bu ýerde Δm – ýadronyň düzümine girýän bölekleriň massasy bilen ýadronyň öz massasynyň arasyndaky tapawut.

Bu ýerden

$$\Delta m = Zm_p + (M - Z)m_n - m_y,$$

Z – izotopyň tertip nomeri, M – massa sany, m_p – protonyň massasy,

m_n – neýtronyň massasy, m_y – izotopyň ýadrosynyň massasy.

6 B. Işlenen meseleleriň mysallary.

Mesele 6.1. Iki kogerent çeşmeden ekrana $\lambda = 0,8 \text{ mkm}$ tolkun uzynlykly şöhle düşýär. Ekranda interferensiýa şekili döreýär. Şöhleleriň biriniň önüne sabyn ýorkasy goýuldy ($n = 1,33$). Interferensiýa şekili gapma garşy üýtgedi. Ýorkanyň haýsy iň kiçi d_{\min} galyňlygynda bu hadysa bolar?

Çözülişi.

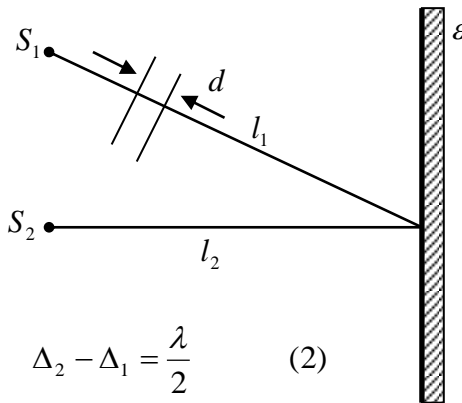
Interferension şekil gapma garşy üýtgeşe öňki maksimum bolýan ýerlerde minimum emele gelýär we tersine.

Beýle bolmagy üçin ýagtylyk tolkunynyň optiki ýollarynyň tapawudy täk ýarym tolkun uzynlyga üýtgemeli

$$\Delta_z - \Delta_1 = (2k + 1) \frac{\lambda}{2} \quad (1)$$

Δ_1 – sabyn ýorkasy goýulmazdan öňki optiki ýollaryň tapawudy; Δ_2 – sabyn ýorkasy goýulandan soňky optiki ýollaryň tapawudy; $k = 0, \pm 1, \pm 1, \dots$

Ýorkanyň in kiçi d_{\min} galyňlygyna $k = 0$ degişli



$$\Delta_2 - \Delta_1 = \frac{\lambda}{2} \quad (2)$$

suratdan görnüşi ýaly

$$\Delta_1 = \ell_1 - \ell_2$$

$$\begin{aligned} \Delta_2 &= [(\ell_1 = d_{\min}) + n d_{\min}] - \ell_2 = \\ &= (\ell_1 - \ell_2) + d_{\min} (n - 1). \end{aligned}$$

(2) formula goýup alarys

$$(\ell_1 - \ell_2) + d_{\min} (n - 1) - (\ell_1 - \ell_2) = \frac{\lambda}{2}$$

ýa-da
$$d_{\min} (n - 1) = \frac{\lambda}{2} \cdot$$

Bu ýerden

$$d_{\min} = \frac{\lambda}{2(n - 1)}$$

$$d_{\min} = \frac{0,8 \cdot 10^{-6}}{2(1,33 - 1)} = 1,21 \cdot 10^{-6} m = 1,21 \text{ mkm}.$$

Mesele 6.2. Difraksion gözenegiň üstüne $\lambda = 550 \text{ nm}$ tolkun uzynlykly monohromatik ýagtylyk normal düşýär, $L = 1m$ aralykda ýerleşen ekrana gözenege golaý ýerleşen linza bilen difraksion şekil düşürilýär. Birinji baş maksimum merkezi maksimumdan $\ell = 12 \text{ sm}$ aralykda ýerleşýär.

Kesgitlemeli:

1) difraksion gözenegiň peridy. 2) 1sm uzynlyga düşýän ştrihleriň sany; 3) maksimumlaryň umumy sany; 4)soňky maksimuma degişli difraksiýa burçy.

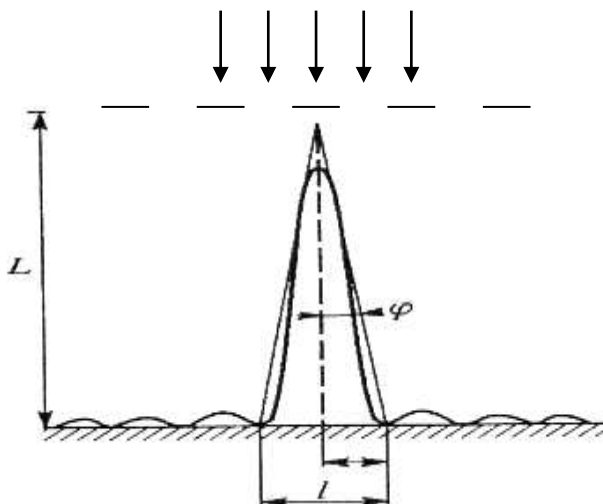
Çözülişi.

Difraksion gözenegiň baş maksimumlarynyň kesgitlenýän formulasy

$$d \sin \varphi = \pm m \lambda \quad (1)$$

bu ýerde d – difraksion gözenegiň peridy;

φ – difraksiýa burçy;



λ – monohromok ýagtylygyň tolkun uzynlygy: Meseläniň şertine görä $m=1$.

$$\text{Suratdan} \quad \operatorname{tg} \varphi = \frac{\ell}{L}; \quad \ell \ll L; \quad \operatorname{tg} \varphi = \sin \varphi.$$

$$(1) \text{ deňlikden } \frac{\ell d}{L} = m\lambda \quad d = \frac{m\lambda L}{\ell} \text{ — göðzenegi } \textit{periody}.$$

$$1) \quad d = \frac{1 \cdot 550 \cdot 10^9 \cdot 1}{0,12} = 4,58 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 4,58 \text{ mkm}.$$

$$n \frac{\ell'}{d} \text{ — bir santimetre düşýän ştrihleriň sany}$$

$$2) \quad n = \frac{10^{-2}}{4,58 \cdot 10^{-6}} = 2,18 \cdot 10^3 \text{ sm}^{-1}.$$

Sinusyň iň uly bahasy $\sin \varphi = 1$. Onda $m_{\max} \geq \frac{d}{\lambda}$ bolar. Baş maksimumdan iki tarapynda hasaba alsak maksimumlaryň N umumy sany

$$N = 2m_{\max} + 1 \quad \text{bolar.}$$

$$3) \quad N = \frac{2 \cdot 4,58 \cdot 10^{-6}}{550 \cdot 10^{-9}} + 1 = 17.$$

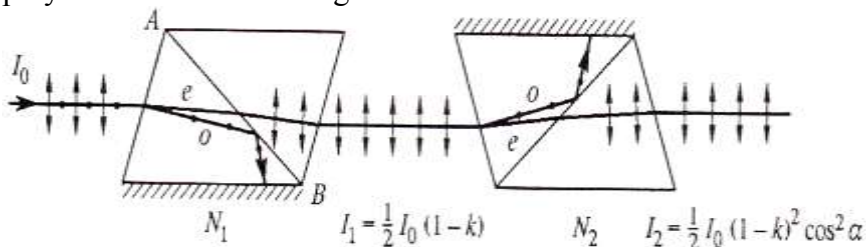
$$d \sin \varphi_{\max} = m_{\max} \cdot \lambda \quad \varphi_{\max} = \arcsin \frac{m_{\max} \cdot \lambda}{d}$$

$$\varphi_{\max} = 73,9^\circ,$$

Mesele 6.3. Iki nikol (N_1 N_2) şeýle ýerleşdirilen, ýagny olaryň geçirýän tekizlikleriniň arasynda 60° burç bar. Tebigy ýagtylyk N_1 bir nikoldan geçende we iki nikoldan geçende intensiwligi näçe esse gowşar? Nikolda ýagtylygyň ýuwdyлма koeffisienti $K = 0,05$. Ýagtylygyň serpikmede ýitgisini hasaba almaly däl.

Çözülüşi.

Tebigy şöhle Nikolyň prizmasynyň granyna düşüp iki şöhlä: adaty we adaty şöhlä dargaýar. Iki şöhle hem doly polýarlanan we intensiwligi deň.



Adaty däl şöhläniň yrgyldy tekizligi çyzgynyň tekizliginde. Adaty şöhläniň yrgyldy tekizligi çyzga perpendikulýar. Adaty şöhle 0 iki nikoldan hem çykyp gidýär. Adaty däl e şöhle iki nikoldan hem geçýär, ýöne intensiwligini peseldýär.

1) Tebigy şöhle birinji plizmadan geçenden soňky intensiwligi

$$I_1 = \frac{1}{2} I_o (1 - k)$$

Intensiwligiň otnositel peselmesi

$$\frac{I_o}{I_1} = \frac{2 I_o}{I_o (1 - k)} = \frac{2}{1 - k}; \quad (1) \quad \frac{I_o}{I_1} = \frac{2}{1 - 0,05} = 2,1.$$

I_1 intensiwlikli şöhle ikinji nikola düşýär. Adaty şöhle ýuwdylýar. Adaty däl şöhläniň intensiwlikligi

$$I_2 = I \cos^2 \alpha$$

α – polýarlanan şöhläniň yrgyldy tekizligi bilen N_2 nikolyň goýberiş tekizliginiň arasyndaky burç. Ikinji nikolda ýuwdylmany hasaba alsak

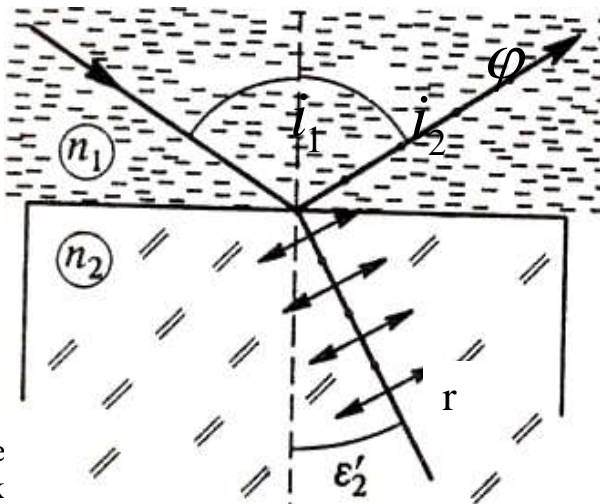
$$I_2 = I_1 (1 - k) \cos^2 \alpha, \quad \frac{I_o}{I_2} = \frac{I_o}{I_1 (1 - k) \cos^2 \alpha}$$

(1) deňlikden peýdalanyp alarys

$$\frac{I_o}{I_2} = \frac{2}{(1 - k)^2 \cos^2 \alpha}; \quad \frac{I_o}{I_2} = \frac{2}{(1 - 0,05) \cos^2 60^\circ} = 8,86.$$

Mesele 6.4. Suwuklykda ýerleşen aýna plastina tebigy ýagtylyk şöhesi düşýär. Düşýän şöhle bilen serpigen şöhläniň arasyndaky burç $\varphi = 97^\circ$. Serpigen şöhle maksimal polýarlaşan, suwyklygyň n_1 döwülme görkezijisini tapmaly.

Çözülişi.



$$\operatorname{tgi} = n_{21},$$

bu ýerde n_{21} – aýnanyň suwa görä döwülme görkezijisi

$$\operatorname{tgi} = \frac{n_2}{n_1}.$$

Düşme α_1 burçyň serpikme α_2 burça deňligi sebäpli

$$\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} = \frac{n_2}{n_1},$$

bu ýerden
$$n_1 = \frac{n_2}{\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}}.$$

$$n_1 = \frac{1.5}{\operatorname{tg} \frac{97^\circ}{2}} = \frac{1.5}{1.13} = 1.33.$$

Mesele 6.5. Seziý $\lambda = 0,5 \text{ mkm}$ monohromatik ýagtylyk bilen şöhlelendirilýär. Fotoelektronlaryň iň uly tizligini tapmaly. Seziý üçin çykyş işi $A = 1 \text{ eV}$.

Çözülişi.

Ýagtylyk fotonlarynyň fotoeffekti döredmek üçin energiýasynyň ýeterlikdigini hasaplap görmeli

$$\varepsilon = \frac{ch}{\lambda}$$

$$\varepsilon = \frac{3 \cdot 10^8 \cdot 6,62 \cdot 10^{-34}}{5 \cdot 10^{-7}} \approx 4 \cdot 10^{-19} \text{ J} . \quad \text{Çykyş işi}$$

$$A = 1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J} .$$

Fotonyň energiýasy çykyş işiniň köp, diýmek fotoeffekt hadysasy bolmaly.

Fotoeffekt üçin Eýnşteýniň formulasy

$$\frac{m g^2}{2} = \varepsilon - A . \quad \text{bu ýerden}$$

$$g = \sqrt{\frac{2(\varepsilon - A)}{m}} ;$$

$$g = \sqrt{\frac{2(4 \cdot 10^{-19} - 1,6 \cdot 10^{-19})}{9,1 \cdot 10^{-31}}} = 7,3 \cdot 10^5 \text{ m/s}$$

Mesele 6.6. Gara jisimiň şöhle spektrinde energiýanyň maksimal bahasy $\lambda_o = 0,58 \text{ mkm}$ tolkun uzynlygyna degişli. Jisimiň üstüniň R_e energetiki ýagtylandyrysyny kesgitlemeli.

Çözülişi.

Energetiki ýagtylandyrys R_e Stefanyň-Bolsmanyň kanuny bilen aňladylýar.

$$R_e = \sigma T^4, \quad (1)$$

bu ýerde σ — Stefanyň-Bolsmanyň hemişeligi,
 T -termodinamiki temperatura.

Temperaturany Winiň kanuny bilen tapmaly

$$\lambda_0 = \frac{e}{T} \quad (2)$$

e -Winiň süýşme kanunynyň hemişeligi.

$$(1) \text{ we } (2) \text{ deňliklerden } R_e = \sigma \left(\frac{e}{\lambda_o} \right)^4.$$

$$R_e = 5,67 \cdot 10^{-8} \left(\frac{2,90 \cdot 10^{-3}}{5,8 \cdot 10^{-7}} \right)^4 = 3,54 \cdot 10^7 \frac{Wt}{m^2}.$$

Mesele 6.7. Wodorodyň atomynda elektron dördünji energetiki derejeden ikinjä geçdi. Goýberilen fotonyň energiýasyny hasaplamaly.

Çözülişi.

Fotonyň energiýasyny hasaplamak üçin

$$\frac{1}{\lambda} = R Z^2 \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) \quad (1)$$

formuladan peýdalanýarys. Bu ýerde λ – fotonyň tolkun uzynlygy; R – Ridbergiň hemişeligi, Z – otnositel birlikde ýadronyň zarýady (wodorod üçin $Z=1$), n_1 – elektronyň gaýdan orbitasynyň nomeri, n_2 – elektronyň gaýdan orbitasynyň nomeri (başgaça n_1 we n_2 – baş kwant sanlar).

Fotonyň energiýasynyň formulasy

$$\varepsilon = \frac{h c}{\lambda} \quad (2)$$

(1) deňligiň iki tarapynda hc köpeldip alarys

$$\varepsilon = RhcZ^2 \left(\frac{1}{n_1^2} + \frac{1}{n_2^2} \right)$$

$Rhc = E_1 = 13,6 \text{ eW}$ – wodorodyň atomynyň ionlaşma energiýasy.

$$\varepsilon = 13,6 \cdot 1^2 \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{4^2} \right) = 2,55 \text{ eW}.$$

Mesele 6.8. ${}_{11}^{21}\text{Na} + {}_2^4\text{He} \rightarrow {}_{12}^{26}\text{Mg} + {}_1^1\text{H}$ reaksiýada bölünip çykýan energiýany hasaplamaly.

Çözülişi.

Massalary maglumatnamada alarys.

$$A_1 = 22,99714 \text{ a} \cdot \text{m} \cdot \text{e}; \quad A_3 = 25,99070 \text{ a} \cdot \text{m} \cdot \text{e};$$

$$A_2 = 4,00387 \text{ a} \cdot \text{m} \cdot \text{e}; \quad A_4 = 1,00814 \text{ a} \cdot \text{m} \cdot \text{e}.$$

Massanyň şikesi

$$\Delta m = A_1 + A_2 - A_3 - A_4.$$

Reaksiýada bölünip çykýan energiýa

$$E = C^2 \Delta m; \quad \text{MeW} - \text{ölçeg birlikde}$$

$$E = 931 \Delta m; \quad E = (22,99714 + 4,00387 - 25,99070 - 1,00814) 931 = 2,02 \text{ MeW}.$$

Mesele 6.9. Radiativ izotopyň ýadrolarynyň sany bir ýylda 4 esse azalýar. Üç ýylda radiativ izotoplaryň ýadrolarynyň sany näçe esse azalar?

Çözülişi.

Radioaktiv dargamanyň kanuny

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

N – wagtyň t – pursatynda dargamadyk ýadrolaryň sany;
 N_o – wagtyň $t = 0$ pursatynda dargamadyk ýadrolaryň sany;
 λ – radioaktiw dargamanyň hemişeligi. Meseläniň şertine görä
 $N_o / N_1 = 4$. N_o / N_2 – tapmaly.

$$N_1 = N_o \ell^{-\lambda t_1}$$

$$N_2 = N_o \ell^{-\lambda t_2}$$

$$\frac{N_o}{N_1} = e^{\lambda t_1} = 4, \quad \lambda = \frac{\ln 4}{t_1},$$

$$\frac{N_o}{N_2} = e^{\lambda t_2} = e^{\frac{\ln 4 \cdot t_2}{t_1}} = e^{3 \ln 4}.$$

$$\frac{N_o}{N_2} = 64.$$

1 Ç. Meseleler.

- 1.9 Welosipedli ýoluň birinji ýarymyny 36 km/sag tizlik bilen, ikinji ýarymyny bolsa 27 km/sag tizlik bilen geçdi. Welosipedliniň orta tizligini tapmaly. [$\mathcal{Q}_{\text{ort}} = 30,86 \text{ km/sag} = 8,57 \text{ m/s}$].
- 1.10. Bir punktdan, şol bir tarapa piýada bilen welosipedli bir wagtda ugrasa $t_1 = 1$ minutdan piýada welosipedliden $\ell_1 = 210 \text{ m}$ yza galýar. Eger dürli punktlardan biri-birine tarap ugrasalar, onda her $t_2 = 2$ minutdan aralary $\ell_2 = 780 \text{ m}$ metr azalýar. Welosipedliniň we piýadanyň tizliklerini tapmaly. [$\mathcal{Q}_1 = 5 \text{ m/s}$; $\mathcal{Q}_2 = 1,5 \text{ m/s}$].
- 1.11. Gaýyk kenara otnositel $V_1 = 5,4 \text{ km/sag}$ tizlik bilen hereket edýär. Derýadan geçýänçä akym ony

75 m akymyň ugruna süýşürýär. Derýanyň giňligi 300 m bolanda, derýanyň akýş tizligini we gaýygyň derýadan näçe wagtda geçjekdigini tapmal [$\mathcal{Q}_2 = 0,375 \text{ m/s}$; $t = 200 \text{ s}$].

- 1.12. Iki samolýot şol bir punktdan arasynda 45° burç bolan ugurlar boýunça uçdy. Birinji samolýotyň tizligi $\mathcal{Q}_1 = 500 \text{ km/sag}$, ikinjiňki $\mathcal{Q}_2 = 900 \text{ km/sag}$ bolsa, samolýotlaryň arasyndaky uzaklygyň wagta bagly nähili üýtgeýändigini tapmaly. Birinji samolýot $S = 960 \text{ km}$ ýol geçende samolýotlaryň arasy näçe bolar ? Samolýotlar biri-birinden näçe tizlik bilen daşlaşandygyny tapmaly

$$[S(t) = t\sqrt{\mathcal{Q}_1^2 + \mathcal{Q}_2^2 - 2\mathcal{Q}_1\mathcal{Q}_2 \cos \alpha} ;$$

$$S = 1259 \text{ km}, \mathcal{Q}_2 = 650 \text{ km/sag}]$$

- 1.13. Material nokadyň hereketiniň deňlemesi $X = A + Bt + ct^2$, bu ýerde $A = 3 \text{ m}$, $B = 1 \text{ m/s}$, $c = -1,5 \text{ m/s}^2$. Tizligiň nola deň bolýan pursatyny tapmaly. Nokadyň şol pursatdaky X koordinatasyny we tizlenmesini tapmaly. Koordinatyň, ýoluň, tizligiň we tizlenmäniň wagta baglylygynyň grafigini we tizlenmäniň wagta baglylygynyň grafigini gurmaly. [$t = 0,33 \text{ s}$, $X = 3,17 \text{ m}$; $\alpha = -3 \text{ m/s}^2$].

- 1.14 . Jisimiň geçen S ýolunyň t wagta baglylygy $S = A + Bt + ct^2$ deňleme bilen ýazylýar. Bu ýerde $A = 2 \text{ m}$, $B = 3 \text{ m/s}$, $c = 2 \text{ m/s}^2$. Jisimiň birinji, ikinji we üçünji sekunddaky orta tizligini we orta tizlenmesini kesgitlemeli.

$$[\mathcal{Q}_1 = 5 \text{ m/s}; \mathcal{Q}_2 = 9 \text{ m/s}; \mathcal{Q}_3 = 13 \text{ m/s};]$$

$$a_1 = 4 \text{ m/s}^2, a_2 = 4 \text{ m/s}^2, a_3 = 4 \text{ m/s}^2$$

- 1.15. Material nokat $a = At^2$ tizlenme bilen göni hereket edýär. Bu ýerde $A = 0,4 \text{ m/s}^2$. Birinji 3 sekundyň

dowamynda tizligiň üýtgemesini tapmaly. Nokat 3 sekuntda näçe ýol geçär?
 $[\Delta g = 10,8 \text{ m/c}; S = 16,2 \text{ m}]$.

1.16. Wertikal ýokary zyňlan jisim ýere 2 sekundan gaýdyp geldi. Jisimiň görülen belentligini we başlangyç tizligini tapmaly. Howanyň garşylygyny hasaba almaly däl. $[h = 4,9 \text{ m}; g_0 = 9,8 \text{ m/s}]$.

1.17. 4,9 m/s tizlik bilen wertikal ýokary zyňlan jisim üçin belentligiň we tizligiň wagta baglylygynyň grafigini gurmaly. Grafik gurmak üçin wagty her 0,2 sekundan üýtgetmeli we noldan 2 sekunt aralykdaky interwalda gurmaly. Howanyň garşylygyny hasaba almaly däl.

1.18. Erkin gaçýan jisim iň soňky sekuntda ähli ýoluň ýarysyny geçýär. Jisimiň haýsybelentlikden gaçýandygyny we näçe wagtlap gaçýanlygyny tapmaly.
 $[h = 57 \text{ m}; t = 3,41 \text{ s}]$.

1.19. Bir jisim $g_{01} = 2 \text{ m/s}$ başlangyç tizlik we $a_1 = 3 \text{ m/s}^2$ hemişelik tizlenme bilen hereket edýär. Şol bir wagtda ikinji jisim $g_{02} = 10 \text{ m/s}$ başlangyç tizlik we $a_2 = -0,5 \text{ m/s}^2$ otrisatel tizlenme bilen ugurdaş hereket edip başlaýar. Näçe wagtdan soň jisimleriň tizlikleri deňleşer? $[t = 2,3 \text{ s}]$

1.20. Jisim belentligi $h = 15 \text{ m}$ binadan gorizonta ugra $g_0 = 10 \text{ m/}$ tizlik bilen zyňyldy. 1) Jisim näçe wagtlap hereketde bolar?

2) Jisim binadan näçe daşlyga düşer?

3) Düşme nokadynda traýektoriya bilen gorizontyň arasyndaky burç näçe bolar?

$[t = 1,75 \text{ s}; S = 17,5 \text{ m}, \alpha = 60^\circ]$

1.21. Başnyadan şol bir wagtda bir jisimi wertikal ýokaryk, beýleki jisimi gorizonta, ugra zyňdylar. Olaryň başlangyç tizlikleri $g_0 = 25 \text{ m/s}$. Howanyň

- garşylygyny hasaba alman $t = 2 \text{ s}$ geçenden soň jisimleriň arasyndaky uzaklygy tapmaly. $[70,7 \text{ m}]$.
- 1.22. Jisim gorizonta $\alpha = 35^\circ$ burç bilen, $g_0 = 15 \text{ m/s}$ başlangyç tizlikli zyňyldy. 1) Jisim näçe belentlige göterilýär?
 2) Jisim zyňlan nokadyndan näçe uzaklyga düşer?
- 3) Näçe wagtlap hereketde bolar?
 $[h_{\text{mah}} = 3,78 \text{ m}; x = 21,57 \text{ m}, t = 1,76 \text{ s}]$.
- 1.23. Jisim gorizonta $\alpha = 40^\circ$ burç bilen, $g_0 = 14 \text{ m/s}$ başlangyç tizlikli zyňylanda S daşlyga düşdi. Jisim gorizonta ugra şol bir $g_0 = 14 \text{ m/s}$ tizlik bilen zyňylanda S aralyga düşmegi üçin ony näçe belentlikden zyňmaly? $[h = 9,85 \text{ m}]$.
- 1.24. Belentligi $h = 20 \text{ m}$ bolan başnyadan jisim gorizonta $\alpha = 45^\circ$ burç bilen $g_0 = 12 \text{ m/s}$ başlangyç tizlikli zyňyldy.
 1) Jisim näçe wagtlap hereketde bolar?
 2) Başnyadan näçe daşlyga düşer?
 3) Jisim ýere näçe tizlik bilen düşer?
 4) Düşme nokadynda jisimiň traýektorýasy gorizont bile näçe burç emele getirer?
 $[t = 3,05 \text{ s}; X = 25,6 \text{ m/s}; \varphi = 68^\circ]$.
- 1.25. Aşgabadynyň giňişligi üçin 37° ýeriň üstündäki nokadyň çyzyklanç tizligini tapmaly. $[g = 370 \text{ m/s}]$.
- 1.26. Ekwatorda uçar gündogardan günbatara näçe tizlik bilen uçanda ýolagçylara gün şol bir nokada duran ýaly görünär? $[g = 463 \text{ m/s}]$.
- 1.27. Aralary $\ell = 0,8 \text{ m}$ bolan iki sany disk berkidilen. Ok $n = 1200 \text{ aýl/min}$ ýygýlyk bilen aýlanýar. Oka ugurdaş atylan gülle iki diski hem deşip geçýär. Deşikleriň

üstünden radiuslaryň arasyndaky burç 10° . Gülläniň tiligini tapmaly. [$\vartheta = 577 \text{ m/s}$].

- 1.28. Dwigatelň waly $n = 900 \text{ ayl / min}$ ýygylýk bilen aýlanýar. Käbir wagt pursatyndan başlap wal 5 rad / s^2 burç tizlenmesi bilen deňhaýallaýan herekete başlaýar.

1) Näçe wagtdan wal durar?

2) Durýança näçe aýlaw eder?
[$t = 18,8 \text{ s}$; $N = 141,3 \text{ aýlaw}$].

- 1.29. Nokat $R = 20 \text{ sm}$ radiusly töwerek boýunça hemişelik tangensial tizlenmeli hereket edýär. Eger hereket başlanandan 6 aýlawdan soň nokadyň tizligi $\vartheta = 1,5 \text{ m/s}$ bolsa, nokadyň tangensial tizlenmesini tapmaly. [$a_t = 0,3 \text{ m/s}^2$].

- 1.30. $R = 15 \text{ sm}$ radiusly tigr $\varepsilon = 6 \text{ rad / s}^2$ burç tizlenmesi bilen aýlanýar. Tigiriň daş gyrasyndaky nokat üçin 2 sekuntadan soňky

1) burç tizligini;

2) çzyk tizligini;

3) tangensial tizlenmesini;

4) normal tizlenmesini;

5) doly tizlenmäni;

- 6) doly tizlenmäniň wektory bilen tigriň radiusyň arasyndaky burçy tapmaly.

[1) $\omega = 12 \text{ rad/s}$; 2) $\vartheta = 1,8 \text{ m/s}$; 3) $a_t = 0,9 \text{ m/s}^2$;

4) $a_n = 21,60 \text{ m/s}^2$; 5) $a = 21,62 \text{ m/s}^2$; 6) $\alpha = 3^\circ 24'$].

- 1.31. Uly bolmadyk jisim radiusy $R = 16 \text{ m}$ bolan töwerek boýunça moduly hemişelik bolan $a_t = 4 \text{ m/s}^2$ tanhensial tizlenme bilen hereket edýär. Hereket başlanandan $t = 3 \text{ s}$ geçenden soňraky doly tizlenmäni tapmaly. [$a = 9,85 \text{ /s}^2$].

- 1.32. Nokat $S = A + Bt + Ct^2$ deňleme bilen hereket edýär. Bu ýerde $c = 2^m / s^2$, $B = -3 m / s^2$, $t = 5s$ pursat üçin nokadyň çyzyk tizligini, tangensial, normal we doly tizlenmelerini tapmaly. $t = 1s$ pursat üçin $a_n = 0,25 m / s^2$ deň.
 $[g = 17 m/s; a_t = 4 m/s^2; a_n = 0144,5 m/s^2; a = 144,6 m/s^2]$
- 1.33. Aýlanýan tigriň daşky nokady üçin doly tizlenmäniň wektory çyzyk tizligi bilen 35° burç emele getirýän pursatdaky normal tizlenmäniň tangensial tizlenmä bolan gatnaşygyny tapmaly.
 $[a_n/a_t = 0,7]$.
- 1.34. $g = 63 km/sag$ tizlik bilen barýan awtomobil egrilik radiusy $290m$ bolan ýoluň aýlaw ýerinden geçýär. Aýlawda sürüji maşyny tormazlaýar we oňa $a = 0,4^m / s^2$ tangensial tizlenme berýän. Normal we doly tizlenmeleriniň modullaryny we olaryň arasyndaky burçy tapmaly
 $[1. a_n = 1,06 m/s^2; 2. a = 1,13 m/s^2; 3. 20^\circ 45']$.
- 1.35. Radiusy $R = 15 sm$ bolan wala saralan ýüpden ýük asylan. Ýük 10 sekuntda $3m$ aşak düşdi. Soňky wagat pursaty üçin burç tizligini we tizlenmesini tapmaly
 $[\omega = 4 rad/s; \varepsilon = 0,4 rad/s^2]$.
- 1.36. Radiusy $R = 20 sm$ bolan tigr hemişelik burç tizlenmesi bilen aýlanýar. Sekizinji aýlawyň soňunda tigriň daşky nokadynyň çyzyk tizligi $g = 0,2 m/s$ deň. Tigriň burç tizlenmesini, daşky nokadyň tangensial tizlenmesini tapmaly. Tigriň daşky nokady üçin $20 s$ geçenden soňra normal we doly tizlenmesini tapmaly.

[1) $\varepsilon=0,01 \text{ rad/s}^2$; 2). $a_t=0,003 \text{ m/s}^2$; 3). $a_n=0,2 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}^2$;

4). $a=0,36 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}^2$].

1.37. Gorizontaal ugur boýunça $a=9,81 \text{ m/s}^2$ tizlenme bilen hereket edýän wagonyň potologýndan $m=200 \text{ g}$ massaly şarjagaz sapak bilen asylan. Sapagyň T dartuw güýjüni we sapagyň wertikaldan gyşarma φ burçuny tapmaly. [1) $2,77 \text{ N}$; 2) 45°]

1.38. Sapakdan 1 kg massaly ýük asylan. Ýük $a=5 \text{ m/s}^2$ tizlenme bilen galdyrylandaky we aşak goýberilendäki dartuw güýçleri tapmaly. [1) $14,8 \text{ N}$; 2) $4,8 \text{ N}$].

1.39. 500 t massaly otly tormozlama netijesinde 1 minutda tizligini 40 - dan $28 \frac{\text{km}}{\text{sag}}$ baha peseltdi. Tozmozlaýjy güýji tapmaly. [$27,7 \text{ kN}$].

1.40. 20 t massaly duran wagon 1 minut 20 sekuntda $54 \frac{\text{km}}{\text{sag}}$ tizlik almagy üçin näçe ortaça güýç goýmaly. [$3,75 \text{ kN}$].

1.41. $m = 0,5 \text{ kg}$ massaly jisimiň hereketiniň deňlemesi

$$S = A \sin \omega t, A = 5 \text{ sm. } \omega = \pi \frac{\text{rad}}{\text{s}}.$$

Hereket başlanandan $t = \frac{1}{6} \text{ s}$ wagt

geçen pursatyndaky jisime täsir edýän güýji tapmaly. [$F = -0,123 \text{ N}$]

1.42. Duran treýlebus $a=0,5 \text{ m/s}^2$ tizlenme bilen hereket edip başlaýar. $t=12 \text{ s}$ wagt geçenden soň motor öçürilýär we treýlebus durýança deňhaýallaýan hereket edip 61 sekunda.

Tapmaly:

- 1) troleýbusyň iň uly tizligini;
- 2) hereketiň dowam eden doly wagty;
- 3) troleýbusyň otirisatel tizlenmesini;

4) umummy geçilen ýoly.

[1) $6^m / s$; 2) 73 s; 3) -0,098 $\frac{m}{s^2}$; 4) 218 m].

143. 1t massaly awtomobil hereket edende oňa çekiş güýjiniň 0,1 bölegine deň bolan sürtülme güýji täsir edýär. Awtomobiliň deňölçegli hereket etmegi üçin we 2 m/s^2 tizlenme bilen hereket etmegi üçin çekiş güýçleri näçä deň bolmaly? [1) 980 N; 2) 3 kN].

1.44. Jisim gorizont bilen 4° burç emele getirýn ýapgyt tekizlikde ýerleşýär.

- 1) Sürtülme koeffisiýentiniň haýsy çäk bahasynda jisim süýşüp başlar?
- 2) Sürtülme koeffisiýentini 0,03 deň bolanda jisim näçe tizlenme bilen süýşer?
- 3) Bu şertlerde jisimiň 100 m geçmegi üçin näçe wagt gerek bolar?
- 4) 100 metrlik aralygyň soňunda jisimiň tizligi näçe bolar?

[1) $\mu \leq 0,07$; 2) 0,39 $\frac{m}{s^2}$; 3) 22,7s; 4) 8,85 $\frac{m}{s}$].

1.45. Massalary $m_1 = 2 \text{ kg}$ we $m_2 = 1 \text{ kg}$ bolan ýükler blogyň üstünden geçirilen sapak bilen birleşdirilen. Ýükleriň tizlenmesini we sapagyň dartuw güýjini tapmaly.

[1) $3,27 \frac{m}{s^2}$; 2) 13,0 N].

1.46. Lifite ornaşdyrylan pružinli tereziden massasy 1,5 kg bolan ýük asylan. Lift $a = 4,9 \text{ m/s}^2$ tizlenme bilen ýokaryk gitse terezi näçe güji görkezzer? Şonça tizlenme bilen lift aşak gaýdanda terezi näçe güýji görkezzer? [$F_1 = 22,06 \text{ N}$; $F_2 = 7,36 \text{ N}$].

1.47. Eňnitlik burçy $\alpha = 40^\circ$ bolan eňnit tekizlikden jisim süýüşýär. Birinji nokatdajisimiň tizligi $\mathcal{Q}_1 = 0,3 \text{ m/s}$, munda pesde ýerleşen ikinji nokatdaky

tizligi $v_2 = 3 \text{ m/s}$ jisimiň tekizlige sürtülme koeffisiýentini $\mu = 0,08$. Jisim nokatlaryň arasyňy näçe wagtda geçer? [$t = 0,48 \text{ s}$].

- 1.48. Uçar $v = 380 \text{ km/sag}$ hemişelik tizlik bilen wertikal täkizlikde $R = 550 \text{ m}$ radiusly tegelek traýektoriya çyzýar (“jadyly halka” diýilýän). Halkanyň aşaky, ýokarky we ortaky nokatlary üçin massasy $m = 70 \text{ kg}$ bolan üçujynyň agramyny hasaplamaly.

[$P_1 = 2,1 \text{ kN}$; $P_3 = 733 \text{ N}$; $P_2 = 1,58 \text{ kN}$].

- 1.49. Motosikletli wertikal silindrik üstüň iç ýüzünden töwerek boýunça $v = 25 \text{ m/s}$ hemişelik tizlik bilen aýlanýar. Silindriň radiusy $3,8 \text{ m}$. Sürüjiniň we motosikletiň ölçeglerini hasaba alman, motosikletiň tigrleriniň silindriň diwaryna sürtülme koeffisiýentini tapmaly. [$\mu = 0,06$].

- 1.50. Uzynlygy $t = 0,4 \text{ m}$ bolan ýeňil, süýşmeýän sapakdan asylan şar gorizontalk tekizlikde aýlanýar. Asylma nokadynda sapak wertikal bilen $\alpha = 35^\circ$ burç emele getirýär. Şaryň aýlanma periodyny tapmaly. [$T = 1,27 \text{ s}$]

- 1.51. Massaly 1 kg bolan jisimiň tizliginiň 10 m ýoluň dowamynda 2-den 6 m/s çenli artdyrmak üçin edilmeli işi tapmaly. Ýoluň bütin dowamynda jisime $1,96 \text{ N}$ -a bolan sürtülme güýji täsir edýär. [$35,6 \text{ J}$].

- 1.52. Massasy 2 kg bolan daş käbir belentlikden $1,43 \text{ s}$ dowamynda erkin gaçdy. Howanyň garşylygyny hasaba alman, ýoluň ortalık nokadyndaky daşyň kinetik we potensial energiýalaryny hasaplamaly. [$98,1 \text{ J}$].

- 1.53. Massasy 2 t bolan awtomobil baýra çykýar. Baýryň eňňitligi her 100 metre 4 m . Sürtülme koeffisiýenti $0,81$. a) Awtomobiliň 3 km ýoldaky eden işini tapmaly.

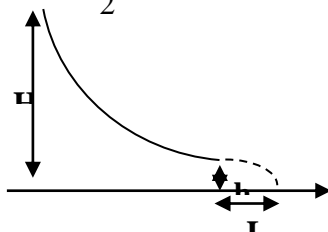
- b) Bu ýol 4 minut geçilende awtomobiliň dwigateliniň kuwwatyny tapmaly $[66,5MI; 0,28MWt]$.
- 1.54. Diametri $D=30$ sm bolan şar suwda ýüzýär. Şary ýenede $h=5m$ çuňluga suwa çümürmek üçin näçe iş etmeli? Şaryň dykzyzlygy $S = 500 \frac{kg}{m^3}$. $[0,84 J]$
- 1.55. Uzynlygy $l=1,2m$ massasy $m = 2,8 kg$ bolan zynjyr stolyň üstünde ýatyr. Onuň $l_1 = 0,14 m$ bölegi stoldan sallananda zynjyr süýşüp başlaýar we ýere gaçýar. Sürtülme koeffisiýentini $\mu = 0,1$. Zynjyr süýşüp gaçanda sürtülme güýjüni ýeňmek üçin edilen işi tapmaly. $[1,297 J]$.
- 1.56. m massaly jisim hemişelik güýjüň täsiri bilen deňölçepli hereket edýär. Jisimiň X kordinatasynyň deňlemesi $X = B + Ct + Dt^2$, B, C, D – hemişelik ululyklar. Wagtyň O -dan, t_1 çenli aralyk üçin güýjüň etjek işiniň deňlemesini ýazmaly.
 $[A = 2mD(B + Ct_1 + Dt_1^2)]$
- 1.57. Eňňitlik burçy a bolan eňňit tekizlik boýunça m massaly jisim ýokarlygyna g_0 başlangyç tizlik bilen ugradylan.
- 1) Sürtülme koeffisiýenti (μ), jisimiň durýança geçen ýoluny tapmaly.
 - 2) Bu ýol üçin sürtülme güýjüniň işini tapmaly.
- $$\left[1) S = \frac{g_0^2}{1g(\sin a + \mu \cos a)}; 2) A = \frac{\mu m g^2}{2(\mu + \tan a)} \right].$$
- 1.58. Eňňitlik burçy $\alpha = 30^\circ$ bolan eňňit tekizlik boýunça $m = 50 kg$ massaly ýüki $S = 44 m$ aralyga ýokary süýşürmek üçin edilen işi tapmaly. Sürtülme koeffisiýenti $\mu = 0,06$. $[1081,8J]$

- 1.59. $m = 5 \text{ kg}$ massaly jisim $a = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ tizlenme bilen ýokary galdyrylýar. Ilkinji baş sekundyň dowamynda edilen işi tapmaly. [1,48 kJ].
- 1.60. M massaly jisim ϑ_0 tizlik bilen gorizonta a burç bilen zyňyldy. Hereketiň döwri üçin agyrlyk güýji tarapyndan döredilýän kuwwatyň orta bahasyny we bu kuwwatyň pursatlaýyn bahasynyň wagta baglylygyny kesgitlenmeli.
[1) $\langle N \rangle = 0$; 2) $N(t) = mg (gt - \vartheta_0 \sin a)$].
- 1.61. $m = 2 \text{ kg}$ massaly material nokat hemişelik güýjüň täsir bilen $X = Bt + Ct^2 + Dt^3$,
 $C = -2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$; $C = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$; $D = -0,2 \frac{\text{m}}{\text{s}^3}$ deňleme bilen hereket edýär. $t_1 = 2 \text{ s}$; $t_2 = 5 \text{ s}$ pursatlar üçin ýüze çykarylýan kuwwaty tapmaly.
[1) 0,32 Wt; 2) 0,56 Wt].
- 1.62. Massasy $m = 1 \text{ kg}$ bolan material nokat käbir güýjüň täsiri bilen $S = B + Ct + Dt^2$ ($B = 3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$; $C = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$; $D = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^3}$) deňleme boýunça hereket edýär. $t = 1 \text{ s}$ pursat üçin kuwwaty kesgitlenmeli. [14 Wt].
- 1.63. $m = 0,4 \text{ kg}$ massaly jisim belentligi $h = 10 \text{ sm}$, uzynlygy $l = 1 \text{ m}$ eňňit tekizlik boýunça süýşýär. Sürtülme koeffisiýenti $\mu = 0,04$. Jisimiň eňňitlikden düşen pursatyndaky kinetik energiýasyny we gorizonta ugurda geçen ýoluny tapmaly.
[1) 0,24 J; 2) 1,53 m]
- 1.64. Massasy $m = 0,2 \text{ kg}$ bolan material nokat $R = 10 \text{ sm}$ töwerek boýunça hemişelik tangensial tizlenme bilen aýlanýar. Başinji aýlawyň soňunda onuň kinetik

energiýasy $6,3 \text{ J}$ boldy. Tangensial tizlenmäni tapmaly. $[0,02 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}]$.

- 1.65. $h = 20 \text{ m}$ belentlikli başnyadan jisim $g_0 = 10 \text{ m/s}$ tizlik bilen gorizontaly zyňylýar. Jisimiň massasy 400 g . Howanyň garşylygyny hasaba alman $t = 1 \text{ s}$ geçenden soň jisimiň kinetik we potensial energiýalaryny tapmaly. [1) $39,2 \text{ J}$; 2) $59,2 \text{ J}$].
- 1.66. $m = 300 \text{ g}$ massaly ýük $L = 1 \text{ m}$ uzynlykly ýüpdäni asylan. Ýük 90° burça gyşardylyp goýberilýär. 45° gyşarma ýagdaýy üçin we iň aşaky nokatlar üçin ýüpüň dartuw güýjünü tapmaly. [1) $6,16 \text{ N}$; 2) $8,82 \text{ N}$].
- 1.67. Soňy gorizontaly tekizlige öwrülýän aýlawly eňňit üst bolan tekizlik boýunça uly bolmadyň jisim sürtülmesiz süýşüp gaýdýar. (1-nji çyzgy). H – belentligiň haýsy bahasynda jisim iň uly L aralyga düşer?

$$[1) h = \frac{H}{2}; L_{\text{mak}} = H]$$



1-nji çyzgy.

- 1.68. Ujyna $m = 500 \text{ g}$ ýük daňylan uzynlygy $l_0 = 9,5 \text{ sm}$ bolan rezin ýüp $\alpha = 90^\circ$ burça gyşardyp goýberilýär. Rezin ýüpüň gatylyk koeffisiýenti $K = 9,8 \text{ N/sm}$. Ýük deňagramly ýagdaýdan geçýän pursaty üçin ýüpüň uzynlygyny tapmaly. $[0,11 \text{ m}]$

- 1.69. Pružinli tereziniň okarasyna goýlan ýük pružini 5 sm aralyga gysýar. Ýük 10 sm belentlikden okara gaçaýsa pružini näçe aralyga gysar [21 sm].
- 1.70. Jisim käbir belentlikden erkin gaçyp ýere degjek pursatynda $P = 100 \text{ kg} \cdot \text{m} / \text{s}$ impulsa we $W_k = 500 \text{ J}$ kinetik energiýa eýe bolýar. Jisimiň haýsy belentlikden gaçandygyny we massasyny kesgitlemeli.
[1) 5,1 m; 2) 10 kg].
- 1.71. Massasy $m = 3 \text{ kg}$ bolan snarýad traýektoriýanyň in ýokary nokadynda $\mathcal{Q} = 350 \text{ m} / \text{s}$ tizlige eýe boldy. Bu nokatda ol ýaryldy we iki böleg bölündi. $m = 2 \text{ kg}$ bolan uly bölek ters ugur boýunça $\mathcal{Q}_1 = 100 \text{ m} / \text{s}$ tizlik bilen uçdy. Ikinji bölegiň tizligini tapmaly. [$\mathcal{Q}_2 = 1250 \text{ m/s}$].
- 1.72. Üstünde top berkidilen demir ýol platformasynyň tizligi $\mathcal{Q} = 4 \text{ km} / \text{sag}$. Platforma bilen topuň bilelikdäki massasy 8 tonna. Platformanyň hereket edýän tarapyna gorizonta $\alpha = 40^\circ$ burç bilen topdan $m = 8 \text{ kg}$ massaly snarýad atyldy. Eger asylmadan soň platformanyň tizligi iki esse peselen bolsa, snarýadynyň ýere otnositel tizligini tapmaly.
[$\mathcal{Q} = 777 \text{ m/s}$]
- 1.73. Iki sany $m = 150 \text{ kg}$ massaly meňzeş gaýyk inersiýa boýunça sürtülmesiz bir-birleriniň gapdalyndan $\mathcal{Q}_o = 3 \text{ m} / \text{s}$ tizlik bilen ugurdaş hereket edýärler. Birinji gaýykda massasy $m = 75 \text{ kg}$ bolan adam bar. Wagtyň bir pursatynda ol ikinji gaýyga $\mathcal{Q} = 4 \text{ m} / \text{s}$ tizlik bilen bökýär. Gaýyklaryň soňky ugurlarynyň arasyndaky burçy tapmaly. [$\alpha = 67^\circ$].

- 1.74. Aýlanma okuna otnositel ýer şarynyň inersiýa momentini we hereket mukdarynyň momentini tapmaly. [1) $9.7 \cdot 10^{37} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$; 2) $7,05 \cdot 10^{33} \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}}$]
- 1.75. Aýlanma oky bolan $R = 0,5 \text{ m}$ radiusly birhilli silindre ýüp saralan we ujundan 10 kg ýük asylan. Ýüküň düşme tizlenmesi $a = 2,04 \text{ m/s}^2$ bolan silindriň inersiýa momentini tapmaly. [$12 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$].
- 1.76. Kuwaty $N = 1 \text{ kWt}$ bolan elektrodwigatel $n = 12 \text{ 1/s}$ ýygylýk bilen aýlanýar. Elektrodwigateliň ýakarsyna täsir edýän güýç momentini tapmaly. [$M = 13,2 \text{ N.m}$].
- 1.78. Inersiýa momenti $J = 300 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ bolan agramlyk tigr $n = 25 \text{ 1/s}$ ýygylýk bilen aýlanýar. Ony 1 minudyň dowamynda duruzmak üçin tigire näçe güýç momentini goýmaly. [$M = -785 \text{ N.m}$].
- 1.79. massasy $m = 2 \text{ kg}$ bolan disk gorizontal tekizlik boýunça $\mathcal{G} = 4 \text{ m/s}$ tizlik bilen sürtülmesiz hereket edýär. Diskiň kinetik energiýasyny tapmaly. [$E_k = 24 \text{ J}$].
- 1.80. Massasy $m = 1 \text{ kg}$, uzynlygy $l = 1 \text{ m}$ bolan birhilli steržen gorizontal tekizlikde ortasyndan geçýän ok boýunça aýlanýar. $M = 0,1 \text{ N.m}$ aýlandyryjy momentiň täsiri bilen ol näçe burç tizlenmesini alar ? [$\varepsilon = 4,8 \text{ rad/s}^2$].
- 1.81. Massasy $m = 2 \text{ kg}$, radiusy $R = 15 \text{ sm}$ bolan bütewi disk $n = 1200 \text{ 1/min}$ ýygylýk bilen merkezinden geçýän okda aýlanýar. Diskiň inersiýa momentini we kinetik energiýasyny tapmaly. [$J = 2,25 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$, $E_k = 177 \text{ J}$].
- 1.82. Inersiýa momenti $J = 40 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ bolan agramlyk tigr $M = 160 \text{ N.m}$ güýç momentiniň täsir bilen aýlanýar.

Tigiriň burç tizligi $\varpi = 18.8 \text{ rad/s}$ baha näçe wagtda ýeter? $[t = 4,7 \text{ s}]$

- 1.83. Radiusy $R = 0,2 \text{ m}$ bolan birhilli diskiň gyrasyna $F = 98,1 \text{ N}$ hemişelik galtaşma güýç goýlan. Aýlanýan wagty diske $M_s = 4,9 \text{ N}\cdot\text{m}$ sürtülme güýjüň momenti täsir edýär. Disk hemişelik $\varepsilon = 100 \text{ rad/s}^2$ burç tizlenmesi bilen aýlanýar. Diskiň massasyny tapmaly. $[7.36 \text{ kg}]$.
- 1.84. Şol bir materialdan ýasalan, massalary deň şar we bütewi silindr deň burç tizlik bilen sürtülmesiz hereket edýärler. Şaryň kinetik energiýasynyň silindriň kinetik energiýasyndan näçe esse kiçidigini tapmaly. $[1,07\text{esse}]$.
- 1.85. Massasy 3 kg bolan 30 cm radiusly tigr 5 m uzynlykly eňňitlik burçy 25° bolan tekizlik boýunça tigirlenip, tekizligiň soňunda $4,6 \text{ m/s}$ tizlige eýe bolýar. Tigiriň inersiýa momentini tapmaly. $[0,259 \text{ kg}\cdot\text{m}^2]$.
- 1.86. Inersiýa momenti $J = 63,6 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ bolan mahowik $\omega = 31,4 \text{ rad/s}$ burç tizligi bilen aýlanýar. Mahowigi 20 sekuntda saklap biljek tormozlaýjy M momenti tapmaly. $[100 \text{ N}\cdot\text{m}]$.
- 1.87. Diametri 6 cm bolan şar 4 aýlaw/s bilen gorizonta tekizlikde sürtülmesiz togorlanýar. Şaryň massasy $0,25 \text{ kg}$. Şaryň kinetik energiýasyny tapmaly. $[0.1 \text{ J}]$.
- 1.88. 5 aýlaw/s hemişelik ýygylýk bilen aýlanýan walyň kinetik energiýasy 60 J . Walyň hereket mukdarynyň momentini tapmaly. $[3,8 \frac{\text{kg}\cdot\text{m}^2}{\text{s}}]$
- 1.89. Radiusly 10 cm bolan mis şar 2 aýlaw/s ýygylýk bilen merkezlenç okuň daşynda aýlanýar. Şaryň aýlanmasynyň burç tizligini iki esse artdyrmak üçin näçe iş etmeli? $[35,4 \text{ J}]$.

1.90. Radiuslary 60 sm, massalary 5 kg bolan iki sany silindr berlen. Olaryň birisi allýuminiden we tutuş. Beýlekisi gurşundan we içi köwek. Olar birmeňzeş reňke reňklenen.

- 1). Eňňit tekizlikden togalanyp düşenlerinde olary nähili tapawutlandyryp bolar?
- 2). Silindrleriň inersiýa momentlerini tapmaly.
- 3). Her silindr eňňit tekizlik boýunça näçe wagtlap togolanar? Başlangyç tizlik nola deň. Eňňit tekizligiň belentligi 0,5 m.

Eňňitlik burçy $\alpha = 30^\circ$.

[1) alýumin silindr öňe düşer; 2)

$$I_1 = 0,9 \text{ kg} \cdot \text{m}^2, 3) t_1 = 1,29 \text{ s}, t_2 = 2,2 \text{ s}]$$

1.91. Stolda wertikal goýlan galam gapdala ýykylýar. Gaçmanyň soňky pursaty üçin galamyň ujunyň çyzyk tizligini we burç tizligini tapmaly. Galamyň uzynlygy 15 sm. [1) $14 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$; 2) $2,1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$].

1.92. Uzynlygy 1 m bolan birhilli steržen bir ujundan geçýän gorizont al okda aýlanyp bilýär. Aşaky uýj deňagramlyk ýagdaýyndan 5 m/s tizlik bilen geçmegi üçin steržen näçe graduslyk burça gýşardyp goýbermeli? [35°].

1.93. Ýokary uýjyndan gorizont al ok geçen steržen yrgyldyly hereket edýär. Yrgyldynyň periodyny tapmaly. Sterženiň uzynlygy 0,5 m. [1,16 s].

1.94. Merkezinden geçýän wertikal okuň daşyndan gorizont al disk $\omega = 9.0 \text{ rad/s}$ hemişelik burç tizligi bilen aýlanýar. Massasy $m = 0.6 \text{ kg}$ bolan uly bolmadyk jisim diskiň radiusy boýunça $v' = 0,9 \text{ m/s}$ hemişelik tizlik bilen hereket edýär. Aýlanma okundan $L = 0,5 \text{ m}$ aralykdaka bu jisime näçe güýç täsir edýär? [26,2 N].

- 1.95. Demir ýoluň göni, gorizont aralygynda wagon $t = 2 \text{ s}$ dowamynda tizligini deňölçeqli $v_1 = 54 \text{ km/sag}$ bahadan $v_2 = 36 \text{ km/sag}$ baha çenli peseltdi. Wagonyň gorizont polkasynda duran, $m = 18 \text{ kg}$ massaly ýaşıge täsir etjek inersiýa güýjüni tapmaly. Sürtülme güýjüniň haýsy μ_{\min} minimal bahasynda ýaşık süýşüp başlar? [1) 45 N ; 2) $\mu_{\min} = 0,255$].
- 1.96. Attraksionda diametri $d = 18 \text{ m}$ wertikal silindrik üst boýunça motosiklet sürýärler. Sürtülme koeffisiýenti $\mu = 0,8$ bolanda motosikletiň tizligini tapmaly. $[10,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}]$.
- 1.97. Aýyň Ýeriň daşyndan aýlanma periody $T = 2,36 \cdot 10^6 \text{ s}$. Ýer bilen Aýy merkezleriniň ortaça aralygy $r = 3,84 \cdot 10^8 \text{ m}$. Şu maglumatlardan we grawitasion hemişelikden peýdalanyp Ýeriň massasyny tapmaly. $[5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}]$.
- 1.98. Uranyň Günüň daşyndan aýlanma periody Ýeriň periodyndan 84 esse köp. Orbitalary töwerekleňç hasaplap:
- 1) Urandan Güne çenli aralyk ýerden Güne çenli aralykdan näçe esse köplügin;
 - 2) Geiosentrik sistemada Uranyň v tizligini we a tizlenmesini tapmaly. Ýerden Güne çenli aralyk $r = 1,5 \cdot 10^{11} \text{ m}$, Ýeriň Günüň daşyndan aýlanma periody $T = 3,16 \cdot 10^7 \text{ s}$.
- [1) $19,2$ esse; 2) $6,8 \frac{\text{km}}{\text{s}}$; $1,6 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$].
- 1.99. Emeli Hemra ýeriň daşynda töwerekleňç orbita boýunça aýlanýar. Ýeriň aýlanma oky bilen baglansykly hasap sistemasyna görä onuň tizligi v . Ýeriň üstünden hemra çenli bolan h belentligi tapmaly. Ýeriň R

radiusyny we ýerdäki erkin gaçmanyň g tizlenmesini belli hasaplamaly. $\left[h = R \left(\frac{gR}{v^2} - 1 \right) \right]$.

- 1.100. Jisimiň töwereklenç orbitaly Ýeriň emeli hemrasy bolmagy üçin, gorizontaly ugur boýunça näçe minimal tizlik bermeli? $\left[7,9 \frac{km}{s} \right]$.
- 1.101. Ýeriň emeli hemrasynyň aýlanma periody $T = 3 sag$. Hemra töwereklenç orbita boýunça aýlananda, onuň Ýeriň üstünden näçe belentlikdedigini hasaplamaly. $[4,19 Mm]$.
- 1.102. Marsyň radiusy Ýeriň radiusynyň 0,53 bölegine, massasy bolsa Ýeriň massasynyň 0,11 bölegine deň. Maglumatlardan peýdalanyp ýeriň üstündäki dartuw güýjüň Marsdaky gatuw güýçden näçe esse ululygyny tapmaly. $[2,55 esse]$.
- 1.103. Hemişe ekwatoryň şol bir nokadynyň üstünde durýan Ýeriň emeli hemrasyna stasionar hemra diýilýär. Ýeriň merkezinden stasionar hemra çenli aralygy tapmaly. $[4,2 \cdot 210^4 km]$.
- 1.104. Aý üçin ikinji kosmiki tizligiň san bahasyny tapmaly. $\left[2,37 \frac{km}{s} \right]$.
- 1.105. Ýeriň üstünden näçe belentlikde erkin gaçmanyň tizlenmesi 4 esse azalar? $[h = R; R - \text{Yeriň radiusy}]$
- 1.106. Ýeriň radiusyndan peýdalanyp Ýeriň üstünden näçe belentlikde dartysma meýdanynyň güýjenmesiniň $4,9 N/kg$ deň boljakdygyny hasaplamaly. $[2,64 Mm]$.
- 1.107. Ýer bilen Aýyň dartysma meýdanynyň netijeleýji güýjenmesiniň nola deň bolýan nokady Aýyň merkezinden näçe uzaklykda ýerleşýär? Ýeriň massasy Aýyň massasyndan 81 esse uly. Ýer bilen

Aýyň merkezleriniň aralygy Ýeriň radiusyndan 60 esse uly. Ýeri radiusy $6,37 \cdot 10^6 m$.
 $[3,8 \cdot 10^7 m]$.

1.108. Radiuslary $r_1 = 3 sm$ we $r_2 = 5 sm$ bolan iki alýumin şar bir-birlerine degip dur. Olaryň özara täsirleşleriniň potensial energiýasyny tapmaly.
 $[-0,36 nJ]$.

1.100. Massasy $m = 1 kg$ bolan jisim $\tau = 6s$ wagtyň dowamynda erkin gaçyp Ýeriň $\varphi = 30^\circ$ geografiki giňişligine düşýär. Ýeriň aýlanýanlygyny hasaba almak bilen jisimiň wertikaldan näçe gyşarýandygyny tapmaly. $[6,65 sm]$.

1.110. Meridianyň tekizligine gorizonta ugur boýunça atylan okuň bir sekuntdan soňra gapdala näçe gyşarjagyny hasaplamaly. Ok demirgazyk ýarymşardan $\varphi = 60^\circ$ giňişlikde, $g = 10^3 m/s$ tizlik bilen demirgazyga atyldy. Howanyň garşylygyny hasaba almaly däl. Okuň v rizligini hemişelik diýip hasaplamaly.
 $[7,2 sm]$.

1.111. Massasy $m = 2,5 \cdot 10^6 kg$ bolan otly demirgazyk ýarymşaryň $[\varphi = 60^\circ]$ giňişliginde parallel boýunça gurlan demir ýol boýunça $g = 54 km/sag$ tizlik bilen barýar. Otlynyň demir ýola täsir güýjüniň gorizonta düzüjisini kesgitlemeli.

$[F = m\omega (\omega R \cos \varphi \pm 2V) \sin \varphi ; F_+ = 41 k N, F_- = 31 kN, +$
 alamat günbatardan gündogara herekete degişli; -alamat-
 tersine, R – ýeriň radiusy].

2-nji bölüm

MEHANIKA YRGYLDYLAR WE TOLKUNLAR

2 Ç. MESELELER.

2.4. Material nokat $X = 6,0 \cos \pi (t + 0,2)$ kanun boýunça yrgyldy edýär. Yrgyldynyň A amplitudasyny we T periodyny tapyp, $t = 4 \text{ s}$ pursat üçin X süýşmäni, ϑ tizligi we a tizlenmäni tapmaly.

$$[1) 4,86 \text{ sm}; \quad 2) -11,06 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}; \quad 3) -47,92 \text{ m/s}^2.$$

2.5. Başlangyç fazasy $\varphi = 45^\circ$, amplitudasy $A = 8 \text{ sm}$ bolan we $t = 1$ minutda $n = 120$ garmoniki yrgyldy edýän nokadyň yrgyldysynyň deňlemesini ýazmaly.

$$[X = 8 \cos (4 \pi t + \frac{\pi}{4}) \text{ sm}].$$

2.6. Nokat $X = 3 \cos (\frac{\pi}{2}t + \frac{\pi}{8}) \text{ m}$ kanun boýunça garmoniki yrgyldy edýär.

1) yrgyldynyň T periodyny,

2) nokadyň ϑ_{\max} maksimal tizligini,

3) nokadyň a_{\max} maksimal tizlenmesini tapmaly.

$$[1) 4 \text{ s}; \quad 2) 4,71 \frac{\text{m}}{\text{s}}; \quad 3) 7,4 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}].$$

2.7. Massasy $m = 10 \text{ g}$ bolan material nokadyň yrgyldy

$$\text{deňlemesi} \quad x = 5 \cos (\frac{\pi}{5}t + \frac{\pi}{4}) \text{ sm}.$$

Nokada täsir edýän maksimal güýji we yrgyldaýan nokadyň doly energiýasyny tapmaly.

$$[1) 19,7 \cdot 10^{-5} \text{ N}; \quad 2) 4,93 \cdot 10^{-6} \text{ J}].$$

2.8. Pružinden asylan ýükjagaz $0,5 \text{ s}$ period bilen wertikal ugra yrgyldaýar. Ýükjagazyň massasy

$m = 0,2 \text{ kg}$. Pružiniň gatylyk koeffisiýentini kesgitlemeli. $[k = 32 \text{ N/m}]$.

2.9. $A = 3 \text{ mm}$ amplituda bilen yrgyldaýan kirşiň ortaky nokadynyň maksimal tizlenmesi $a_{\text{mak}} = 4,8 \cdot 10^3 \text{ m/s}^2$.

Yrgyldynyň ýygylgyny tapmaly. $[\nu = 200 \text{ Gs}]$.

2.10. Nokat $x = 5 \sin 2\pi t \text{ sm}$ deňleme bilen yrgyldy edýär. Nokadyň $t = 1/6 \text{ s}$ wagta degişli tizligini tapmaly.

$$\left[\nu = 13,6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$$

2.11. Pružinden asylan mis şar garmoniki yrgyldy edýär. Mis şar deň radiusly alýumini şar bilen çalşyrylsa yrgyldynyň periody näçe üýtgär? $[1,82 \text{ esse}]$.

212. Material nokat garmoniki yrgyldy edýär. Nokadyň süýşmesi $X_1 = 2,6 \text{ sm}$ bolanda tizligi $\nu_2 = 1,9 \text{ sm/s}$ bolýar. Süýşmäniň A amplitudasyny we yrgyldynyň aýlaw ýygylgyny tapmaly.

$$\left[1) A = 1,9 \frac{\text{sm}}{\text{s}}; 2) \omega = 1,0\text{S}^{-1} \right].$$

2.13. $\nu = 1 \text{ Gs}$ ýygylk bilen garmoniki yrgyldy edýän nokat $t = 0$ wagt pursatynda. $x_o = 5 \text{ sm}$ koordinata bilen

kesgitlenýän ýagdaýyndan $\nu = 15 \frac{\text{sm}}{\text{S}}$ tizlik bilen

geçýär. Yrgyldynyň amplitudasyny tapmaly. $[5,54\text{sm}]$.

2.14. Bir minutda 25 yrgyldy etmegi üçin spiral pružinden näçe massaly ýük asmaly. Pružiniň gatylygy $K = 25 \text{ N/m}$. $[3,65 \text{ kg}]$.

2.15. Uzynlygy $\ell = 35 \text{ sm}$ bolan inçe birhilli steržen fiziki maýatnik hökmünde ulanylýar. Maksimal ýygylkly yrgyldy almak üçin asma nokady massa merkezinden näçe uzaklykda bolmaly? $[10,1 \text{ sm}]$.

2.16. Bir ugra ugrukdyrylan $x_1 = 40 \cos 18 \pi t$ we $x_2 = 40 \cos 2 \pi t$ yrgyldylaryň goşulmasyndan emele gelen yrgyldynyň deňlemesini ýazmaly.
 $x = (80 \cos 8 \pi t) \cos 2 \pi t$

2.17. Periodlary $T = 8 s$ we amplitudalary $A = 0,02 m$ bolan, bir ugra ugrukdyrylan iki garmoniki yrgyldynyň goşulmasy netijesinde emele geljek yrgyldynyň goşulmasyndan emele gelen yrgyldynyň deňlemesini ýazmaly. Yrgyldylaryň fazalarynyň tapawudy $\pi / 4$. Yrgyldylaryň biriniň başlangyç fazasy nola deň.

$$\left[x = 0,28 \sin \left(\frac{\pi}{4} t + \frac{\pi}{8} \right) \right].$$

2.18. Amplitudalary $A_1 = 4 sm$ we $A_2 = 8 sm$, fazalarynyň tapawudy $\varphi = 45^\circ$ bolan iki garmoniki yrgyldy bir ygra gönükdirilen. Netijeýji yrgyldynyň amplitudasyny tapmaly $[11,2 sm]$.

2.19. Material nokat özara perpendikulýar iki yrgylda gatnaşýar. Olaryň deňlemeleri $x = 0,5 \sin \omega t$ we $y = 1,5 \cos \omega t$. Nokadyň hereketiniň deňlemesini ýazmaly.

$$\left[\frac{x^2}{0,25} + \frac{y^2}{2,25} = 1 \right].$$

2.20. Pessaýlaýan yrgyldynyň deňlemesi $x = 5e^{-0,25t} \cdot \sin \frac{\pi}{2} t$ m. Wagt pursatlarynyň 0, T, 2T, 3T we 4T bahalary üçin yrgyldaýan nokadyň tizligini tapmaly.

$$\left[1) 7,85 \frac{m}{s}; 2) 2,88 \frac{m}{s}; 3) 1,06 \frac{m}{s}; 4) 0,39 \frac{m}{s}; 5) 0,14 \frac{m}{s} \right].$$

- 2.21. Pružinden asylan ýük wertikal ugur boýunça $A = 0,06m$ amplituda bilen pessaýlaşýan yrgyldy edýär. Ýüküň maksimal kinetik energiýasy $W = 1,2 J$. Pružiniň massasyny hasaba alman onuň K gatylyk koeffisiýentini tapmaly $\left[0,67 \cdot 10^3 N/m \right]$.
- 2.22. Material nokat $T = 4,5 s$ period bilen pessalaýan yrgyldy edýär. Onuň başlangyç amplitudasy $A_0 = 0,16 m$. 20 doly yrgyldydan soňky amplitudasy $A = 0,01 m$ yrgyldynyň β pessaýlama koeffisiýentini we pessaýlamanyň λ logarifmiki koeffisiýentini tapmaly. Başlangyç faza $a = 0$ bolanda yrgyldynyň deňlemesini ýazmaly.

$$\left[1) \beta = 0,031 s^{-1}; 2) \lambda = 0,14 3) 0,16 e^{-0,03t} \cdot \cos \frac{4\pi}{9} t \right].$$

- 2.23. Massasy $m = 0,2 kg$ bolan ýük gatylyk koeffisientini $K = 50 N/m$ bolan agramsyz pružinde asylan. Aýlaw ýygylgy $\omega = 20 s^{-1}$ bolan mejbur ediji güýjüň täsiri bilen ýük $A = 20 mm$ amplituda bilen yrgyldy edýär. Ýüküň süýşmesi mejbur ediji güýçden fazasy boýunça $3\pi/4$ ululyga yaza galýar. Pessaýlamanyň λ logarifmiki dekrementini we mejbur ediji güýjüň yrgyldynyň bir periodynyň dowamynda edýän A işini tapmaly. $\left[1) \lambda = 1,53; 2) 37,7 mJ \right]$.
- 2.24. x okunyň ugry boýunça λ tolkun uzynlykly tekiz garmoniki tolkun ýaýraýar. Fazalarynyň tapawudy $\pi/2$ bolan yrgyldaýan iki nokadyň arasyndaky uzaklygy tapmaly. $\left[\frac{\lambda}{4} \right]$.
- 2.25. Garmoniki yrgyldynyň deňlemesi $x = 10 \sin 0,5 \pi t sm$.

- 1) Yrgyldynyň ýaýrama tizligi 300 m/s bolanda tolkunýň deňlemesini ýazmaly.
- 2) Yrgyldaýan nokatdan 600 m uzaklykda ýerleşen nokat üçin yrgyldynyň deňlemesini ýazmaly we grafigini gurmaly.
- 3) Yrgyldy başlanandan 4 s geçenden soňky tolkunýň nokatlary üçin yrgyldynyň deňlemesini ýazmaly we grafigini gurmaly.

$$1) \eta(x, t) = 10 \sin \left(0,5 \pi t - \frac{x}{191} \right) \text{ sm};$$

$$[2) \eta_1(x, t) = 10 \sin (0,5 \pi t - \pi) \text{ sm};$$

$$3) \eta_2(x, t) = 10 \sin \left(2 \pi - \frac{\pi t}{6 \cdot 10^4} \right) \text{ sm}]$$

- 2.26. Tolkun uzynlygy 1 m bolanda aralygy 2 m bolan iki yrgyldaýan nokatlaryň fazalarynyň tapawudy tapmaly.

$$[\Delta \varphi = 4\pi, \text{ deň fazada}].$$

- 2.27. Iki otly 72 we 54 km/sag tizlikler bilen bir-birleriniň garşysyna hereket edýärler. Birinji otly 600 Gs ýygylýkly signal berýär. Sesiň tizligi 340 m/s . Ikinji otlynyň ýolagçysy otlylar duşuşmazdan öň we soň signaly nähili ýygylýk bilen eşider $[1) v' = 666 \text{ Gs}; v'' = 542 \text{ Gs}]$.

- 2.28. Ýygylýgy $v = 0,5 \text{ kGs}$, amplitudasy $A = 0,25 \text{ mm}$ bolan ses tolkuný maýyşgak sreda-da ýaýraýar. Tolkunýň ýaýraýyş v tizligini we sredanyň bölejiginiň $v_1(\xi_{\max})$ maksimal tizligini tapmaly.

$$[1) 350 \text{ m/s}; 2) 250 \text{ m/s}].$$

- 2.29. Alýuminde maýyşgak boý tolkunlaryň ýaýraýyş tizligini tapmaly. Alýumin üçin Ýunguň moduly $E = 69 \text{ GPa}$.

$$\left[5,1 \frac{\text{km}}{\text{s}} \right].$$

- 2.30. Material nokat sinus kanuny bilen yrgyldy edýär. Amplitudasy $A = 10 \text{ sm}$, aýlaw ýygylgy $\omega = 3 \text{ 1/s}$. Nokadyň maksimal tizligini we tizlenmesini tapmaly. $[V_m = 30 \text{ sm/s}, a_m = 90 \text{ sm/s}^2]$.
- 2.31. Uzynlygy $\lambda = 1 \text{ m}$ bolan tolkun $v = 1 \text{ m/s}$ tizlik bilen ýaýraýar. Tolkunyň yrgyldysynyň periodyny tapmaly. $[T = 1 \text{ s}]$.
- 2.32. Tolkunyň deňlemesi $y = 3 \sin \pi (t - X/v)$ görnüşde. Tolkunyň tizligi $v = 10 \text{ m/s}$. Tolkunyň amplitudasyny we periodyny tapmaly. Şeýle-de wagtyň $t = 5,5 \text{ s}$ pursaty üçin tolkun çeşmesinden $S = 50 \text{ m}$ aralykdaky nokat üçin süýşmäni tapmaly. $[A = 3 \text{ sm}, T = 2 \text{ s}, y = 3 \text{ sm}]$.
- 2.33. Tolkun göni boýunça $v = 25 \text{ m/s}$ tizlik bilen ýaýraýar. Yrgyldynyň periody $0,02 \text{ s}$. Bir-birinden $x = 30 \text{ sm}$ aralykda ýerleşen iki nokat üçin yrgyldylaryň fazalarynyň tapawudyny kesgitlemeli. $[\Delta\varphi = 3,77 \text{ rad}]$.
- 2.34. Içi boş demir şaryň howadaky agramy 5 N , suwdaky 3 N . Howanyň itekleýji güýjini hasaba alman şaryň içindäki boşlugyň göwrümini tapmaly. $[139 \text{ sm}^3]$
- 2.35. Suwuklykly gabyň gapdalyndaky kiçi deşikden akýan suwuklygyň tizligini hasaplamaly. Deşikden suwuklygyň ýokarky derejesine çenli aralyk $h = 1,5 \text{ m}$. Suwuklygyň şepbeşikligini hasaba almaly däl. $[5,42 \text{ m/s}]$,
- 2.36. Suw bilen doldurylan silindr şekilli gabyň göwrümi $V = 3 \text{ m}^3$, esasynyň meýdany $S = 1 \text{ m}^2$. Gabyň düýbinde meýdany $S_1 = 10 \text{ sm}^2$ bolan tegelek deşik bar. Suwuň şepbeşikligini hasaba alman gapdaky suwuň

näçe wagtda gutarjakdygyny hasaplamaly.

$$\left[t = \frac{1}{s_1} \sqrt{\frac{2sV}{g}} = 13 \text{ min} \right].$$

- 2.37. Gorizontal üstde ýerleşen suwly silindrik gabyň gapdalynda kiçi deşik bar. Deşik suwuň üstünden $h_1 = 64 \text{ sm}$ aşakda, suwuň düýbinden $h_2 = 25 \text{ sm}$ ýokarda ýerleşýär. Suwuň derejesi hemişelik saklanýar. Suwuň şepbeşikligini hasaba alman, deşikden çykýan çüwdürimiň gorizontal ugurda näçe aralyga düşjekdigini hasaplamaly. [80 sm].
- 2.38. Giň gapdaky gliserinde (dykyzlygy $\rho = 1.2 \text{ g/sm}^3$) 5 sm/s durnukly tizlik bilen aýna şar (dykyzlygy $\rho' = 2,7 \text{ g/sm}^3$) aşak gaçýar. Şaryň diametri 1 mm . Gliseriniň dinamiki şepbeşikligini kesgitlemeli.
- 2.39. Käbir elementar bölejigiň ömri dynçlykdaky sagat bilen ölçelen wagtdan $1,5 \%$ tapawutly. $\beta = \frac{v}{c}$ gatnaşygy tapmaly.
- 2.40. 2 kg massaly jisim K' sistemada 200 Mm/s tizlik bilen hereket edýär. K' sistema K sistema görä 200 Mm/s tizlik bilen hereket edýär. Jisimiň K sistema görä tizligini we massasyny tapmaly. [1) 277 Mm/s , 2) $5,2 \text{ kg}$].
- 2.41. Haýsy tizlikde bölejigiň relýatiwistik impulsy nýutonça impulsdan 5 esse ýokary bolar? [0,98 C].
- 2.42. 1 MeV tizlendiriji potensiallaryň tapawudyny geçen elektronyň tizligini hasaplamaly. [2,86 Mm/s].

3-nji bölüm.
MOLEKULÝAR FIZIKA. TERMODINAMIKA.
3 Ç. MESELELER.

- 3.8. Temperatura $t = 227^{\circ}C$ bolanda $\rho = 0,9 \text{ kg/m}^3$ dyklyzlykly howanyň basyşyny kesgilemeli.
 $[P = 1,29 \cdot 10^5 \text{ Pa}]$.
- 3.9. Ammiagyň molekulasyň massasyny kesgitlemeli.
 $[m = 2,8 \cdot 10^{-26} \text{ kg}]$.
- 3.10. Normal şertlerde göwrümi $V = 0,5 \text{ l}$ bolan gapda näçe molekula bardyr? $[N = 1,34 \cdot 10^{22}]$.
- 3.11. Massasy $m = 2 \text{ g}$ bolan kislorodda näçe molekula bar?
 $[N = 3,76 \cdot 10^{22}]$.
- 3.12. $t = 47^{\circ}C$ temperaturada, $p = 2,02 \text{ atm}$ basyşda dyklyzlygy $\rho = 0,153 \text{ kg/m}^3$ bolan gazyň molýar massasyny tapmaly. $[\mu = 2 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}]$.
- 3.13. Gaz ballonyň diwary $p = 15,2 \text{ MPa}$ basyşa çydaýan bolsa $t = 17^{\circ}C$ temperaturada $3,2 \text{ kg}$ kislorod üçin näçe göwrümlü ballon gerek? $[V = 18,8 \text{ l}]$.
- 3.14. Maddanyň mukdary $\nu = 2 \text{ mol}$, temperaturasy $t = -38^{\circ}C$, eýeleýän göwrümi $V = 6 \text{ l}$ bolan gazyň basyşyny tapmaly. $[p = 862 \text{ kPa}]$.
- 3.15. Massasy $m_1 = 10 \text{ g}$ wodoroddan we massasy $m_2 = 20 \text{ g}$ bolan geliýden durýan gazyň $t = -7^{\circ}C$ temperaturadaky basyşyny tapmaly. Garyndyly gazly ballonyň göwrümi $V = 5 \text{ l}$. $[p = 4,42 \text{ MPa}]$
- 3.16. Göwrümi 15 litr bolan ballonda $t_1 = 27^{\circ}C$ temperaturaly $p_1 = 100 \text{ kPa}$ basyşly azot bar. Balondan 14 g massaly azot goýberilende gazyň

- temperaturasy $t_2 = 17^\circ C$ boldy. Ballonda galan azotyň basyşyny tapmaly. $[16,3 \text{ kPa}]$.
- 3.17. Esasynyň meýdany 200 m^2 , beýikligi 5 m bolan auditoriýadaky howanyň massasyny tapmaly. Howanyň molýar massasy $\mu = 29 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{mol}}$, basyşy 10^5 Pa we temperaturasy $17^\circ C$. $[1200 \text{ kg}]$.
- 3.18. $20^\circ C$ temperaturada diwarlary $15,7 \text{ MPa}$ basyşa çydap bilýän ballonyň 4 kg kislorody saklap biljek iň kiçi göwrümini tapmaly. $[3,1 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3]$.
- 3.19. Normal şertlerde käbir gazyň orta kwadrat tizligi 480 m/s ; Bu gazyň bir gramynda näçe molekula bar? $[1,9 \cdot 10^{23}]$.
- 3.20. Gaz molekulasyň orta kwadrat tizligi 450 m/s . Gazyň basyşy $\rho = 25 \text{ kPa}$. Gazyň V_o udel göwrümini tapmaly. $[2,7 \text{ m}^3 / \text{kg}]$.
- 3.21. Temperaturanyň $T=300\text{K}$ bahasy üçin geliýniň atomynyň $\langle \sqrt{g^2} \rangle$ orta kwadrat tizligini we ortaça $\langle W \rangle$ energiýasyny hasaplamaly $[1) 1,4 \text{ km/s}; 2) 6,2 \cdot 10^{-21} \text{ J}]$.
- 3.22. Basyşy $0,1 \text{ Pa}$ bolan gazyň molekulasyň öňe hereketiniň energiýasyny tapmaly. Gaz molekulasyň konsentrasiýasy 10^{13} sm^{-3} . $[0,15 \cdot 10^{-19} \text{ J}]$.
- 3.23. $T=300 \text{ K}$ temperaturaly we $p=0,15 \text{ MPa}$ basyşly howanyň molekulasyň erkin ýolunyň λ_{ott} ortaça uzynlygyny tapmaly. Howanyň molekulasyň effektiw diametri $d=0,3 \text{ nm}$. $[6,9 \cdot 10^{-8} \text{ m}]$.
- 3.24. Wodorodyň molekulasyň effektiw diametri $0,28 \text{ nm}$. $67^\circ C$ temperatura üçin näçe basyşda wodorodyň molekulasyň erkin ýolunyň λ ortaça uzynlygy $2,5 \text{ sm}$ bolar? $[0,539 \text{ Pa}]$.

- 3.25. Temperatura 0°C bolanda wodorodyň molekularynyň näçe böleginiň tizligi 2000-den 2100 m/s aralygyndadyr? $\left[\frac{\Delta N}{N} = 4,5\% \right]$.
- 3.26. Tizlikleri $\mathcal{G}_1 = 1990 \text{ m/s}$ we $\mathcal{G}_2 = 2010 \text{ m/s}$ interwalda bolan geliýniň molekularynyň $\Delta n/n$ otnositel sanyny $T_1 = 300\text{K}$ we $T_2 = 600\text{K}$ temperaturalar üçin hasaplamaly.
 $\left[1) \frac{\Delta n}{n} = 1,4\%; 2) \frac{\Delta n}{n} = 0,8\% \right]$.
- 3.27. Gaz üçin $\frac{C_p}{C_v} = 1,4$ we molýar massasy $0,03 \text{ kg/mol}$. Bu gaz üçin c_v we c_p udel ýylylyk sygymlary tapmaly
 $\left[1) c_v = 693 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)}; 2) c_p = 970 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)} \right]$.
- 3.28. Howanyň 1 km belentlikdäki basyşynyň 1 km çuňlukly skwažinanyň dýübindäki basyşyna gatnaşygyny tapmaly. Ýeriň üstünde normal şertler bar. Howanyň temperaturasy belentlige bagly gäl. $\left[0,78 \right]$.
- 3.29. Otnositel molekulýar massasy 17 bolan, udel ýylylyk sygymlarynyň gatnaşyklary $C_p / C_v = 1,33$ bolan gazyň c_p we c_v udel ýylylyk sygymlaryny tapmaly.
 $\left[c_p = 1,96 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}; c_v = 1,47 \text{ kJ/(kg} \cdot \text{K)} \right]$.
- 3.30. $m=10\text{g}$ azoty hemişelik basyşda we hemişelik gövrümde $\Delta T = 200\text{K}$ gyzdymak üçin gerek bolan Q ýylylyk mukdaryny tapmaly we deňeşdirmeli.
 $\left[Q_2 = 208 \text{ J}; Q_1 = 148 \text{ J} \right]$.
- 3.31. $t = -173^{\circ}\text{C}$ temperaturada kislorodyň molekulalarynyň aýlanma hereketiniň energiýasyny tapmaly.
 $\left[E = 1,38 \cdot 10^{-21} \text{ J} \right]$.

- 3.32. $t = 27^{\circ}C$ temperaturada massasy $m=44g$ kömürturşy gazynyň molekularynyň doly kinetik energiýasyny kesgitlemeli. $[E = 7,48 kJ]$.
- 3.33. $t = 137^{\circ}C$ temperaturada azotyň molekulasynyň öňe bolan hereketiniň ortaça energiýasyny hasaplamaly. $[E = 8,5 \cdot 10^{-20} J]$.
- 3.34. Geliýniň adibata görkezijisiniň kömürturşy gazyny adibata görkezijisinden näçe esse köpdigini hasaplamaly. $[1,25 esse]$.
- 3.35. Massasy $m = 100g$ bolan suw bugunyň temperaturasy hemişelik göwürümde $T=20K$ ýokarlandyrylanda içki energiýanyň ulalmasyny hasaplamaly. $[\Delta U = 2,77 kJ]$.
- 3.36. Massasy $m=20g$ bolan wodorody hemişelik basyşda gyzdymak üçin $Q = 2,94 kJ$ ýylylyk berildi. Gazynyň temperaturasy näçe üýtgär? $[\Delta T = 10,1K]$.
- 3.37. Şol bir temperaturada wodorodyň molekulasynyň orta kwadrat tizligi kislorodyň molekulasynyň orta kwadrat tizliginden näçe esse uly? $[4 esse]$.
- 3.38. Molekulasynyň effektiv diametri $0,36 nm$ bolan normal şertlerdäki kislorod üçin ýylylyk geçirijiligiň koeffisiýentini tapmaly. $[8,49 \cdot mWt/(m \cdot K)]$.
- 3.39. Kislorodyň we kömürturşy gazynyň temperaturalary we basyşlary deň. Gazlaryň molekularynyň effektiv diametrleri deňişlilikde $0,35 nm$ we $0,40 nm$. Bu gazlar üçin diffuziýa koeffisiýentleriniň D_1/D_2 gatnaşyklaryny we içki sürtülme koeffisiýentleriniň η_1 / η_2 gatnaşyklaryny tapmaly. $[1) \frac{D_1}{D_2} = 1,5; 2) \eta_1 / \eta_2 = 1,1]$.

- 3.40. Normal şertlerde kislorodyň D diffuziýa koeffisiýentini kesgitlemeli. Kislorodyň molekulasyň effektiv diametri $0,36 \text{ nm}$. $\left[9,18 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 / \text{s} \right]$.
- 3.41. Temperaturasý $t=27^\circ\text{C}$, basyşy $p=3 \cdot 10^{-8} \text{ mm}$ simap süti bolan wodorodyň molekulasy üçin erkin ýoluň uzynlygyny kesgitlemeli. Wodorodyň molekulasyň diametrini $d=2,3 \cdot 10^{-8} \text{ sm}$ diýip kabul etmeli. $\left[\lambda = 4,4 \text{ km} \right]$.
- 3.42. Basyşy $p=50 \text{ atm}$, temperaturasý $t=17^\circ\text{C}$ bolan gazyň molekulalarynyň çakyşmasynyň ortaça sany $z=1,65 \cdot 10^{11} / \text{s}$ bolan kömürturşy gazynyň molekulasyň effektiv diametrini tapmaly. $\left[d = 2.7 \text{ nm} \right]$.
- 3.43. Temperaturasý $t=7^\circ\text{C}$, massasy $m=1 \text{ g}$ bolan wodorod izotermiki giňelmede göwrümini üç esse ulaltdy. Giňelmäniň işini kesgitlemeli. $\left[A = 1,28 \text{ kJ} \right]$.
- 3.44. Massasy $m=200 \text{ g}$ bolan simabyň bugy hemişelik basyşda gyzdyrylýar. Netijede onuň temperaturasý $\Delta T=100 \text{ K}$ ýokarlanýar. Bugun içki energiýasynyň ulalmasyny we giňelmäniň işini kesgitlemeli. $\left[\Delta U = 1,245 \text{ kJ}; A = 831 \text{ J} \right]$.
- 3.45. Maddasynyň mukdary $\nu = 2 \text{ mol}$ bolan kömürturşy gazy adibatiki giňelme netijesinde temperaturasyny $\Delta t = 20^\circ\text{C}$ peseltdi. Gazyň eden işini tapmaly. $\left[A = 997 \text{ J} \right]$.
- 3.46. Biratomly gaz $p=90 \text{ kPa}$ hemişelik basyşda gyzdyryldy we onuň göwrümi $\Delta V = 2 \text{ m}^3$ ululyga giňeldi.
- 1) Gazyň eden işini tapmaly;
 - 2) Içki energiýanyň ΔU üýtgemesini tapmaly;
 - 3) Gaza berlen Q ýylylyk mukdaryny tapmaly. $\left[1) 180 \text{ kJ}; 270 \text{ kJ}; 450 \text{ kJ} \right]$.
- 3.47. Basyşy $p=0,15 \text{ MPa}$ bolan üç litr kislorod berlen.

- 1) Hemişelik göwrümde basyşy iki esse ulaltmak üçin kisloroda näçe ýylylyk mukdaryny bermeli?
- 2) Hemişelik basyşda göwrümi iki esse ulaltmak üçin kisloroda näçe ýylylyk mukdaryny bermeli?
[1) $1,125 \text{ J}$; 2) $1,575 \text{ J}$].
- 3.48. Ikiatomly gaz izobariki giňeldilende $A = 16,2 \text{ kJ}$ iş edildi. Gaza berlen ýylylyk mukdaryny tapmaly.
[$56,7 \text{ kJ}$].
- 3.49. Massasy $m = 0,32 \text{ kg}$ kisloroda $Q = 30 \text{ kJ}$ ýylylyk berip $\Delta T = 100 \text{ K}$ temperatura gyzdyryldy. Gazyň içki energiýasynyň ΔU üýtgemegini we gazyň eden A işini tapmaly. [$20,8 \text{ kJ}$; $8,23 \text{ kJ}$].
- 3.50. Massasy $m = 1 \text{ kg}$ bolan kislorodyň temperaturasy $T = 290 \text{ K}$. Kislorody ideal gaz hasaplap, onuň içki energiýasyny we kislorodyň molekulalarynyň aýlanma hereketiniň orta kinetik energiýasyny tapmaly.
[1) $188,3 \cdot 10^3 \text{ J}$; 2) 10^{-20} J].
- 3.51. Azoty ideal gaz hasaplap izobar prosess we izohor prosessler üçin udel ýylylyk sygymalaryny tapmaly.
[1) $c_v = 742 \text{ J} / (\text{kg} \cdot \text{K})$; 2) $c_p = 1,04 \text{ J} / (\text{kg} \cdot \text{K})$].
- 3.52. Özünde $m_1 = 8 \text{ g}$ geliýni we $m_2 = 2 \text{ g}$ wodorody saklaýan gaz garyndysynyň adibata görkezijisini tapmaly.
[$1,55$].
- 3.53. 400 K temperaturaly azot adibatk giňelme netijesinde göwrümini 3 esse köpeltди we içki energiýasy 4 kJ artды. Azotyň massasyny tapmaly. [28 g].
- 3.54. Bir mol ideal gaz $pV^2 = \text{const}$ kanun bilen giňelýän bolsa gaz gyzarmy ýa-da sowar? Gazyň bu prosessdäki C molýar ýylylyk sygymyny tapmaly. [1) sowar; 2) $C = (\frac{i}{2} - 1) R$].

- 3.55. Normal atmosfera basyşyndaky $V=10 \ell$ göwrümlü howa 1ℓ göwrüme çenli adibatiki gysyldy. Gysylmadan soňky basyşy tapmaly. $[p = 2,53 \text{ MPa}]$.
- 3.56. Massasy $m=110 \text{ g}$ bolan kömürturşy gazy adibatiki gysylma netijesinde temperaturasyny $\Delta T=10 \text{ K}$ peseltdi. Gysylmanyň işini kesgitlemeli. $[A = 620 \text{ J}]$.
- 3.57. Gaz Karnonyň aýlawly prosessini geçýär. Gyzdyrytjynyň absolýut temperaturasy T_1 sowadyjynyň T_2 temperaturasyndan 2 esse köp. Aýlawly prosessiň PTK -i tapmaly $[\eta = 50 \ %]$.
- 3.58. Kastro ýagy radiusy $r=0,5 \text{ mm}$ turbajyk boýunça $\Delta h = 49 \text{ mm}$ belentlige göterilýär. Öllenmäni doly hasaplap ýagyň üst dartyş koeffisiýentini tapmaly. $[\sigma = 33,3 \text{ mN/m}]$.
- 3.59. Içki diametri $d=0,4 \text{ mm}$, bolan ösümligiň baldagy boýunça suwuň näçe belentlige göteriljekdigini tapmaly. Öllenmäni doly hasaplamaly. $[73,5 \text{ mm}]$.
- 3.60. Göwrümi $V = 20 \ell$ gapda 290 K temperaturada $m = 1 \text{ kg}$ massaly kömürturşy gaz bar. Maglumatlardan peýdalanyň real gaz üçin we ideal gaz üçin basyşy hasaplamaly. a we b ululyklaryň bahalary deňişlikde $0,365 \text{ Nm}^4/\text{mol}^2$ we $4,3 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{mol}$. [1) $2,44 \text{ MPa}$; 2) $2,76 \text{ MPa}$].
- 3.61. 2 mol mukdardaky kislorodyň göwrümi $V = 1 \ell$. Gaz $V_2 = 10 \ell$ göwrüme çenli adibatik giňeldilende onuň temperaturasy näçe üýtgär? a ululygyň bahasy $0,136 \text{ Nm}^4/\text{mol}$. $[-11,8 \text{ K}]$.
- 3.62. Sabynyň köpürjiginiň diametrini $d_1 = 2 \text{ sm}$ –den $d_2 = 6 \text{ sm}$ –e ulaltmak üçin näçe iş etmeli? Prosesi izotermik hasaplamaly. Sabyn

garyndysynyň üst dartuwyny 40 mN/m kabul etmeli.
[0,8 m J].

- 3.63. D diametrli silindrik gabyň gapdal üstüne d diametrli we ℓ uzynlykly kapilýar gorizonta ýagdaýda berkidilen. Gaba η dinamiki şepbeşikligi bolan suwuklyk guýulýar. Kapilýardan suwuklygyň ýokarsyna çenli h belentlige bagly suwuklygyň derejesiniň \mathcal{Q} peseliş tizligini kesgitlemeli.

4-nji bölüm.

ELEKTROSTATIKA we HEMIŞELIK TOK. 4 Ç MESELELER

- 4.11. Massalary $m=30\text{ kg}$, göwrümleri deň bolan şarjagazlara biratly deň zarýadlar berlen. Zarýadlaryň özara itekleýji güýji grawitasiýanyň dartysma güýçlerine deň bolanda her şarjagaza berlen q zarýady kesgitlemeli. Şarjagazlary material nokat ýaly kabul etmeli. $[q = 2,58 \cdot 10^{-9}\text{ K1}]$.
- 4.12. Üç sany $q_1=q_2=q_3=1\text{ nKl}$ birmeňzeş položitel zarýadlar deňýanly üçburçlyklaryň depelerinde ýerleşdirilen. Zarýadlaryň özara itekleşme güýçlerini deňagramlaşdyrmak üçin üçburçlygyň merkezinde nähili otrisatel zarýad ýerleşdirmeli ? $[q = 0,33\text{ nK1}]$.
- 4.13. Zarýadlary $q_1=2\text{ nKl}$ we $q_2=1\text{ nKl}$ bolan, suwda ýerleşdirilen zarýadlaryň täsir güýçleri $F=0,5\text{ mN}$. Zarýadlaryň arasyndak uzaklygy kesgitlemeli. $[r = 0,67\text{ mm}]$.
- 4.14. Wodorod atomynyň elementar teoriýasynda elektron ýadronyň daşyndan tegelek orbita boýunça aýlanýar. Eger orbitanyň radiusy $r=5,3 \cdot 10^{-8}\text{ sm}$ bolsa elektronyň aýlanyş ýygylgyny kesgitlemeli. $[n = 6,58 \cdot 10^{15}\text{ 1/c}]$.
- 4.15. Massasy $m=0,1\text{ g}$, q zarýadly şarjagaz inçejik sapakdan asylan. Onuň $r=7\text{ sm}$ aşagynda şonuň ýaly zarýad ýerleşdirilende ýüpjagazyň dartuw güýji 2 esse azalýar. Şarjagazyň zarýadyny tapmaly. $[q = 1,63 \cdot 10^{-8}\text{ K1}]$.
- 4.16. $q_1 = 100\text{ nKl}$ we $q_2 = -50\text{ nKl}$ zarýadlaryň arasyndaky uzaklyk $d = 10\text{ sm}$ q_1 zarýaddan

$r_2 = 10 \text{ sm}$ aralykda ýerleşen $q_3 = 1 \text{ mKl}$ zarýada täsir etjek güýji tapmaly. $[F = 0,41 \text{ mN}]$.

- 4.17. Güýjenmesi $F = 20 \text{ kW/m}$ bolan elektrik meýdanynyň güýç çyzyklaryna ugurdaş, $\mathcal{G} = 1,2 \cdot 10 \text{ m/s}$ başlangyç tizlik elektron girýär.

Elektronyň aljak tizlenmesini we $t = 0,1 \text{ ns}$ wagtdan soňky tizligini tapmaly.
 $[a = -3,51 \cdot 10^{15} \text{ m/s}^2; \mathcal{G} = 849 \text{ km/s}]$.

- 4.18. $d = 30 \text{ nKl}$ nokatlanç zarýad özünüň meýdanynnda ýerleşen $q_1 = 1 \text{ nKl}$ zarýada $F = 0,2 \text{ mN}$ güýç bilen täsir edýär. Nokatdaky elektrik meýdanynyň güýjenmesini, potensialyny we zarýadlaryň arasyndaky uzaklygy tapmaly.
 $[E = 200 \text{ kW/m}, \varphi = 7,3 \text{ kW}, r = 3,68 \text{ sm}]$.

- 4.19. $l q_1 = 1 \text{ nKl}$ we $q_2 = -3 \text{ nKl}$ zarýadlazar $l = 20 \text{ sm}$ aralykda ýerleşýärler. Zarýadlary birleşdirýän göniniň dowamynda, birinji zarýaddan $r = 10 \text{ sm}$ aralykda ýerleşen nokat üçin elektrik meýdanyň güýjenmesini we potensialyny tapmaly.

$$\left[E = 1,2 \frac{\text{kW}}{\text{m}}; \varphi = 0 \right].$$

- 4.20 $q_1 = 30 \text{ nk1}$ we 30 nk1 zarýadlar $l = 25 \text{ sm}$ aralykda ýerleşýärler. Zarýadlary birleşdirýän göniniň üstünde ýerleşen we birinji zarýaddan $r = 5 \text{ sm}$ aralykda ýerleşen nokat üçin elektrik meýdanynyň güýjenmesini we potensialyny tapmaly.

$$\left[E = 115 \frac{\text{kW}}{\text{m}}; \varphi = 4,05 \text{ kW} \right].$$

- 4.21. $q = 1 \text{ nKl}$ zarýad meýdanyň güýjüniň täsiri bilen bir nokatdan beýleki nokada süýşýär we $A = 0,2 \text{ mkJ}$ iş edýär. Başky we soňky nokatlaryň arasyndaky

- potensiallaryň tapawudyny tapmaly.
 $[\varphi = 200W]$
- 4.22. $v = 20 \cdot 10^4 \text{ m/s}$ tizligi almak üçin elektyron näçe potensiallaryň tapawudyny geçmeli?
 $[\varphi = 0,114 W]$.
- 4.23. Başlangyç tizligi $v = 10^6 \text{ m/s}$ bolan elektron $E = 100 \text{ W/m}$ güýjenmeli elektrik meýdanyna güýjenme çyzyklaryň garşylykly tarapyna girýär $t = 10 \text{ ns}$ wagtdan soňky elektronyň energiýasyny tapmaly. $[E_k = 6,33 \cdot 10^{-10} J]$.
- 4.24. $q_1 = 1 \text{ mKl}$ we $q_2 = 2 \text{ mKl}$ zaryadlaryň arasy $r_1 = 40 \text{ sm}$. Zaryadlaryň arasy $r_2 = 20 \text{ sm}$ bolar ýaly süýşürmek üçin näçe iş etmel $[A = 45 \text{ mJ}]$.
- 4.25. q_1 nokatlanç zaryadyň meýdanynda ondan $r_1 = 5 \text{ sm}$ aralykda ýerleşen $q_2 = 1 \text{ mKl}$ zaryad güýjenme çyzyklarynyň ugry boýunça $s = 5 \text{ sm}$ aralygy geçip $A = 1,8 \text{ mJ}$ iş etdi. q_1 zaryady tapmaly.
 $[q_1 = 20 \text{ nKl}]$.
- 4.26. Gorizontel tekiz kondensatoryň meýdanynda massasy $m = 0,01 \text{ kg}$ bolan suwuklygyň zaryadly damjasy deňagramly saklanýar.
 Kondensatorynyň arasy $q = 4 \text{ mm}$, potensiallaryň tapawudy $U = 200 \text{ W}$. Damjanyň zaryadyny kesgitlemeli. $[q_1 = 1,96 \text{ mKl}]$.
- 4.27. Tekiz kondensatoryň plastinkasynyň meýdany $S = 100 \text{ sm}^2$, plastinkalarynyň arasyndaky uzaklyk $d = 2 \text{ mm}$. Plastinkalar $U = 400 \text{ W}$ potensiallaryň tapawudyna çenli zaryadlanan. Dielektrik howa

bolanda kondensatoryň meýdanynyň energiýasyny tapmaly. $[E = 3,54 \text{ mJ}]$.

4.38. Udel zarýady $q/m = 4 \cdot 10^6 \text{ K1/kg}$ bolan zarýadly bölejik käbir potentsiallaryň tapawudyny geçip $\mathcal{G} = 2 \cdot 10^6 \text{ m/s}$ tizlige eýe boldy. Potensiallaryň tapawudyny tapmaly. $[U = 500 \text{ kV}]$.

4.29. Tekiz kondensatoryň plastinalarynyň arasynda jebis ebonit plastinasy ýerleşdirilgikä kondensator $U = 60 \text{ W}$ potentsiallaryň tapawudyna çenli zarýadlandyrylan. Ebonit plastina aýrylsa potentsiallaryň tapawudy näçe bolar? $[U = 180 \text{ W}]$.

4.30. Tekiz kondensatoryň potentsiallarynyň tapawudy $U = 120 \text{ W}$, plastinanyň meýdany $S = 100 \text{ sm}$, plastinalaryň arasy $d = 3 \text{ mm}$. Plastinalaryň arasynda howa bolanda her plastinanyň zarýadyny kesgitlemeli $[d = 3.54 \text{ nK1}]$.

4.31. Sygymy $C = 0,5 \text{ mK1}$ bolan kondensatora $q = 3 \text{ mK1}$ zarýad berlen. Kondensatoryň meýdanynyň energiýasyny kesgitlemeli. $[9 \text{ J}]$.

4.32. Sygymlary $C_1 = C_2 = 100 \text{ NF}$ bolan iki howaly kondensator yzygider birikdirilen. Bir kondensatoryň giňişligi ebonite doldurylsa umumy sygym nähili üýtgär? $[1,5 \text{ esse köpeler}]$.

4.33. $R_1 = 12 \text{ Om}$, $R_2 = 4 \text{ Om}$, $R_3 = 10 \text{ Om}$ garşylyklar parallel birikdirilen. Umumy tok güýji $I = 0,3 \text{ A}$. R_3 garşylykdan akýan togy tapmaly. $[I_3 = 60 \text{ mA}]$.

4.34. $EHG\text{-leri}$ $E_1 = 1,6 \text{ W}$ we $E_2 = 2 \text{ W}$, içki garşylykly $r_1 = 0,3 \text{ Om}$, $r_2 = 0,2 \text{ Om}$, bolan tok çeşmeleri yzygider birikdirilen we zynjyrdan $I = 0,4 \text{ A}$ tok

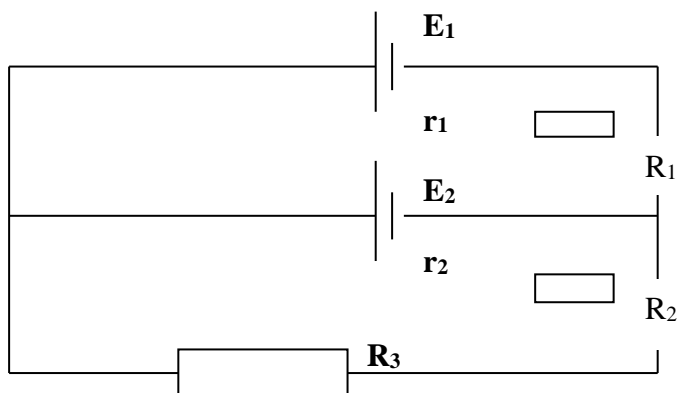
akýar. Daşky zynjyryň garşylygyny tapmaly.
 $[J = 1,18 \cdot 10^{-7} \text{ A/m}^2]$. $[R = 8,5 \text{ Om}]$.

4.35. Garşylygy $r = 0,02 \text{ Om}$ bolan ampermetr $I = I_A$ togy ölçemäge niýetlenen. Onuň bilen $I_1 = 10 \text{ A}$ togy ölçemek üçin näçe garşylykly şunt ulanmaly $[r_1 = 2,22 \text{m Om}]$.

4.36. Uzynlygy $l = 5 \text{ m}$ mis simiň uçlaryna $U = l W$ naprýaženiýe goýlan. Simdäki toguň dykyzlygyny kesgitlemeli. $[j = 1,18 \cdot 10^7 \text{ A/m}^2]$.

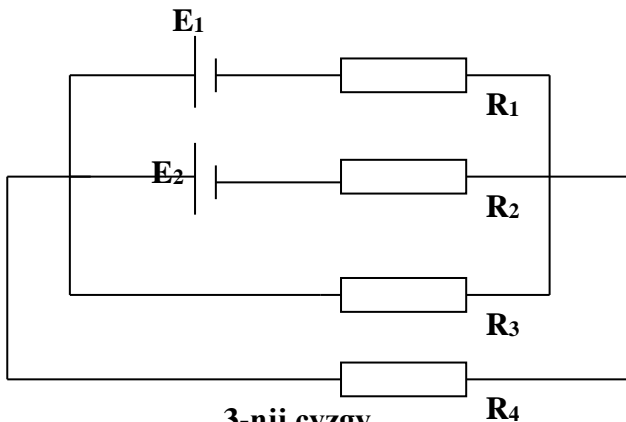
4.37. Garşylygy $R = 3 \text{ Om}$ geçirijidäki naprýaženiýe 20 s dowamynda bahadan $U_2 = 4 \text{ W}$ çenli artýar. Geçirijiniň geçen zarýadyň mukdaryny kesgitlemeli. $[q = 20 \text{ KI}]$.

4.38. 2-nji çyzgydaky shemada $E_1 = 5 \text{ W}$, $R_1 = 1 \text{ Om}$, $E_2 = 3 \text{ W}$, $R_2 = 0,5 \text{ Om}$, $R = 3 \text{ Om}$ bolanda R garşylykdaky naprýaženiýanyň peselmesini tapmaly. $[U = 3,3 \text{ W}]$.



2-nji çyzgy.

- 4.39. 3-nji çyzgydaky $E_1 = 10\text{ W}$, $E_2 = 4\text{ W}$,
 $R_1 = 2\text{ Om}$, $R_2 = R_3 = 4\text{ Om}$ we
 $R_4 = 2\text{ Om}$. Rezistorlardaky naprýaženiýeleri tapmaly.
 Içki garşylyklary hasaba almaly däl.
 ($U_1 = 6\text{ W}$, $U_2 = 0$, $U_3 = 4\text{ W}$, $U_4 = 4\text{ W}$).



- 4.40. Hersiniň içki garlyşygy $r = 2\text{ Om}$, EHG-leri
 $E_1 = 8\text{ W}$, $E_2 = 3\text{ W}$, $E_3 = 4\text{ W}$ bolan batereýalaryň
 meňzeş polýuslary özara birleşdiriler. Batareýalaryň
 üstünden geçýän toklary tapmaly.
 $[I_1 = 1,5\text{ A}; I_2 = 1\text{ A}; I_3 = 0,5\text{ A}]$.

- 4.41. Tok çeşmesi, woltmetr we $R_1 = 5\text{ Om}$ resistor parallel
 birikdirilende woltmetr $U_2 = 10\text{ W}$ görkezýär.
 Rezistor $R_2 = 12\text{ Om}$ garşylyk bilen çarşyrylanda
 woltmetr $U_2 = 12\text{ W}$ görkezýär. Woltmetrden geçýän
 togy hasaba alman EHG- i we çeşmäniň içki
 garşylygyny kesgitlemeli. $[E = 14\text{ W}, r = 2\text{ Om}]$.

- 4.42. Kuwwaty $P = 60\text{ Wt}$ bolan $U = 12\text{ W}$ naprýaženiýä
 niýetlenen çyra $U_1 = 220\text{ W}$ naprýaženiýä
 birikdirilende kadaly ýanmagy üçin oňa yzygider

nähili goşmaça garşylyk birikdirmeli? Ol goşmaça garşylygy ýasamak üçin diametri $d = 0,5 \text{ mm}$ bolan nirom simden näçe metr almaly? $[R = 200 \text{ Om}; i = 39,3 \text{ m}]$.

4.43. $I = 10 \text{ A}$ tok sarp edýän elektrodwigatel $U = 220 \text{ W}$ naprýaženiýe berýän generatordan $l = 2 \text{ km}$ $l = 2 \text{ km}$ uzynlykda ýerleşýär. Simdäki ýitgileriň 8% bolmagy üçin birikdiriji mis simiň kese kesiginiň meýdany näçe bolmaly? $[S = 38,8 \text{ mm}^2]$.

4.44. Göwrümi $V = IL$, temperaturasy $t_l = 10^0 \text{ C}$ bolan suwy 15 minutda gaýnadar ýaly kipýatylmak ýasamak üçin kese kesiginiň meýdany $S = 0,05 \text{ mm}^2$ bolan nikelin näçe metrini almaly? Setiň naprýaženiýesi $U = 110 \text{ W}$, kipýatylmagyň $PTK - sy \eta = 60 \%$ $[I = 2,2 \text{ m}]$.

4.45. $U = 220 \text{ W}$ naprýaženiýede işläp suw göterýän nasosy işledýän elektrodwigatel $t = 6$ sagatda $V = 30 \text{ m}^3$ suwy $h = 20 \text{ m}$ belentlige göterýär. Gurluşyň PTK -ti $\eta = 80 \%$. Elektrodwigateliň kuwwatyny we ondaky tok güýjüni tapmaly. $[1) 340 \text{ Wt}; 2) 1,54 \text{ A}]$.

4.46. Uzynlygy $t = 2 \text{ m}$, kese kesiginiň meýdany $S = 0,4 \text{ mm}^2$ bolan mis simden tok geçip sekuntda $Q = 0,351 \text{ J}$ ýylylyk bölüp çykarýar. $t = 1 \text{ s}$ wagtda simiň kese kesiginden näçe elektron geçýär? $[N = 1,27 \cdot 10^{19} 1/s]$.

4.47. Temperaturanyň tapawudy $\Delta t = 50^0 \text{ C}$, garşylygy $r = 80 \text{ Om}$ bolan termopara garşylygy $r_2 = 8 \text{ Om}$ galwanometre birikdirilende $I = 26 \text{ mA}$ tok geçýär. Termoparanyň hemişeligini tapmaly. $[a = 43,8 \text{ mW/K}]$.

- 4.48. Mis-konstantan termoparanyň garşylygy $r_2 = 10 \text{ Om}$. Oňa birikdirilen galwanometriň garşylygy $r_2 = 100 \text{ Om}$. Termoparanyň bir ujynyň temperaturasy $t_1 = 22^\circ \text{C}$, hemişeligi $a = 43 \text{ mk W/K}$ we geçýän tok $I = 6,25 \text{ mkA}$ bolanda termoparanyň ikinji ujynyň temperaturasyny kesgitlemeli [$t_2 = 37^\circ \text{C}$].
- 4.49. Elektronyň wolframdan çykyş işi $4,5 \text{ eW}$. Temperatura $2000 - \text{den } 2500 \text{ K}$ çenli ösende doýgun toguň dykyzlygy näçe esse öser? [290 esse].
- 4.50. Elektronyň metaldan çykyş işi $2,5 \text{ eW}$. Metaldan çykan elektronlaryň energiýasy 10^{-18} J bolanda elektronyň tizligini tapmaly.
- 4.51. Tekiz kondensatoryň arasyndaky howa rentgen şöhlesi bilen ionlaşdyrylýar. Plastinalaryň arasyndaky toguň güýji 10 mk A . Kondensatoryň her plastinasynyň meýdany 200 sm^2 , olaryň arasyndaky uzaklyk 1 sm . Potensiallaryň tapawudy 100 W . Ionlaryň süýşijiligi: $e_+ = 1,4 \text{ sm}^2 / (\text{W} \cdot \text{s})$ – položitel ionlar üçin; $e_- = 1,9 \text{ sm}^2 / (\text{W} \cdot \text{s})$ – otrisatel ionlar üçin. Her ionyň zarýady elementar zarýada deň. Toguň doýgun däl bahalary üçin jübüt ionlaryň konsentrasiýasyny tapmaly. [$9,5 \cdot 10^{14} \text{ m}^{-3}$].
- 4.52. Özbaşdak däl gaz zarýadsyzlanmasynda doýgun toguň bahasy $9,6 \text{ pA}$. Daşky ionlaşdyryjynyň 1 sekuntda döredýän jübüt ionlarynyň sanyny kesgitlemeli. [$3 \cdot 10^7$].

5-nji Bölüm.
ELEKTROMAGNETİZM.
5 Ç. MESELELER

- 5.8. Iki göni parallel simlerden garşylykly taraplara $I_1 = I_2 = 3A$ tok akýar. Simleriň arasy $l = 8\text{ sm}$. Simleri birleşdirýän göniniň üstünde ýatýan we birinji simden $r = 2\text{ sm}$ aralykda ýerleşen nokadyň magnit induksiýasyny hasaplamaly. $[B = 20\text{ mk Tl}]$.
- 5.9. Iki göni parallel simlerden şol bir tarapa $I_1 = I_2 = 10\text{ A}$ tok akýar. Simleriň arasy $l = 40\text{ sm}$. Simleri birleşdirýän göniniň dowamynda, ikinji simden $r = 10\text{ sm}$ aralykda ýerleşen nokadyň magnit induksiýasyny hasaplamaly. $[B = 24\text{ mk Tl}]$.
- 5.10. Garşylygy $r = 5\text{ Om}$ bolan simden ýasalan halkanyň uçlaryndaky naprýaženiýe $U = 3W$. Halkanyň merkezindäki magnit induksiýasy $B = 3\text{mkTl}$ Halkanyň radiusyny tapmaly. $[R = 12,6\text{ sm}]$.
- 5.11. Sargylarynyň sany $N = 5$, radiusy $R = 10\text{ sm}$ bolan gysga tegekdin $I = 2A$ tok geçýär. Tegegiň merkezindäki magnit meýdanynyň induksiýasyny tapmaly. $[B = 62,8\text{ mk Tl}]$.
- 5.12. Uzynlygy $l = 10\text{ sm}$, garşylygy $R = 30\text{ Om}$, sarymlarynyň sany $N = 200$ bolan solenoidiň uçlaryna $U = 6W$ naprýaženiýa goýlan. Solenoidiň birlik uzynlygyndaky sarymlaryň sanyny tapmaly. $[n = 5 \cdot 10^3\text{ 1/m}]$.
- 5.13. Diametri $d = 0,8\text{ mm}$ bolan simden ýasalan bir gat sarymly solenoidiň garşylygy $R = 10\text{ Om}$. Onuň uçlaryndaky naprýaženiýe $U = 10\text{ W}$. Solenoidiň magnit induksiýasyny tapmaly. $[B = 1,57\text{mTl}]$.

- 5.14. Uzynlygy $l = 12 \text{ sm}$, togy $I = 0,5 \text{ A}$ bolan göni geçirilji magnit meýdanyň ugruna $\alpha = 45^\circ$ burç bilen ýerleşdirilen. Geçirjä täsir edýän güýç $F = 4,23 \text{ mN}$ bolanda magnit induksiýasyny tapmaly. $[B = 0,1 \text{ T}]$.
- 5.15. $I = 0,1 \text{ A}$ tokly göni geçiriji $B = 60 \text{ mT}$ induksiýaly magnit meýdanynda ýerleşdirilende oňa $F = 2 \text{ mN}$ güýç täsir edýär. Sim bilen magnit meýdanyň arasyndaky burç göni bolanda simiň uzynlygyny tapmaly. $[t = 33,3 \text{ sm}]$.
- 5.16. Iki parallel geçirijiden birmeňzeş toklar akýar. Geçirijileriň arasy $d = 10 \text{ mm}$. Simleriň 1 metirine täsir edýän güýç $F = 0,02 \text{ N}$ bolanda geçirijilerdäki togy tapmaly. $[31,6 \text{ A}]$
- 5.17. Iki parallel geçirijilerde $I_1 = 5 \text{ A}$ we $I_2 = 3 \text{ A}$ tok geçýär. Geçirijileriň arasy $r_1 = 10 \text{ sm}$. Simleriň 1 metirine täsir edýän güýji tapmaly. Simleriň arasy $r_2 = 30 \text{ sm}$ edilse güýç nähili üýtgär? $[F_1 = 30 \text{ mN/m; 3 esse azalar}]$.
- 5.18. Meýdany $S = 6 \text{ sm}^2$, togy $I = 2 \text{ A}$ bolan ramka $B = 3 \text{ mT}$ induksiýaly magnit meýdanyna ýerleşdirilen. In uly aýlandyryjy moment tapmaly. $[M = 3,6 \cdot 10^{-6} \text{ N.m}]$.
- 5.19. $I = 10 \text{ A}$ tokly ramka $B = 20 \text{ mT}$ induksiýaly magnit meýdanyna ýerleşdirilende oňa $M = 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{m}$ aýlandyryjy moment täsir edýär. Ramkanyň tekizligi magnit güýç çyzyklaryna parallel. Ramkanyň meýdanyny tapmaly. $[S = 50 \text{ sm}^2]$.
- 5.20. Taraplary $a = 8 \text{ sm}$ bolan kese kesigi kwadrat görnüşli gysga sargylarynyň sany $N = 600$. Tegekten

$I = IA$ tok geçende onuň aýlandyryjy momentini tapmaly. $[\rho = 3,84 \text{Am}^2]$.

5.21. Induksiýasy $B = 0,2 \text{Tl}$ bolan magnit meýdanynda proton $r = 2 \text{mm}$ radiusly töwerek boýunça aýlanýar. Protonyň kinetic energiýasyny tapmaly. $[E_k = 1,23 \cdot 10^{-12}]$.

5.22. Elektron $U = 1 \text{kW}$ tizlendiriji potensiallaryň tapawudyny geçip induksiýasy $B = 2 \text{mTl}$ bolan magnit meýdanyna $\alpha = 45^\circ$ burç bilen girýär. Elektronu täsir etjek güýji tapmaly. $[F = 4,2 \text{IN}]$.

5.23. $\vartheta = 2 \cdot 10^6 \text{m/s}$ tizlikli proton induksiýasy $B = 2 \text{mTl}$ bolan magnit meýdanyna induksiýanyň ugruna perpendikulýar ugur boýunça girýär. Protonyň magnit meýdanyndaky tizlenmesini tapmaly. $[a = 3,84 \cdot 10^{11} \text{m/s}^2]$.

5.24. Elektron induksiýasy $B = 2 \text{mTl}$ bolan magnit meýdanynda $\vartheta = 2 \cdot 10^6 \text{m/s}$ tizlik bilen töwerek boýunça aýlanýar. Töweregiň radiusyny tapmaly. $[R = 5,7 \text{mm}]$.

5.25. Proton $U = 600 \text{W}$ tizlendiriji potensiallaryň tapawudyny geçip $I = 10 \text{A}$ tokly uzyn geçirijä parallel hereket edýär. Proton bilen geçirijiniň arasy $r = 2 \text{mm}$ bolanda protona täsir edýän güýji kesgitlemeli. $[F = 17 \cdot 10^{-10} \text{N}]$.

5.26. Uzynlygy $\ell = 20 \text{m}$, kese kesiginiň meýdany $s = I \text{sm}^2$, sargylarynyň sany $N = 500$ bolan solenoidden $I = 2 \text{A}$ tok geçýär. Serdeçnik magnitsiz bolanda tegegiň magnit akymyny tapmaly. $[\Phi = 0,1 \text{ImkWb}]$.

5.27. Göwrümi $V = 500 \text{sm}^3$, 1 metrindäki sargylaryň sany $n = 10^4$ bolan solenoidde tok köpelende $E_0 = IW$ öz-özünde induksiýanyň EHG -i döreýär. Serdeçnik

magnitsiz bolanda ondaky toguň we magnit akymynyň üýtgemesini tapmaly.

$$[dI/dt = 15,9 \text{ A/s}; d\Phi/dt = 1,0 \text{ Wb/s}].$$

- 5.28. Ýapyk kontury kesip geçýän magnit akymy $\Delta t = 0,001$ sekuntda 10^{-2} -den $6 \cdot 10^{-2}$ webere çenli ösýär. Konturda ýüze çykjak induksiýanyň *EHG-iň* ortaça bahasyny tapmaly. $[\varepsilon_{\text{or}} = 50 \text{ W}]$.
- 5.29. Tegekle $\Delta t = 0,3$ sekunt wagtyň dowamynda tok güýji $I_1 = 0$ –dan $I_2 = 2 \text{ A}$ baha çenli üýtgeýär we onuň uçlarynda $\varepsilon_0 = 6 \text{ W}$ öz-özünde induksiýanyň *EHG-si* ýüze çykýar. Tegegiň induktiwligini tapmaly. $[L = 0,9 \text{ Gn}]$.
- 5.30. Sargylary biri-birine jebs ýerleşdirilen, 200 sargyly tegekle 300 min^{-1} ýygylýk bilen $0,5 \text{ T}$ induksiýaly birhilli magnit meýdanynda aýlanýar. Tegegiň kese kesiginiň meýdany 100 cm^2 . Tegegiň aýlanma oky magnit meýdanynyň ugruna perpendikulýar. Tegekle döreýän maksimal *EHG-i* tapmaly.
- 5.31. Tok çeşmesi garşylygy 10 Om we induktiwligi $0,4 \text{ Gn}$ bolan tegekle birikdirilýär. Näçe wagtdan soň utgaşdyrma toguň güýji predel bahanyň $0,98$ bölegine deň bolar? $[0,16 \text{ s}]$.
- 5.32. Induktivlikleri $L_1 = 0,36 \text{ Gn}$ we $L_2 = 0,64 \text{ Gn}$ bolan uzynlyklary deň, kese kesikleriniň meýdanlary takmynan deň iki solenoid biri-biriniň içine jebs ýerleşdirilen. Solenoidleriň özara induktiwligini hasaplamaly. $[0,48 \text{ Gn}]$.
- 5.33. Naprýaženiýäni $U_1 = 5,5 \text{ kV}$ –dan $U_2 = 220 \text{ V}$ –a çenli peseldýän awtotransformatoryň birinji sarymynda $N_1 = 1500$ sargy bar. Ikinji sarymynyň garşylygy $R_2 = 2 \text{ Om}$. Pes naprýaženiýä birikdirilen daşky

zynjyryň garşylygy $R = 13 \text{ Om}$. Birinji sarymyň garşylygyny hasaba alman ikinji sarymdaky sargylaryň sanyny kesgitlemeli. [68].

- 5.34. Misiň içinde magnit meýdanynyň güýjenmesi $10 \frac{\text{A}}{\text{m}}$. Misiň dielektrik kabul edijiligi $|\chi| = 8,8 \cdot 10^{-8} \text{ Tl}$. Molekulýar toklaryň döredýän meýdanynyň magnit induksiýasyny hasaplamaly. $[1,11 \text{ pTl}]$.
- 5.35. Suwuk kisloroda çümdirilen, radiusy $R = 50 \text{ sm}$ bolan tegelek konturdan $1,5 \text{ A}$ tok geçýär. Suwuk kislarodyň magnit kabul edijiligi $34 \cdot 10^{-3}$. Konturyň merkezindäki magnitliliği tapmaly. $[5,1 \text{ m} \frac{\text{A}}{\text{m}}]$.
- 5.36. Diamagnit sreda-da ýerleşdirilen, 1 mGn induktiwlikli solenoidden 2 A tok geçýär. Solenoidiň uzynlygy 20 sm , kese kesiginiň meýdany 10 sm^2 , sargylarynyň sany 400 . Solenoidiň içindäki magnit induksiýasyny we magnitliliği kesgitlemeli. $[1) 5 \text{ mTl}; 2) 20 \frac{\text{A}}{\text{m}}]$.
- 5.37. $0,5 \text{ sm}$ radiusly alýumini şar birhilli magnit meýdanyna ($B_0 = 0,1 \text{ Tl}$) ýerleşdirilen. Alýumininiň magnit kabul edijiligi $2,1 \cdot 10^{-5}$. Şaryň magnit momentini tapmaly. $[8,75 \text{ mkA} \cdot \text{m}^2]$.
- 5.38. Yrgyldyly konturyň düzümdäki kondensatoryň plastinkalarynyň meýdany $S = 100 \text{ sm}^2$, plastinkalaryň arasyndaky $d = 0,1 \text{ mm}$ aralyk parafinlenen kagyz bilen doldyrylan. Konturdaky yrgyldynyň ýygylgy $\nu = 10^3 \text{ Gs}$. Konturyň tegeginiň induktiwligini tapmaly. $[L = 1 \text{ Gn}]$.
- 5.39. Tekiz howaly kondensatoryň plastinalarynyň meýdany $s = 50 \text{ sm}^2$, induktiwligi $L = 1 \text{ mGn}$ bolan yrgyldyly kontur $\lambda = 20 \text{ m}$ tolkun uzynlygyna rezonans berýär. Kondensatoryň plastinalarynyň arasyndaky uzynlygy kesgitlemeli. $[d = 0,39 \text{ mm}]$.

- 5.40. Sygymy $C = InF$ bolan kondensator uzynlygy $l=20\text{sm}$, kesiginiň meýdany $S = 0,5\text{sm}^2$, sarymlarynyň sany $N = 1000$ bolan tegek bilen parallel birikdirilen. Tegek serdeçniksiz bolanda konturdaky yrgyldynyň periodyny kesgitlemeli $[T = 3,5\text{mks}]$.
- 5.41. $\nu = 5\text{MGs}$ ýygyllykly elektromagnit tolkunyny dielektrik syzyjylygy $\varepsilon = 2$ bolan magnitli däl sredadan wakuuma geçýär. Onuň tolkun uzynlygy näçe üýtgär? $[17,6\text{m}]$.
- 5.42. Yrgyldyly konturyň kondensatorynyň plastinalaryndaky maksimal zarýad $Q_m = 50\text{nKl}$. Konturdaky maksimal tok $I_m = 1,5\text{A}$. Yrgyldyly konturyň wakuumdaky elektromagnit tolkunynyň haýsy uzynlygyna sazlanandygyny tapmaly. Konturyň aktiw garşylygy hasaba alynmaýar. $[62,8\text{m}]$.
- 5.43. Wakuumda X oky boýunça tekiz elektromagnit tolkunyny ýaýraýar. Tolkunyň elektrik meýdanynyň güýjenmesiniň amplituda bahasy $18,8\frac{\text{W}}{\text{m}}$. Tolkunyň intensiwligini, ýagny tolkunynyň ýaýraýan ugruna perpendikulýar ýerleşen birlik meýdandan wagt birliginde geçýän tolkunynyň orta energiýasyny kesgitlemeli. $[0,47\text{Wt}/\text{m}^2]$.

6-njy bölüm.
OPTIKA we ATOM FIZIKASY.
6 Ç MESELELER.

- 6.10. Linzada alnan şekiliň ölçegi predmetiň ölçeginden 5 esse uly. Predmet bilen ekranyň arasy $I = 150 \text{ sm}$. Linzanyň optiki güýjini we fokus aralygyny kesgitlemeli. $[D = 4 \text{ dptr}; f = 25 \text{ sm}]$.
- 6.11. Galyňlygy 6 sm bolan tekiz parallel aýna plastinka 35° düşme burçy bilen ýagtylyk şöhesi düşýär. Plastinkadan geçen şöhläniň gapdala süýşen aralygyny tapmaly. $[1,41 \text{ sm}]$.
- 6.12. Döwülme görkezijisi $1,6$ bolan materialdan ýasalan tekizgüberçek linzanyň optika güýji 4 dptr . Linzanyň güberçek üstüniň egrilik radiusyny kesgitlemeli. $[10 \text{ sm}]$
- 6.13. Şöhläniň düşýan üstüniň ýagtylandyrylyşynyň 50 lk bolmagy üçin 300 Wt kuwwatly lampoçkany näçe belentlikde asmaly. Ýagtylandyrylýan tagtanyň eňňitligi 35° . Lampoçkanyň ýagtylyk berijiligi 15 lm/Wt . Nokatlanç izotrop ýagtylyk çeşmesiniň doly ýagtylyk akymyny $\Phi_0 = 4\pi I$ deňlik bilen kesgitlemeli. $[2,42 \text{ m}]$.
- 6.14. Ýungyň tejribesinde yslaryň arasy $0,3 \text{ mm}$. Olar tolkun uzynlygy $0,6 \text{ mkm}$ monohromatik ýagtylyk bilen şöhlelendirilýär. Interferensiýa zoloklarynyň giňligi 1 mm bolanda yslardan ekrana çenli aralygy kesgitlemeli, $[0,5 \text{ mm}]$.
- 6.15. Aýna pahna ($n = 1,5$) monahromatik ýagtylyk ($\lambda = 698 \text{ nm}$) normal düşýär. Serpigen şöhlede goňşy interferension minimumlaryň arasy 2 mm bolanda pahnanyň üstleriniň arasyndaky burçy kesgitlemeli. $[4']$.

- 6.16. Nýutonyň halkalaryny synlamak üçin abzala monohromatik ýagtylyk şöhlesi normal düşýär. Linza bilen aýna plastikanyň arasyndaky giňişlik dury suwukluk bilen doldyrylanda serpigen şöhledäki garaňky halkalaryň radiuslary 1,21esse kiçeldi. Suwwuklygyň döwürleme görkezijisini kesgitlenmeli. [1,46].
- 6.17. Interferensiýa refraktomertiniň bir şöhlesiniň ýoluna uzynlygy 10sm , howasy sorulan turbajy ýerleşdirildi. Turbajyk hlör bilen doldyrylanda interferensiýa şekili 131 zolok aralygyna şüýşdi. Ýagtylygyň tolkun uzynlygy $0,59\text{mkm}$ bolanda hloryň döwürleme görkezijisini tapmaly. [1,000773].
- 6.18. $0,6\text{mkm}$ tolkun uzynlykly tekiz ýagtylyk tolkun deşikli tekiz diafragma normal düşýär. Diafragmanyň diametri 1sm . Aşaky şertlerde synlanýan nokatdan deşige çenli aralyklary kesgitlemeli:
- 1) deşikde Freneliň iki zonasy emele gelende:
 - 2) deşikde Freneliň üç zonasy emele gelende.
- [1) $20,8\text{m}$; 2) $13,9\text{m}$].
- 6.19. Iki kogorent ýagtylyk çeşmesiniň aralygy $d = 0,1\text{mm}$. Ekranda emele gelýän interferensiýa kartinasynyň ortasyndaky interferensiýa zolaklarynyň aralygy $e = 1\text{sm}$. Ýagtylyk çeşmesininden ekrana çenli aralyk $\ell = 2\text{m}$ bolsa ýagtylygyň tolkun uzynlygyny kesgitlemeli. [0,5 mkm].
- 6.20. Eger monohromatik ýagtylyk tolkun fronty suwda $\ell_1 = 1,33\text{mn}$ ýol geçýän bolsa ol şol wagt birliğinde wakumda näçe ýol geçer? [$\ell_2 = 1\text{m}$].
- 6.21. ýagtylyk tolkunynyň gowada ýaýraýan ugrunda $0,1\text{mm}$ galyňlykly tekiz parallel aýna plastinka ýerleşdirilen. Plastinka 30mrad burça öwrülende ýoluň optiki

uzynlygy $\frac{1}{2}\lambda$ ululyga üýtgeýär. Ýagtylyk tolkunynyň plastinka normal düşýär. $[0,6\text{ mkm}]$.

- 6.22. Ýungyň tejribesinde deşijekleriň arasy $0,8\text{ mm}$, ýagtylygyň tolkun uzynlygy 640 nm . Emele gelýän interferensiýa zolaklarynyň ini $b=2\text{mm}$ bolmagy üçin ekran deşijeklerden haýsy aralykda ýerleşdirmeli

$$[\ell = \frac{ab}{\lambda} = 2,5].$$

- 6.23. ýungyň tejribesinde ýagtylyk tolkunynyň biriniň önünde interferirleýän 3mkm galyňlykly aýna plastinka ($n=1,52$) ýerleşdirilse ekrandaky emele gelýän interferensiýa kartinasy 3 ýagty zolaga süýşýär. Ýagtylyk tolkunynyň uzynlygyny hasaplamaly. $[0,52\text{mkm}]$.

- 6.24. Aralary $0,2\text{ mm}$ bolan iki sany kogerent ýagtylyk $\lambda = 0,6\text{mkm}$ çeşmelerinden ekrana çenli aralyk 1m . Ekran emele gelýän üçünji we başynjy minimumlaryň aralygyny kesgitlemeli. $[\Delta x_{5,3} = 6\text{ mm}]$;

- 6.25. Nýutonyň halkalaryny tejribede almak üçin tekiz güberçek linza ulanylýar. Linza monohromatik ýagtylyk ($0,6\text{mkm}$) bilen ýagtylandyrylanda serpilýän ýagtylykda 5-nji we 6-njy ýagty halkalaryň aralygy $0,56\text{mm}$ deňligi kesgitlenildi. Linzanyň egrilik radiusyny kesgitlemeli. $[10,4\text{ m}]$.

- 6.26. Nýutonyň halkalaryny emele getirýän linza bilen oňa gysylan tekiz üstüň arasynda suw bar. Serpilýän ýagtylyk şöhlede Nýutonyň 4-nji gaza halkasynyň radiusyny kesgitlemeli. Ýagtylyk $[0,589\text{mkm}]$ linza normal düşýär. $[3\text{ mm}]$.

- 6.27. $0,5\text{ mkm}$ tolkun uzynlykly monohromatik ýagtylyk şöhlesi örtügininiň galyňlygy $0,1\text{ mkm}$ deň, howada ýerleşen, sabyn köpürjigine düşýär. Geçýän ýagtylykda

- sabyn köpürjiginiň örtüginin gara görünmegi üçin iň kiçi düşme burçy tapmaly. [$i_{\min} \approx 21^\circ$].
- 6.28. Ýagtylyk intensiwliginiň ikinji we başynjy maksimumlarynyň ugurlarynyň arasyndaky burç 6° . Ini 12λ bolan deşige düşýän monohromatik ýagtylyk şöhesiniň tolkun uzynlygy λ . Deşiğiň inini kesgitlemeli.
- 6.29. Difraksion kartina görünýän ekran bilen monohromatik ýagtylyk ($\lambda = 0,5\text{ mkm}$) çeşmesiniň arasynda tegelek deşikli diafragma ýerleşdirilen. Ekran bilen ýagtylyk çeşmesiniň aralygy 1 m . Deşiğiň haýsy iň kiçi diametrinde aklanda görünýän difraksion kartina gara görüner? [$d_{\min} = 1\text{ mm}$].
- 6.30. Duz kristalynyň atom tekizlikleriniň aralygy $d = 0,28\text{ nm}$. Kristala $0,147\text{ km}$ tolkun uzynlykly Rentgen şöhesi düşende birinji tertipde difraksion maksimum görünýär. Rentgen şöhesi kristala haýsy burç bilen düşýär? [$\varphi = 15,12^\circ$].
- 6.31. Tebygy ýagtylyk polýarizator geçende ýagtylygyň intensiwligi $4,5$ esse kiçeldi. Eger polýarizatoryň önünde ýene bir şonuň ýaly polýarizatory baş tekizlikleriň arasyndaky burç 60° bolsa ýagtylygyň intensiwligi näçe esse kiçeler?
- $$\left[\frac{I_o}{I_2} = \frac{1}{2} \frac{4,5^2}{\cos^2 60} = \right]$$
- 6.32. Doly polýarlama burç bilen tebygy ýagtylyk dielektrigiň üstüne düşýär. Döwülýän şöhläniň polýarlaşma derejesi $0,124$. Ýagtylygyň dielektrikden geçiş koeffisiýentini tapmaly. [$\approx 0,89$].
- 6.33. Iki nikolyň polýarizasiýa tekizliginiň arasyndaky burç 46° . Eger polýarizator ýagtylygyň intensiwligini 10% analizator 8% gowşadýan bolsa ikinji nikoldan açykýan ýagtylyk näçe esse gowşar? [$n = 5$].

6.34. Nokatlanç monohromatik ýagtylyk çeşmesinden ($\lambda = 0,5 \text{ mkm}$) 1m uzaklykda interferensiýa şekili synlanýar. Ýagtylyk çeşmesi bilen ekranyň aralygynyň ortasynda tegelek deşikli diafragma bar.

Ekrandaky difraksion şekiliň merkezi garaňky bolanda deşigin radiusyny kesgitlemeli. $[0,55 \text{ mm}]$.

6.35. Ini $0,2 \text{ mm}$ bolandan ýşa $0,5 \text{ mkm}$ tolkun uzynlykly monohromatik ýagtylyk normal düşýär. Difraksiýa şekili synlanýan ekran 1 m aralykda ýşa parallel ýerleşýär. Merkezi fraungofer maksimumynyň iki tarapynda ýerleşen birinji difraksion minimumlarynyň arasyndaky uzaklygy kesgitlemeli. $[5 \text{ m}]$.

6.36. 1 millimetrinde 400 ştrih bolan difraksion gözenege $\lambda = 700 \text{ nm}$ uzynlykly monohromatik ýagtylyk normal düşýär. Birinji difraksion maksimuma degişli şöhläniň gyşarjak burçuny tapmaly. $[\varphi = 16^\circ]$.

6.37. Difraksion gözenege normal düşýän $\lambda = 600 \text{ nm}$ tolkun uzynlykly şöhläniň başinji tertipli maksimumyna degişli burç $\varphi = 4^\circ$. $\varphi = 4^\circ$. Difraksion gözenegiň periodyny kesgitlemeli $[d = 43 \text{ mkm}]$.

6.38. Ekrandan $L = 55 \text{ sm}$ uzaklykda her millimetrine 50 ştrih düşýän difraksion gözenek ýerleşdirilen. Ekranda birinji difraksion maksimum merkezi difraksion maksimumdan $l = 1,9 \text{ sm}$ daşlykda ýerleşýär. Gözenege normal düşýän monohromatik şöhläniň tolkun uzynlygyny kesgitlemeli. $[\lambda = 690 \text{ nm}]$.

6.39. S_1 we S_2 kogerent ýagtylyk çeşmelerinden şöhleler ($\lambda = 0,8 \text{ mkm}$) ekrana düşüp interferensiýa kartinasyny emele getirýär. Şöhläniň biriniň ugruna perpendikulýar sabyn plýonkasy goýlanda ($n = 1,33$) interferensiýa kartinasy garyşylykly reňklerde bolýar. Şu hadysany döredip biljek sabyn

plýonkasynyň iň ýuka galyňlygyny tapmaly.

$$[d_m = 1,21 \text{ mkm}] .$$

6.40. Birinji tertipde kaliýniň iki spektral liniýalaryny ($\lambda_1 = 578 \text{ nm}$; $\lambda_2 = 580 \text{ nm}$) tarawutlandyryp bilýan difraksion gözenegiň hemişeligini kesgitlemeli. Gözenegiň uzynlygy 1 sm [34,6mkm].

6.41. Aýna prizmanyň ($n=1,5$) gapdalyna ýagtylyk şöhlesi normal düşýär. Prizmanyň döwüji burçy 25° bolanda prizmanyň ýagtylygy gyşartjak burçuny tapmaly. $[14^\circ 21']$.

6.42. Ýagtylyk käbir sreda-da X -aralygy geçende intensiwligi iki esse peseldi. Ýagtylyk $4X$ ýoly geçende intensiwligi näçe esse peseler? [16 esse] .

6.43. $\lambda_0 = 0,6 \text{ mkm}$ tolkun uzynlykly ýagtylyk goýberýän çeşme synlaýja tarap $\vartheta = 0,15c$ tizlik bilen hereket edýär. Synlaýjynyň kabul etjek tolkun uzynlygyny kesgitlemeli [516nm].

6.44. Döwülme görkezijisi $n=1,5$ bolan sreda-da Wawilowyň Gerenkowyň şöhledenmesiniň ýüze çykmagy üç elektronýň minimal kinetik energiýasy näçe bolmaly? [0,17MeW].

6.45. Baş tekizlikleriniň arasyndaky burç 45° bolan iki polýarizatorda geçen tebigy ýagtylygyň intensiwligi näçe esse peseler? Her nikolda düşýan şöhleleriň intensiwliginiň 5%-i ýitýär. [4,43ese].

6.46. $\lambda = 600 \text{ nm}$ tolkun uzynlykly tekiz nolýarlanan ýagtylyk şöhlesi island şpatynyň plastikasyna optiki oka perpendikulýar düşýär. Island şpaty üçin adaty we adaty däl şöhleler üçin döwülme görkeijileri deňişlilikde $n_0 = 1,66$ we $n_e = 1,49$. Bu şöhleleriň kristaldaky tolkun uzynlyklaryny kesgitlemeli. $[\lambda_0 = 361 \text{ nm}; \lambda_e = 403 \text{ nm}]$.

- 6.47. Adaty we adaty däl döwülme görkezijileriň tapawudy
 $n_0 - n_e = 0,17$.
 $\lambda = 589nm$ bolanda kristal plastinkanyň ýarym tolkun
 üçin oň kiçi galyňlygyny kesgitlemeli. $[1,73 mkm]$.
- 6.48. Optika oklary perpekdikulýar ýerleşdirilen nikollaryň
 sistemasyna monohromatik ýagtylyk düşýär.
 Nikollaryň arasynda galyňlygy $4mm$ optiki oka
 perpendikylýar kesilen kwars plastinkasy bar.
 Kwarsyň udel gyşart masy 15 burç grad./mm bolanda
 sistemany geçen ýagtylygyň intensiwligi näçe esse
 peseler? $[2,67esse]$.
- 6.49. Suwly gapdaky suw boýunça barýan şöhle aýnadan
 serpilýär we maksimal polýarlanýar. Suwuň döwülme
 görkezijisi $n=1,33$, aýnanyňky $n=1,5$. Düşme burçy
 tapmaly. $[\alpha = 48^\circ]$.
- 6.50. Suwuklykda şöhläniň döwülme burçy $\beta=35^\circ$. Serpilen
 şöhlemaksimal polýarlanan bolsa suwuklygyň
 döwülme görkezijisini kesgitlemeli. $[n=1,43]$.
- 6.51. Üstüniň meýdany $S = 1m^2$, temperaturasy
 $T = 1000K$ bolan absolýut
 gara jisimiň $t = 1$ minutdaky şöhlelenmesiniň
 energiýasyny tapmaly. $[E = 3,4 \cdot 10^6 Wt]$
- 6.52. Haýsy temperaturada absolýut gara jisimiň energetiki
 ýagtylandyryşy $R_0 = 1 \frac{Wt}{m^2}$ bolar? $[T = 62,5 K]$.
- 6.53. Temperaturasy $t = 37^\circ C$ bolan absolýut gara jisimiň
 energetiki ýagtylandyryşynyň spektral dykzylygynyň
 maksimumy haýsy tolkun uzynlyga düşer?
 $[\lambda_m = 9,3 mkm]$.
- 6.54. Güni absolýut gara jisim hasaplap onuň üstündäki
 temperaturany kesgitlemeli. Onuň ýagtylandyryş
 energiýasynyň maksimumy
 $\lambda_0 = 0,5 mkm$ $[T = 5800 K]$.

- 6.55. Günün ýagtylandyryş kuwwaty $N = 4 \cdot 10^{26} \text{ Wt}$. $\Delta t = 1$ sekuntda günün göýberýän ýagtlyk şöhesiniň massasyny kesgitlemeli. $[m = 4,44 \cdot 10^0 \text{ kg}]$.
- 6.56. $\lambda = 0,1 \text{ nm}$ tolkun uzynlykly rentgen şöhesiniň fotonynyň energiýasyny we massasyny kesgitlemeli.
 $[1) E = 1,24 \text{ eV}; 2) m = 2,221 \cdot 10^{-36} \text{ kg}]$.
- 6.57. $\lambda = 1 \text{ mkm}$ tolkun uzynlykly şöhlelenmäniň $E = 1 \text{ J}$ energiýasyny näçe kwant döredýär?
 $[N = 5 \cdot 10^{-8}]$.
- 6.58. Seziý üçin elektronyň çykyş işi $A = 1,89 \text{ eV}$. Metal $\lambda = 0,589 \text{ mkm}$ sary şöhle bilen şöhlendirilende elektronlar hähili tizlik bilençykar?
 $[v = 2,75 \cdot 10^5 \text{ m/s}]$ 6.44. Gyzyň serheti $\lambda_0 = 800 \text{ nm}$ rubidiý üçin çykyş işini tapmaly. $[A = 1,53 \text{ eV}]$.
- 6.59. Çykyş işi $A = 2 \text{ eV}$ bolan metall $\lambda = 500 \text{ nm}$ tolkun uzynlykly ýagtlyk bilen şöhlendirilse fotoeffekt bolarmy? [Bolar].
- 6.60. Ýagtlyk zerkal üst düşüp $p = 10 \text{ mkPa}$ basyş döredýär. Şöhlelenme akymyň dyklygyny kesgilemeli. $[5 \cdot 10^{-6} \text{ J/m}^3]$.
- 6.61. Şöhlelenme kuwwaty $N = 100 \text{ Wt}$ bolan elektrik çyrasynyň basyşyny hasaplamaly. Serpilme koeffisiýenti p nola deň. $[P = 0,333 \cdot \text{mN/m}^2]$.
- 6.62. Wodorodyň atomynda elektronyň ikinji energetiki derejeden altynja geçirmegi üçin näçe energiýa gerek $[E = 3,03 \text{ eV}]$.
- 6.63. Wodorod atomynyň ultramelewşe seriýasynda (Laýmanyň seriýasy) fotonyň maksimal we minimal energiýalaryny kesgitlemeli.
 $[E_{\max} = 13,2 \text{ eV}; E_{\min} = 10,2 \text{ eV}]$.
- 6.64. Balmeriň seriýasynyň araçägine degişli tolkun uzynlygy

kesgitlemeli. $[364 \text{ nm}]$.

- 6.65. Boruň teoriýasyndan peýdalanyň wodorodyň atomynyň ikinji orbitasynda hereket edýän elektronynyň orbital magnit momentini kesgitlemeli.
 $[p_m = enh / 4\pi m = 1,8 \cdot 10^{-23} \text{ A} \cdot \text{m}^2]$.
- 6.66. Wodorod atomynyň iounlaşma potensialyny kesgitlemeli. $[13,6 \text{ W}]$.
- 6.67. Elektron wodorodyň atomynyň birinji bor orbitasynda hereket edýär. Tizligiň ýol bererli kesgitsizligi onuň san bahasynym 1%-e deň bolanda elektronynyň koordinatasynyň kesgitsizligini kesgitlemeli. Bu ýagdaýda elektron üçin traýektoriýa düşünjesini ulanmak bolarmy? $[\Delta x = 33 \text{ nm}; \text{bolmaz}]$
- 6.68. Wodorodyň atomynda stasionar ýagdaýdaky elektron üçin Şredingeriň deňlemesini ýazmaly.
- 6.69. Neýtral atomynyň massasy $19,9272 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ bolan $^{12}_6\text{C}$ ýadronyň udel baglanşyk energiýasyny kesgitlemeli.
- 6.70. Radioaktiw izotop $t = 3\tau$ wagtyň dowamynda darganda ýadrolaryň başlangyç mukdarynyň haýsy böllegi (prosentlerde) dargaman galar?
 τ -radioaktiw ýadronyň artaça ömrüniň wagty. $[5\%]$.
- 6.71. Radioaktiw izotopyň ýarymdargamasynyň periody sagat.
 Ýadrolaryň başlangyç mukdarynyň $\frac{1}{4}$ böleginiň dargajak wagty tapmaly. $[10,5 \text{ sagat}]$.
- 6.72. ^7_3Li ýadronyň massa defektini we baglanşyk energiýasyny tapmaly.
 $[\Delta m = 0,04216 \text{ m.a.b.}, E = 39,2 \text{ MeW}]$.
- 6.73. $^2_1\text{H} + ^3_2\text{He} \rightarrow ^1_1\text{H} + ^4_2\text{He}$ ýadro reaksiýasynda energiýa bölünip çykýarmy ýa-da ýuwduýarmy? Ol energiýany hasaplamaly. $[14,4 \text{ MeW}]$.

- 6.74. $^{10}_5B$ boruň ýadrosynyň alfa bölejigiň çakyşmasy zerarly ýüze çykan ýadro reaksiýasynda iki täze ýadro emele gelýär. Olaryň biri wodorod atomynyň ýadrosy 1_1H . Ikinji ýadronyň zarýad sanyny, massa sanyny tapmaly we simwolyny ýazmaly. $[Z = 6, A = 13, {}^{13}_6C]$.

VII. GEREKLI MAGLUMATLAR

1. ESASY FIZIKI ULULYKLAR.

| Fiziki hemişelikler | aňladylyşy | San bahasy |
|--------------------------------------|----------------|--|
| Erkin gaçmanyň tizlenmesi | g | 9,8 m/s ² |
| Garwitasiýa hemişeligi | γ | 6,67 $\cdot 10^{-11}$ $m^3 / (kg \cdot s^2)$ |
| Awagadronyň sany | N _A | 6,02 $\cdot 10^{23}$ mol ⁻¹ |
| Uniwersal gaz hemişeligi | R | 8,31 I/(K·mol). |
| Bolsmanyň hemişeligi | k | 1,38 $\cdot 10^{-23}$ J/K |
| Protonyň, elektronyň zarýady | e | 1,60 $\cdot 10^{-19}$ K1 |
| Elektronyň massasy | m _e | 9,11 $\cdot 10^{-31}$ kg |
| Protonyň massasy | m _p | 1,67 $\cdot 10^{-27}$ kg |
| Faradeýiň sany | F | 9,65 $\cdot 10^4$ Kl/mol |
| Ýagtylygyň wakuumdaky tizligi | c | 3 $\cdot 10^8$ m/s |
| Stefanyň-Bolsmanyň hemişeligi | σ | 5,67 $\cdot 10^{-8}$ Wt/(m ² K ⁴) |
| Winiň hemişeligi | b | 2,9 $\cdot 10^{-7}$ m·K |
| Plankyň hemişeligi | h | 6,63 $\cdot 10^{-34}$ J·s |
| Ridbergiň hemişeligi | R | 1,1 $\cdot 10^7$ m ⁻¹ |
| Adaty şertlerde gazyň molýar göwrümi | V _m | 22,4 $\cdot 10^{-3}$ m ³ |

**2. SUWUKLYKLARYŇ DYKYZLYKLARY
(kg/m³). (20°C temperatura üçin).**

| | |
|-------------|-------------------|
| Gliserin | $1,26 \cdot 10^3$ |
| Suw | 10^3 |
| Simap | $1,36 \cdot 10^4$ |
| Spirt | $8 \cdot 10^2$ |
| Kastro ýagy | $9,6 \cdot 10^2$ |

**3. ÝANGYJYŇ ÝANMASYNYŇ UDEL
ÝYLYLYGY (J/kg)**

| | |
|---------|------------------|
| Kerosin | $4,6 \cdot 10^7$ |
| Benzin | $4,6 \cdot 10^7$ |
| Spirt | $2,9 \cdot 10^7$ |

**4. GAZLARYŇ MOLÝAR MASSASY WE
OTNOSITEL
MOLÝAR MASSASY.**

| Gaz | Molýar massa μ , kg/mol | Otnositel molekulýar massa, M |
|----------------|--------------------------------|-------------------------------------|
| Azot | $28 \cdot 10^{-3}$ | 28 |
| Wodorod | $2 \cdot 10^{-3}$ | 2 |
| Howa | $29 \cdot 10^{-3}$ | 29 |
| Geliý | $4 \cdot 10^{-3}$ | 4 |
| Kislorod | $32 \cdot 10^{-3}$ | 32 |
| Kömürturşy gaz | $44 \cdot 10^{-3}$ | 44 |

**5. SUWUKLYKLARYŇ ÜST DARTUW
KOEFFISIÝENTLERI (N/m) (20°C temperatura**

üçin).

| | |
|-------------|---------------------|
| Suw | $7,2 \cdot 10^{-2}$ |
| Sabyňly suw | $4,0 \cdot 10^{-2}$ |
| Spirt | $2,2 \cdot 10^{-2}$ |

**6. ÝYLYLYK
KOEFFISIÝENTLERI**

GEÇIRIJILIK

(J/ (m·s·K))

| | |
|--------|-------|
| Çäge | 0,671 |
| Toýun | 1,01 |
| Kerpiç | 0,71 |
| Beton | 0,817 |

**7. MADDALARYŇ UDEL GARŞYLYGY (Om
m).**

| | |
|------------|---------------------|
| Alýuminiý | $2,8 \cdot 10^{-8}$ |
| Demir | $1,1 \cdot 10^{-7}$ |
| Konstantan | $5,0 \cdot 10^{-7}$ |
| Mis | $1,7 \cdot 10^{-8}$ |
| Nikeliň | $4,0 \cdot 10^{-7}$ |
| Nihrom | $1,0 \cdot 10^{-6}$ |
| Grafit | $3,9 \cdot 10^{-6}$ |

8. OTNOSITEL DIELEKTRIK SYZYJYLYK

| | |
|---------|----|
| Parafin | 2 |
| Aýna | 6 |
| Farfor | 5 |
| Ebonit | 3 |
| Siýuda | 7 |
| Suw | 81 |
| Kerosin | 2 |

9. ELEKTRİK HEMIŞELİĞİ $\varepsilon_o = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$.

10. MAGNİT HEMIŞELİĞİ $\mu_o = 1,26 \cdot 10^{-6} \text{ Gn/m}$.

11. KÄBİR BÖLEJİKLERİN DYNÇLYK MASSASY (m.a.b.).

| | |
|-------------------|----------|
| Elektron | 0,000555 |
| Proton | 0,00728 |
| Neýtron | 1,00867 |
| α -bölejik | 4,00149 |

12. KÄBİR IZOTORLARYŇ NEÝTRAL ATOMLARYNYŇ MASSASY. (m.a.b.)

| | |
|-------------------|----------|
| Wodorod 1_1H | 1,00783 |
| Wodorod 2_1H | 2,01410 |
| Wodorod 3_1H | 3,01605 |
| Litiý 7_3Li | 7,01601 |
| Bor ${}^{10}_5B$ | 10,01294 |

VIII. EDEBIÝATLAR

1. Türkmenistanyň Konstitusíasy. Aşgabat, 2008.
2. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşin täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. I tom. Aşgabat, 2008.
3. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşin täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. II tom. Aşgabat, 2009.
4. Gurbanguly Berdimuhamedow. Garaşsyzlyga guwanmak, Watany, Halky söýmek bagtdyr. Aşgabat, 2007.
5. Gurbanguly Berdimuhamedow. Türkmenistan – sagdynlygyň we ruhubelentligiň ýurdy. Aşgabat, 2007.
6. Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň Ministrler Kabinetiniň göçme mejlisinde sözlän sözi. (2009-njy ýylyň 12-nji iýuny). Aşgabat, 2009.
7. Türkmenistanyň Prezidentiniň «Obalaryň, şäherleriň, etrapdaky şäherçeleriň we etrap merkezleriniň ilatynyň durmuş-ýaşayyş şertlerini özgertmek boýunça 2020-nji ýyla çenli döwür üçin» Milli maksatnamasy. Aşgabat, 2007.
8. «Türkmenistany ykdysady, syýasy we medeni taýdan ösdürmegiň 2020-nji ýyla çenli döwür üçin Baş ugry» Milli maksatnamasy. «Türkmenistan» gazetiniň, 2003-nji ýylyň, 27-nji awgusty.
9. «Türkmenistanyň nebitgaz senagatyny ösdürmegiň 2030-njy ýyla çenli döwür üçin Maksatnamasy». Aşgabat, 2006.
10. В.С.Волькенштейн, Сборник задач по курсу общей физики. М.2006
11. Т.У.Трофимова, Сборник задач по курсу общей физики. М.1991
12. И.И. Рубин и др., Упражнение по физики для практических занятий. Минск 1991
13. А.Г.Чертов, Сборник задач по курсу общей физики. М.2004

MAZMUNY:

| | |
|---|-----|
| I. Mehanikanyň fiziki esaslary | 11 |
| II. Mehaniki yrgyldylar we tolkunlar | 103 |
| III. Molekulýar fizika we termodinamika | 110 |
| IV. Elektrostatika we hemişelik tok | 118 |
| V. Elektromagnetizm | 125 |
| VI. Tolkun optikasy we atom fizikasy | 131 |
| VII. Gerekli maglumatlar | 141 |
| VIII. Edebiýat. | 140 |