

Fizika

Umumy orta bilim berýän mekdepleriň 10-njy synpy üçin derslik

Özbekistan Respublikasynyň Halk bilimi ministrligi
tarapyndan neşire hödürlenildi

**Täze
neşir**

10



Daşkent
2022

UO'K 53(075.3)
KBK 22.3ya72
F 58

F 58 Fizika 10 [Tekst] : 10-njy synp üçin derslik/. – Daşkent: Respublikan tälim merkezi, 2022. – 192-s.

ISBN 978-9943-8353-1-3

UO'K 53(075.3)
KBK 22.3ya72

Düzüjiler:

K. A. Tursunmetow, Ş. N. Usmanow,
J. A. Rahmatow, D. B. Homidow

SYN ÝAZANLAR

- | | |
|-------------------------|---|
| B. A. Ýuldaşow | – Termiz döwlet uniwersitetiniň fizika-matematika fakulteti Nazary fizika kafedrasynyň mugallymy. |
| T. H. Jumaýew | – Döwlet test merkeziniň ýanyndaky Ylmy-okuw amaly merkeziniň baş hünärmeni. |
| A. Hudoýberdiýew | – Respublikan tälim merkeziniň standart we bahalandyrmak bölüminiň metodisti. |
| A. J. Umarow | – Kaşgaderýa welaýatynyň Kitap etrabyndaky 5-nji mekdebiň ýokary derejeli fizika mugallymy. |
| M. K. Umarow | – Andijan welaýatynyň Şährihan etrabyndaky 46-njy mekdebiň ýokary derejeli fizika mugallymy. |
| B. T. Turapow | – Kaşgaderýa welaýatynyň Şährisebz etrabyndaky 6-njy ÝDUMI-nyň ýokary derejeli fizika mugallymy. |
| I. A. Raupow | – Buhara welaýatynyň Gijduwan etrabyndaky 27-nji mekdebiň ýokary derejeli fizika mugallymy. |
| M. A. Askarow | – Buhara welaýatynyň Garaköl etrabyndaky 10-njy mekdebiň birinji derejeli fizika mugallymy. |

Şertli belgiler:



– umumylaşdyryjy soraglar.



– gönükmeler.



– amaly ýumuşlar.



– logiki pikirlenmäge degişli ýumuşlar.



– goşmaça ýumuşlar.

Respublikanyň ýörite kitap gaznasynyň serişdeleriniň hasabyndan çap edildi.
Original maket we dizaýn konsepsiyasy Respublikan tälim merkezi tarapyndan taýýarlandy.

ISBN 978-9943-8353-1-3

© Respublikan tälim merkezi, 2022

MAZMUNY

I BAP. DINAMIKA. STATIKANYŇ ELEMENTLERI

1-nji tema. Güýçleri goşmak	8
2-nji tema. Merkeze ymtylýan güýç.....	11
3-nji tema. Grawitasion meýdandaky hereket.....	14
4-nji tema. Meseleler çözmek	17
5-nji tema. Jisimiň agyrlygynyň hereketiň görnüşine baglylygy	19
6-njy tema. Jisimiň birnäçe güýjüň täsirindäki hereketi	23
7-nji tema. Meseleler çözmek	26
8-nji tema. Jisimiň ýapgyt tekizlikdäki hereketi.....	28
9-njy tema. Jisimi ýapgyt tekizlik boýunça orun üýtgedilende edilen iş. Ýapgyt tekizligiň peýdaly täsir koeffisiýenti (PTK)	31
10-njy tema. Meseleler çözmek.....	33
11-nji tema. Laboratoriýa işi. Ýapgyt tekizligiň PTK-ini anyklamak.....	35
12-nji tema. Massa merkezi. Deňagramlylygyň görnüşleri. Güýjüň momenti.....	36
13-nji tema. Momentler düzgünine esasanyp işleýän ýönekeý mehanizmler.	40
14-nji tema. Meseleler çözmek.....	43
Taslama işi: Ýönekeý mehanizmleri gurmak.....	46

II BAP. MEHANIKA YRGYLDYLAR WE TOLKUNLAR

15-nji tema. Mehaniki yrgyldylar.....	48
16-njy tema. Puržinli we matematiki maýatnikler.....	52
17-nji tema. Laboratoriýa işi: Matematiki maýatnigiň kömeginde erkin gaçma tizlenmesini anyklamak	54
18-nji tema. Mehaniki tolkunlar.....	55
19-njy tema. Ses tolkunlary.....	57
20-nji tema. Meseleler çözmek.....	61

III BAP. GIDRODINAMIKA WE AERODINAMIKA

21-nji tema. Suwuklyklaryň we gazlaryň hereketi.....	66
22-nji tema. Hereketlenýän gazyň we suwuklygyň basyşynyň tizlige baglylygyndan tehnika peýdalanmak.....	70
23-nji tema. Meseleler çözmek.....	72

IV BAP. ELEKTROSTATIK MEÝDAN

24-nji tema. Elektrik meýdanynyň güýjenmesiniň superpozisiýa prinsipi.....	76
25-nji tema. Zarýadlanan şaryň elektrik meýdany	80
26-njy tema. Meseleler çözmek.....	84
27-nji tema. Elektrostatik meýdanda nokatlanç zarýadyň ornuny üýtgedendäki edilen iş	85
28-nji tema. Elektrik meýdanda ýerleşen nokatlanç zarýadyň potensial energiýasy.....	87
29-njy tema. Elektrik meýdanynyň energiýasy	91
30-njy tema. Amaly sapak. Energiýanyň bir görnüşden başgasyna öwürilmegi.....	94
31-nji tema. Meseleler çözmek.....	95

V BAP. HEMIŞELIK TOGUŇ KANUNLARY

32-nji tema. Toguň güýji we toguň dykzlygy.....	98
33-nji tema. Doly zynjyr üçin Omuň kanuny.....	103
34-nji tema. Meseleler çözmek.....	107
35-nji tema. Laboratoriýa işi. Tok çeşmesiniň EHG-ni we içki garşylygyny kesgitlemek	109
36-nji tema. Metal geçirijileriň garşylygynyň temperatura baglylygy	110
37-nji tema. Meseleler çözmek.....	115
Taslama işi. Garşylykly elektrik çeşmeler	117

VI BAP. DÜRLI GURŞAWLARDA ELEKTRIK TOGY

38-nji tema. Suwuklyklarda elektrik togy.....	122
39-nji tema. Faradeýiň birinji we ikinji kanuny.....	125
40-nji tema. Meseleler çözmek.....	129
41-nji tema. Elektrolizden durmuşda we tehnikada peýdalanmak.....	130
42-nji tema. Gazlardaky elektrik togy. Wakuumdaky elektrik togy.....	132
43-nji tema. Ýarymgeçirijiler we olaryň metallardan tapawudy.	137
44-nji tema. Ýarymgeçirijileriň elektrik geçirijiligi.....	139
45-nji tema. Ýarymgeçirijili abzallar we olaryň tehnikada peýdalanylyşy	142
46-nji tema. Laboratoriýa işi. Ýarymgeçirijili diodyň wolt-amper häsiýetnamasyny öwrenmek	147

VII BAP. MAGNIT MEÝDANY

47-nji tema. Magnit meýdanynyň induksiýasy. Tokly geçirijileriň magnit meýdany	150
48-nji tema. Magnit meýdanynyň tokly geçirijä täsiri.....	154
49-nji tema. Tokly geçirijileriň özara täsiri	159
50-nji tema. Tokly geçirijini magnit meýdanynda orun üýtgedende edilen iş.....	161
51-nji tema. Magnit meýdanynda zarýadlanan bölejigiň hereketi.....	164
52-nji tema. Hemişelik toguň elektrodwigateli	167
53-nji tema. Meseleler çözmek.....	169
54-nji tema. Elektromagnit induksiýasy.....	171
55-nji tema. Amaly sapak. Elektromagnit induksiýasy hadysasyny öwrenmek	174
56-nji tema. Öz-özünde induksiýa. Induktivlik.....	176
57-nji tema. Meseleler çözmek.....	179
58-nji tema. Toguň magnit meýdanynyň energiýasy. Maddalaryň magnit häsiýetleri.	180
59-nji tema. Meseleler çözmek.....	184
Peýdalanylan edebiýatlar	190

GIRIŞ

Bu günki günde ylym-bilim we tehnika çalt ösüp, sanly ykdysadyýet amalyýete ornaşdyrylýar, bilimler tiz täzeleşip barýar. Şol sanda bu gün okuwçylar diňe bir nazary bilimler bilen çäklenmeli däl, diňe olary amalda ulanmagyna aýratyn üns berilýär.

Jemgyýetimizde alnyp barylýan özgertmelerde hünärmenlerden diňe bir bilim däl, eýsem gözleýjilik, barlagçylyk ukybyna eýe bolmagy talap edýär. Şu sebäpden okuwçylary okuw-barlag işlerine çekmek we olarda barlaýjylyk başarnaklaryny ösdürmek derwaýys meselelerden birine öwrüldi.

Hususanda, fizika predmetini okatmak okuwçylarda ylmyň tehnikanyň ösüşinde we durmuşda tutýan orny, ylma degişli zerur bilimleri eýelemegi hem-de durmuş düşüňjeleri bilen amaly işlerini umumylaşdyrmak arkaly fiziki bilimleri amalyýetde ulanyp bilmek ukyplaryny şekillendirmegi we ösdürmegi nazarda tutýar.

Umumy orta bilim berýän mekdeplerde predmetleri okatmak prosesinde ylmy-tehniki ösüşi, inženerlik, matematika we gündelik durmuş bilen baglap öwrenmek (STEAM çemeleşme) tälim-terbiýe prosesini guramagyň derwaýys meselesidir.

STEAM zaman talaplary esasynda halkara möçberde okuwçylara tälim-terbiýe bermekde predmetara baglanyşygy we amaly çemeleşmäni güýçlendirmäge gönükdirilen. Fizika predmeti 1–6-njy synplarda tebigat ylymlary (biologiya, himiya, fizika, geografiya) predmetiniň düzüminde okadylýar. Şol sanda, Gün, Ýer, Aý we onuň ähmiýeti, howa maglumaty, ýylyň pasyllary, daş-töweregimizdäki yatlar: öý enjamlary, okuw enjamlary, azyk önümleri, elektrik enjamlar we gazdan peýdalanmagyň howpsuzlyk teknikasy kadalaryny berjeý etmek, jisim we maddalar, suwuň hallary, termometrden peýdalanmak, howa ýagdaýyna gündelik gözegçilik, gije bilen gündiziň, ýylyň pasyllarynyň döwürleýin çalyşmagy we başga düşüňjeler şekillendirilýär.

Fizika predmeti yzygiderli kurs hökmünde 7-nji, 8-nji, 9-njy, 10-njy, 11-nji synplarda öwredilýär. Şol sanda, «Mehanika», «Molekulýar



fizikanyň we termodinamikanyň esaslary», «Elektrodinamika», «Optika», «Atom we ýadro fizikasy» bölümleri spiral şeklinde okadylyp, okuwçylaryň amalyýetde ulanmak endikleri şekillendirilýär.

Şu derslik tebigatdaky proseslere we hadysalara gözegçilik etmek, derňemek, fiziki hadysalary öwrenmekde gurallardan dogry peýdalanyň bilmek, fiziki düşüňjeleri we ululyklary matematiki formulalar bilen aňladyp bilmek, ylmyň ugrunda gazanylyan üstünlikler, olaryň amalyýetdäki peýdalanylmagy arkaly okuwçylarda ylmy dünýägaraýşy ösdürmegi, gelejekde okuwçylary ylmyň we tehnologiýanyň üstünliklerinden dogry peýdalanmaga ugrukdyrmagy maksat edinýär. Derslikde «Dinamika. Statikanyň elementleri», «Mehaniki yrgyldylar we tolkunlar», «Gidro-dinamika», «Elektrostatik meýdan», «Hemişelik toguň kanunlary», «Dürli gurşawlarda elektrik togy», «Magnit meýdany» bölümleri öwrenilýär.

Tebigat baradaky ylmlaryň içinde tehnikanyň ösmegi üçin fizika iň uly ähmiýete eýe, çünki fizikanyň kanunlary tehnikada köp peýdalanylýar. Fizika ugrundaky täze açyşlar bar bolan tehnikany gowulanmagyna ýa-da täzesiniň döredilmegine sebäp bolýar. Tehnikanyň ösüşi, öz nobatynda, ylmyň has-da ösmegine getirýär.

Derslikde berlen amaly tejribeleri ýerine ýetirmek, taslamalamaga gönükdirilen ýumuşlar, meseleler çözmek, logiki soraglara jogap bermek sizde tebigy we jemgyýetçilik gurşawyň ýagdýyna düşünmek, daşky gurşawa we adamyň meselelerine aň ýetirmek, olaryň çözüwini tapmakda karar kabul edip bilmek başarnyklaryny şekillendirmäge kömek eder.

I BAP



DINAMIKA. STATIKANYŇ ELEMENTLERI

Siz bu bapda aşakdaky temalar boýunça maglumat alarsyňyz:

- Güýçleri goşmak;
- Merkeze ymtylýan güýç;
- Grawitasion meýdandaky hereket;
- Jisimiň agyrlygynyň hereketiň görnüşine baglylygy;
- Jisimiň birnäçe güýjüň täsirindäki hereketi;
- Jisimiň ýapgyt tekizlikdäki hereketi;
- Jisimi ýapgyt tekizlik boýunça orun üýtgedilende edilen iş. Ýapgyt tekizligiň peýdaly täsir koeffisiýenti (PTK);
- Massa merkezi. Deňagramlylygyň görnüşleri. Güýjüň momenti;
- Momentler düzgünine esasanyp işleýän ýönekeý mehanizmler.

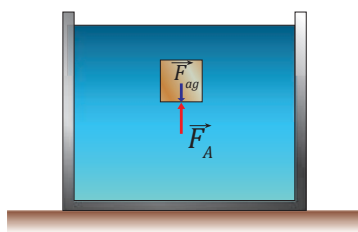
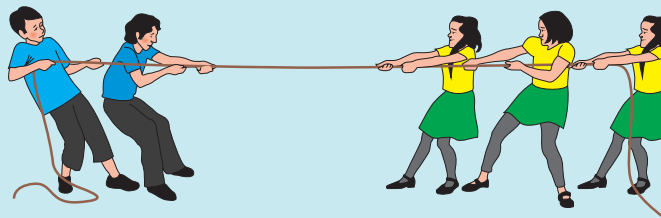
1-nji TEMA

GÜYÇLERI GOŞMAK

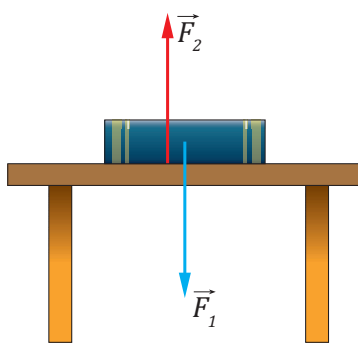
Haýsy topar ýeñer?

a) her bir oglanyň dartýş güýji 300 N-dan, her bir gyzyň dartýş güýji bolsa oglanyň dartýş güýjünden 50 N kem bolsa;

b) eger bir sany oglanyň we gyzyň ýerini çalyssa nähili bolarka? Jogabyňyzy esaslandyryň.



a)



b)

1.1-nji surat

1. Deňagramlaşan güýçler.
2. Deňagramlaşmadyk güýçler.
3. Deň täsir ediji güýç we güýjüň emele getirijileri.

Tebigatdaky ähli hadysalar fiziki kanunlara boýun egýär. Jisimleriniň bir-biri bilen özara täsiri, olaryň deňagramlylykda bolmagy jisime täsir edýän güýçlere bagly bolýar.

1. Deňagramlaşan güýçler

Togtap duran awtomobil, suwuň içindäki islendik nokada dynç duran jisim (1.1-nji a surat), stoluň üstündäki zatlar näme sebäpden dynç durýar?

Stoluň üstündäki dynç duran kitaba iki sany güýç täsir edýär (1.1-nji b surat). $\vec{F}_1$ – agyrlýk güýji. $\vec{F}_2$ – stol tarapdan jisimi ýokary göterip durýan, ýagny daýanjyň normal reaksiýa güýji. Bu güýçleriniň mukdary deň, ugry bolsa garşylykly bolany üçin olaryň jemi nola deň bolýar. Netijede olar bir-birini *deňramlaşdyrýar*.

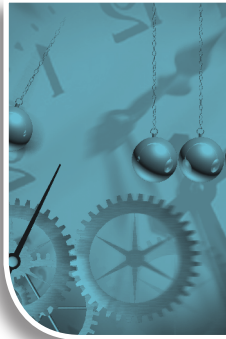
Jisimiň dynçlyk ýagdaýyny we hereket tizligini üýtgetmeýän güýçler deňagramlaşan güýçler diýip atlandyrylýar.

Nýutonyň I kanunyna esasan:



Jisime goşmaça güýçler täsir etmese, ol özüniň beýleki jisimlere görä dynçlyk ýagdaýyny saklaýar ýa-da göni çyzykly tekiz hereketini dowam etdirýär.

$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = 0$ (1) bolsa, $\vec{a} = 0$ we $\vec{v} = \text{const}$ bolýar.



2. Deňagramlaşmadyk güýçler

Tebigatda dynç duran ýa-da üýtgemeyän tizlik bilen deňölçegli hereketenýän jisimlerden daşary tizligi üýtgeýän jisimlere hem köp duş gelýäris. Meselem, suwda çöküp barýan jisim (1.2-nji *a* surat), ýerinden gozganyp, tizligini artdyryp barýan awtomobil ýa-da tizligini kemeldip duralga girip gelýän otly we şuna meňzeş mysallary getirmek mümkin. Ýangyý gutaryp durup galan awtomobili ýerinden gozgamak üçin oňa deňagramlylyk ýagdaýyndan çykarýan güýç täsir etmek gerek (1.2-nji *b* surat).

Jisimiň tizliginiň üýtgemegine sebäp bolýan güýçlere deňagramlaşan güýçler diýip atlandyrylýar.

3. Deň täsir edýän güýç we güýjüň emele getirijileri

Tebigatda jisimiň dine bir sany güýjüň täsiri astyndaky hereketine duş gelmeýäris diýen ýaly. Köp ýagdaýlarda jisime bir wagtyň özünde birnäçe güýçler täsir edýär. Bu güýçleriň jisime edýän täsirini häsiýetlendirmek üçin güýçleriň deň täsir edijisi (netijeleşýäki güýç) diýen ululyk girizilen (1.3-nji surat). $\vec{F}_x = |x_2 - x_1|$ $\vec{F}_y = |y_2 - y_1|$

Jisime täsir edýän güýçleriň wektor jemine şu güýçleriň deň täsir edijisi diýilýär.

Eger jisime bir wagtyň özünde birnäçe güýç täsir edýän bolsa, jisimiň hereketi bu güýçleriň ugruna we modulyna baglylykda üýtgeýär. Şol sebäpli güýçleriň deň täsir edijisini anyklamakda olaryň ugruny we modulyny hasaba almagymyz gerek. Deň täsir edýän güýç aşakdaky ýaly tapylýar:

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n \quad (2)$$

Bu ýerde $\vec{F}_1; \vec{F}_2 \dots \vec{F}_n$ emele getiriji güýçler diýilýär.

Jisime iki sany $\vec{F}_1$ we $\vec{F}_2$ güýçler täsir edýän bolsun:

Umumy halda netijeleşýäki güýç $F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\alpha}$ (3) formula bilen tapylýar

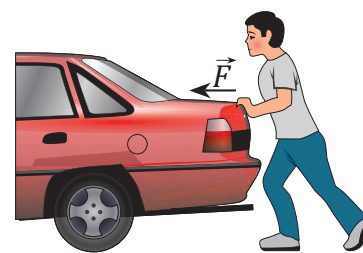
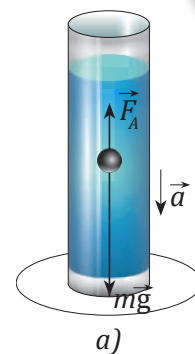
Bu ýerde $F_1 = |\vec{F}_1|$, $F_2 = |\vec{F}_2|$, α – $\vec{F}_1$ we $\vec{F}_2$ arasyndaky burç.

α nyň käbir hususy bahalary üçin formula ýönekeýleşýär:

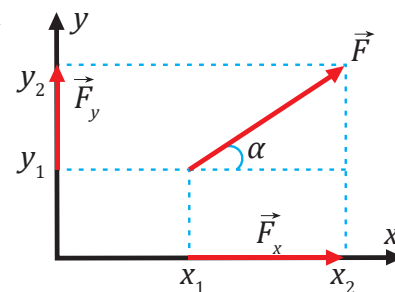
1) $\alpha = 0^\circ$; güýçler bir ugrda bolsa, $F = F_1 + F_2$

2) $\alpha = \frac{\pi}{2}$ güýçler özara dik ugrugan bolsa, $F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$

3) $\alpha = \pi$; güýçler özara garşylykly ugrugan bolsa, $F = |F_1 - F_2|$



b)
1.2-nji surat



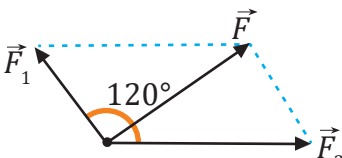
1.3-nji surat



1. Nýutonyň I kanunyny deňagramlaşan güýçler arkaly aňlatmak bolarmy?
2. Paraşýutçy göni çyzykly deňölçegli hereketlenip düşýär. Bu hereketde haýsy güýçler deňagramlaşan bolýar?
3. Deňagramlaşan we deňagramlaşmadyk güýçler bir-birinden nähili tapawutlanýar?
4. Dwigateli öçürilen awtomobil gorizontaly ýolda deňölçegli hereketlenip bilermi? Jogabyňyzy düşündiriň

Mesele çözmegiň nusgasy

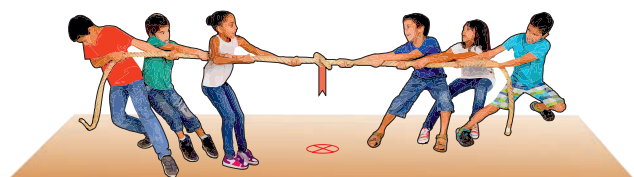
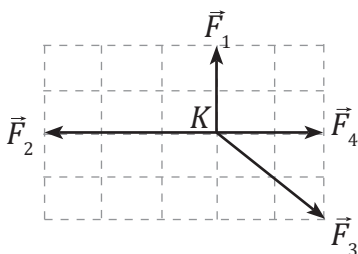
Arasyndaky burç 120° a, her biriniň moduly 5 N-a deň bolan iki güýç jisimiň bir nokadynda goýlan. Bu güýçleriň deň täsir edijisini tapyň.

Berlen:	Formula:	Çözülişi:
$\alpha = 120^\circ$	$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\alpha}$	$F = \sqrt{5^2 + 5^2 + 2 \cdot 5 \cdot 5 \cos 120^\circ} = 5 \text{ N}$
$F_1 = F_2 = 5 \text{ N}$		Jogaby: $F = 5 \text{ N}$.
$F = ?$		



1-nji gönükme

1. Tanap çekmek ýaryşynda 4 sany sportçy gatnaşýar. Olardan iki sanysy deňişlilikde 250 N we 300 N güýç bilen sag tarapa, galan iki sanysy deňişlilikde 100 N we 350 N güýç bilen çep tarapa dartýşýan bolsa, deň täsir edýän güýjüň modulyny we ugruny tapyň.
2. Bahalary 30 N we 40 N bolan güýçleriň deň täsir edijisi 50 N bolmagy üçin olar özara nähili ugurda bolmaly?
3. Agramy 60 we 80 kg bolan iki konkiçi bir-birinden 24 N güýç bilen iteklense, olaryň tizlenmelerini tapyň.
4. K nokatda duran jisime suratda görkezilişi ýaly güýçler täsir edýär. Jisim haýsy ugurda hereketlenýär?
5. Aşakdaky surata seredip deňagramlaşan ýa-da deňagramlaşmadyk güýçleriň täsir edýändigini anyklaň we jogabyňyzy esaslandyryň.



MERKEZE YMTYL'YAN GÜYÇ

2-NJI TEMA

1. Töwerek boýunça hereketdäki güýçler
2. Ýüpe daňlan şaryň hereketi. Merkezden gaçýan güýç.
3. Durmuşda we tehnikada merkeze ymtyl'yan we merkezden gaçýan güýçler.

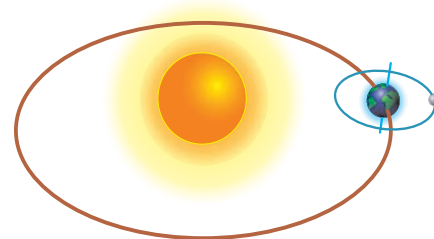
Ýoluň ýit öwrümli ýerinde sürüji awtomobiliň tizligini peseltmäge mejbur bolýar. Sebäbini düşündiriň.



1. Töwerek boýunça hereketdäki güýçler

Näme üçin Áý Ýeriň daşynda töwerek boýunça hereket edýär we uzaklaşyp gitmeýär? (1.4-nji surat).

Nýutonyň ikinji kanunyna görä, jisim daşky güýjüň täsiri netijesinde tizlenme bilen hereket edýär. R radiusly töwerek boýunça u tizlik bilen hereket edýän her bir jisim töweregiň merkezine gönükdirilen tizlenmä eýe bolýar.



1.4-nji surat

Ýagny:

$$a_{m,y} = \frac{v^2}{R} \quad (1)$$

Bu tizlenmäni hem daşky güýçler emele getirýär. Bu ýerde daşky güýç merkeze ymtyl'yan güýçdür. Merkeze ymtyl'yan güýç aýratyn bir görnüşdäki güýç daldigini düşünmek örän möhüm. Ol diňe jisimi aýlanma herekete getirýän netijeleyji güýçdür.

Merkeze ymtyl'yan güýje:

– ýüpe daňlan jisimiň töwerek boýunça hereketinde ýüpüň dartylma güýjüni;

– ýoluň öwrülýän bölegindäki hereketlenende awtomobilleriň öwrülmegine sebäp bolýan güýji mysal edip getirip bileris.

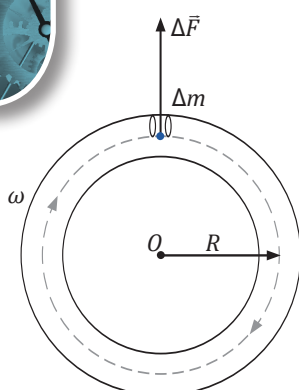
Merkeze ymtyl'yan güýç ($F_{m,y}$)-e görä Nýutonyň II kanunyny ulanýarys:

$$a_{m,y} = \frac{F_{m,y}}{m} \quad (2)$$

(1) we (2) formulalardan $F_{m,y} = \frac{m \cdot v^2}{R}$ (3)

formulany alarys.

I BAP. DINAMIKA. STATIKANYŇ ELEMENTLERI



1.5-nji surat

Töwerek boýunça hereketde jisimiň çyzykly tizliginiň $v = \omega R$ bolýanlygyndan merkeze ymtylýan güýji aşakdaky ýaly bahalamagymyz mümkin (1.5-nji surat): $F_{m,y} = m\omega^2 R$ (4).

Töwerek boýunça tekiz hereketi bir näçe güýçler emele getimegi mümkin, emma olaryň wektor jemi radius boýunça merkeze ugrugan bolýar. Ýokardaky pikirlerden peýdalanyp merkeze ymtylýan güýje aşakdaky ýaly taryp berilýär:

Merkeze ymtylýan güýç – jisimiň çyzykly tizlik wektoryna dik ugrugan bolup, ony aýlanma herekete getirýän güýçdür.

Merkeze ymtylýan güýç çyzykly tizlik wektorynyň ugruny üýtgedýär, emma onuň modulyny üýtgetmeýär.

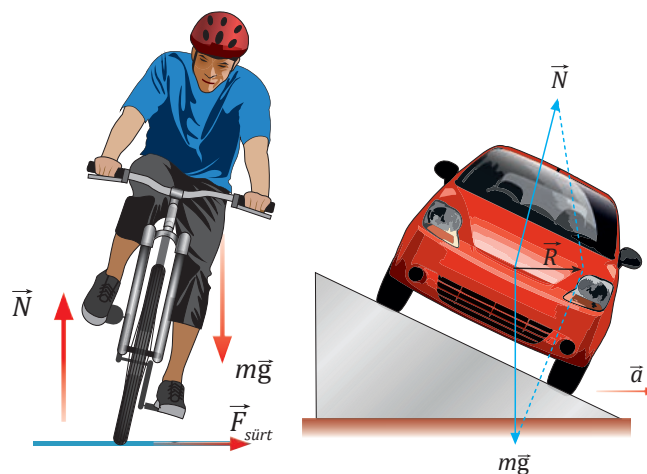
2. Ýüpe daňlan şaryň töwerek boýunça hereketi. Merkezden gaçýan güýç.

Ýüpe daňlan şaryň töwerek boýunça hereketinde hem merkeze ymtylýan güýç bar (1.6-njy a surat). Bu güýç ýüpüň uzynlygy boýunça töweregiň merkezine ugrugan bolýar. 1.6 -njy b suratda ýüp şara nähili güýç bilen täsir etse, Nýutonyň III kanunyna görä, şar hem ýüpe bu güýje modul taýdan deň, ugru garşylykly bolan güýç bilen täsir edýär. Bu güýje *merkezden gaçýan güýç* ($F_{m,g}$) diýilýär. Ol radius boýunça töweregiň merkezinden şar tarapa ugrugan bolýar we ýüp arkaly ele täsir edýär.

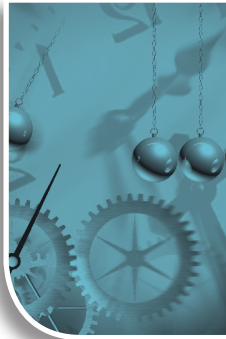
$$F_{m,g} = \frac{m \cdot v^2}{R} \quad \text{ýa-da} \quad F_{m,g} = m\omega^2 R \quad (5)$$

3. Durmuşda we tehnikada merkeze ymtylýan hem-de merkezden gaçýan güýçler.

Merkezden gaçýan güýç jisimleriň aýlanma hereketinde hem-de ýoluň ýiti öwrümünde ýüze çykýar (1.7-nji surat).



1.7-nji surat



1. Suw salnan üsti ачык gap ýüpe daňlan wertikal tekizlikde аýlandyrylanda suw dökülmeyär. Bu hadysanyň sebäbi näme? Joga-byňzyzy esaslandyryň
2. Merkeze ymtylýan güýje tebigatdan mysallar getiriň.
3. Merkezen gaçýan güýçlerden durmuşda we tehnikada nirelerde peýdalanylýar?

Mesele çözmegin nusgasy:

Massasy 1 t bolan awtomobil radiusy 100 m bolan töwerek boýunça üýtgameýän 20 m/s tizlik bilen hereketlenýär. Awtomobile täsir edýän merkeze ymtylýan güýji tapyň.

Berlen:	Formula:	Çözülişi:
$m = 1 \text{ t} = 1 \cdot 10^3 \text{ kg}$ $R = 100 \text{ m}$ $v = 20 \text{ m/s}$	$F_{m,y} = \frac{mv^2}{R}$	$F_{m,y} = \frac{1 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \left(20 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{100 \text{ m}} = 4 \cdot 10^3 \text{ N} = 4 \text{ kN}$
$F_{m,y} = ?$		Jogaby: $F_{m,y} = 4 \text{ kN}.$

2-nji gönükme.

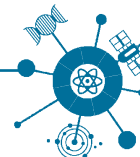


1. Ýüpe daňlan jisim töwerek boýunça deňölçegli hereketlenýär. Eger töweregiň radiusy 4 esse artdyrylsa, merkezden gaçýan güýç nähili üýtgär?
2. Töwerek boýunça hereket edýän jisimiň tizligi 2 esse artsa, merkeze ymtylýan güýç nähili üýtgär?
3. Massasy 3 kg bolan jisim, 2 rad/s burç tizligi bilen aýlanýar. Munda merkeze ymtylýan güýç 36 N-a deň bolsa, aýlanma radiusyny tapyň.
4. Massasy 12 kg bolan jisim radiusy 0,6 m bolan töwerek boýunça 2 Hz ýygylyk bilen aýlanýar. Jisime täsir edýän merkeze ymtylýan güýji tapyň.
5. Eger massasy 24 t bolan tramwaýyň wagony radiusy 100 m bolan öwrümde 18 km/h tizlik bilen hereketlense, ol relslere gorizonta ugurda nähili güýç bilen täsir edýär? Hereketiň tizligi iki esse artsa, bu güýç näçe esse üýtgär?



Goşmaça ýumuşlar:

1. Otly ýoluň öwrümünde haýsy tarapa biraz gyşarmaly? Näme sebäpden?
2. Kүзегär laýdan hum ýasaýar. Ol humuň haýsy böleginde merkeze ymtylýan güýçden, haýsy böleginde merkezden gaçýan güýçden peýdalanýar?



3-nji TEMA

GRAWITASIYA MEYDANYNDAKY HEREKET

1. Dartyşma meýdany.
2. Kosmos tizlikleri.



Töwerekdäki jisimleriň Ýere dartylmagyny syn etmek aňsat bolsa-da, biz jisimleriň bir-birine dartylyşyny duýmaýarys, näme üçin?



1. Dartyşma meýdany.

Adatda jisimler näme üçin Ýere gaýdyp düşýär (1.8-nji surat)? Ýeriň emele hemrasy Aý näme üçin Ýerden uzaklaşyp gitmeýär?

Ýeriň jisimleri özüne dartýanlygy hakynda Galileo Galileý, Isaak Nýuton, Genri Kawendiş ýaly alymlar ençeme ylmy barlag işlerini alyp barypdylar. Töweregimizdäki ähli jisimleriň hereketine Ýeriň dartyşma güýji öz täsirini görkezýär. Bütindünýä dartyşma kanunyna görä, Ýeriň dartyлма $F = G \frac{mM}{r^2}$ güýji täsir edip durýar

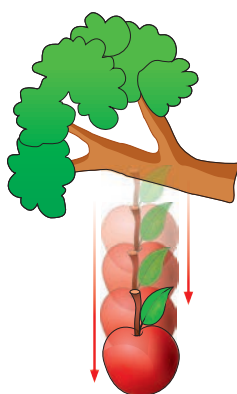
Bu ýerde m – jisimiň massasy, M – Ýeriň massasy; r – jisim bilen Ýeriň merkezleriniň arasyndaky aralyk.

Käbir jisimi Yeriň üstünden dik ýokary zyňsak, mälim beýiklige göterilip, zyňlan ýere gaýdyp düşýär. Eger jisim mälim beýiklikden gorizonta ýa-da gorizonta ýapgyt zyňylsa, zyňlan nokadyndan mälim bir aralyga gaçýar..

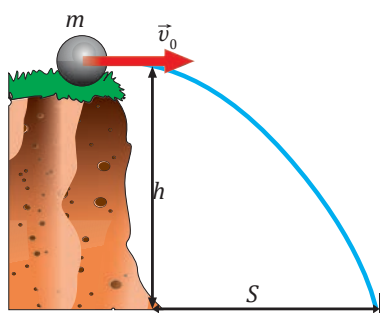
Meselem, jisim $h = 20$ m beýiklikden $v_0 = 6$ m/s başlangyç tizlik bilen gorizonta oklasa, ol gorizonta ugurda belli bir aralyga baryp düşýär (1.9-njy surat). Jisime diňe agyrylyk güýji täsir edýänligi gorizonta ugurda jisim deňölçegli hereketlenýär we uçuş uzaklygy $S = v_0 \cdot t$ formula arkaly tapýarys. Munda $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ jisimiň uçuş wagty.

Diýmek, jisimiň uçuş uzaklygy $S = v_0 \cdot \sqrt{\frac{2h}{g}} \approx 12,1$ m - e deň bolýar.

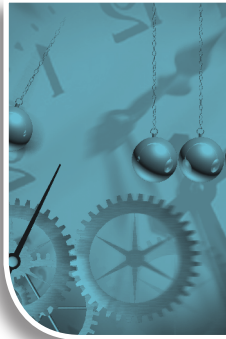
Eger jisimiň başlangyç tizligini artdyrsak, uçuş aralygy hem barha artýar.



1.8-nji surat



1.9-njy surat



2. Kosmos tizlikleri.

Yerīn emeli hemralarynyñ hereketi Yerīn dartylma meýdanyndaky herekete mysal bolup biler. Eger ýokardaky meselede görşümiz ýaly belli bir belentlikden gorizonta ugurda oklanýan jisimiñ başlangyç tizligini artdyrsak, onuñ uçuş uzaklygy hem artýar. Başlangyç tizligiñ belli bir bahasyna eýe bolanda jisim Yerīn töwereginde aýlanma orbita boýunça hereket edýär. Netijede jisim Yerīn emele hemrasy bolup galýar. (1.10-njy *a* surat). Munuñ üçin jisimi ilki bilen Yerīn üstünden gerekli beýiklige alyp çykamak we oña gorizonta ugurda gerekli bolan tizligi bermek gerek. Bu wezipäni alyp barýan raketalar ýerine ýetirýär. Alyp barýan raketalar ýörite kosmodromlarda wertikal ugurda herekete getirilýär. 300–400 km beýiklikde howanyñ garşylyk güýji duýulmaýar diýen ýaly (1.10-njy *b* surat).

Jisimiñ Yerīn üstüne ýakyn yerinde aýlanma traýektoriya boýunça hereketlenmegi üçin zerur bolan minimal tizlige birinji kosmos tizligi diýilýär.

Jisim Yerīn üstüne ýakyn aralykda Yerīn dartylma meýdanynda aýlanma traýektoriya boýunça hereketlenende jisime täsir edýän merkeze ymtylýan güýç Yerīn dartylma güýjünden ybarat bolýar. Ýagny:

$$\frac{mv^2}{R} = G \frac{Mm}{R^2} \text{ Mundan } v_1 = \sqrt{G \frac{M}{R}} \quad (1) \text{ bolýandygyny anyklaýarys.}$$

$g = \frac{GM}{R^2}$ bolany üçin (1) formulany $v_1 = \sqrt{gR}$ görnüşde aňlatmak mümkin

Yerīn radiusy $R = 6370 \text{ km}$, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ bolýanlygyny hasaba alyp, birinji kosmos tizliginiñ san bahasyny hasaplaýarys:

$$v_1 = \sqrt{gR} = \sqrt{9,81 \cdot 6370000} \approx 7,9 \frac{\text{km}}{\text{s}}$$

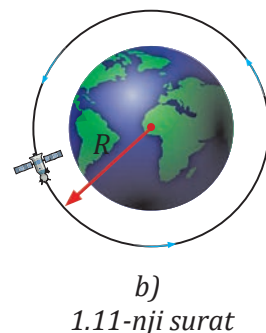
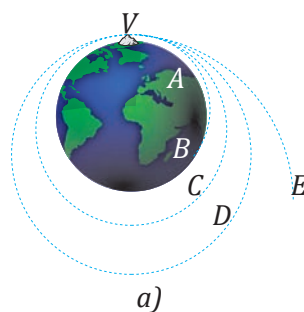
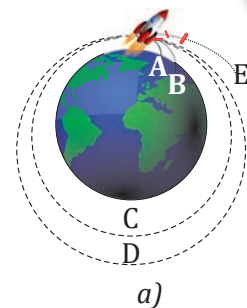
Şeýle tizlik bilen hereketlenýän Yerīn emeli hemrasy Yerīn töwereginde 84 minut 12 s-da bir gezek doly aýlanyp çykýar.

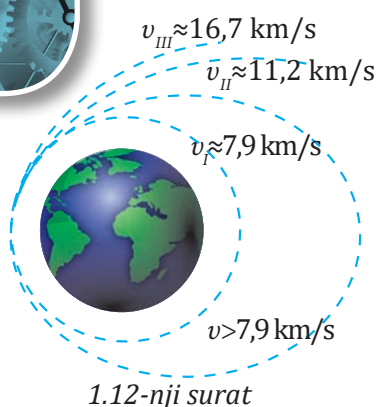
Yerīn töwereginde hereketlenýän jisimiñ tizliginiñ san bahasyna garap onuñ hereket traýektoriasy dürli görnüşe eýe bolýar (1.11-nji *a* surat). Eger jisime gerek bolan uly, ýagny $v_0 < 7,9 \text{ km/s}$ bolsa, hereket traýektoriasy paraboladan ybarat bolýar we jisim Ýere gaýdyp düşýär. Eger jisime ýeterliçe uly, ýagny $v_0 = v_1 \approx 7,9 \text{ km/s}$ tizlik berilse, jisim Yerīn töwereginde töwerek traýektoriasy boýunça hereketlenýär we onuñ emeli hemrasy öwrülýär (1.11-nji *b* surat).

Ikinji we üçünji kosmos tizlikleri

Gün sistemasyndaky beýleki planetalary barlamak üçin jisime birinji kosmos tizliginden hem ulurak tizlik bermek zerur. Bu tizlige ikinji kosmos tizligi diýip at berilýär.

Ikinji kosmos tizligi birinji kosmos tizliginden $\sqrt{2}$ esse uly bolýar. Ýagny: $v_{II} = \sqrt{2}v_1 = \sqrt{2gR} \approx 11,2 \frac{\text{km}}{\text{s}}$ -e deň.





Jisim Ýeriň dartys güýjüni ýeňip, Günň emeli hemrasy bolup galmagy üçin zerur bolan minimal tizlige *ikinji kosmos tizligi* diýilýär.

Kosmos gämisi Gün sistemasyndan çykyp, uzak älemi öwrenmek üçin galaktika boýunça hereketlenmeli. Günň dartylma güýjüni ýeňip Gün sistemasyny terk etmegi üçin kosmos gämisine üçünji kosmos tizligini bermeli. Hasaplamalara görä üçünji kosmos tizliginiň san bahasy $v_{III} \approx 16,7$ km/s deň bolýar (1.12-nji surat).



1. Howanyň garşylyk güýji nähili belentlikde duýulmaýar?
2. Jisimler degişli kosmos tizlikleri bilen hereket etse, olaryň hereket traýektoriyasy nähili bolýar?
3. Näme üçin kosmos tizlikleri bir-birinden tapawutlanýar?

Mesele çözmegiň nusgasy:

Emeli hemra Ýerden $h = 1600$ km belentlikde ekwator tekizliгинде ýerleşen töwerek orbitasy boýunça uçmagy üçin Ýere görä nähili v_h tizlige eýe bolmaly? Ýeriň radiusy $R = 6400$ km, Ýeriň üstündäki erkin gaçma tizlenmesi $g_0 = 9,8$ m/s² a diýip alynsyn.

Berlen:	Formula:	Çözülişi:
$R = 6400 \text{ km} = 64 \cdot 10^5 \text{ m}$ $h = 1600 \text{ km} = 16 \cdot 10^5 \text{ m}$ $g_0 = 9,8 \text{ m/s}^2$ $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}$	$F = G \frac{mM}{(R+h)^2};$ $F_{m.i.} = \frac{mv_h^2}{(R+h)}$	$v_h = \sqrt{9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \frac{(64 \cdot 10^5 \text{ m})^2}{(64 \cdot 10^5 + 16 \cdot 10^5) \text{ m}}} \approx 7 \frac{\text{km}}{\text{s}}$
$v_h = ?$	$g \frac{mM}{(R+h)^2} = \frac{mv_h^2}{(R+h)}$ $v_h = \sqrt{G \frac{M}{R+h}};$ $v_h = \sqrt{g \frac{R^2}{R+h}}$	Jogaby: $v_h \approx 7 \text{ km/s}.$

MESELELER ÇÖZMEK

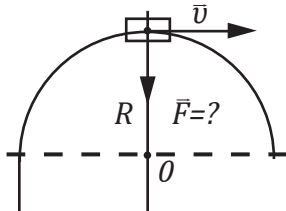
4-nji TEMA

Meseleler çözmegiñ nusgalary:

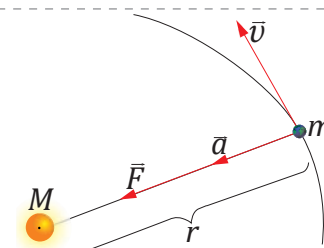
1. Eger massasy 4 t bolan awtomobil radiusy 10 m bolan öwrümde 36 km/h tizlik bilen hereketlense, ol asfalta gorizonta ugurda näçe Nýuton güýç bilen täsir edýär. Eger hereket tizligi iki esse artsa, bu güýç näçe esse artýar (1.13-nji surat)?



1.13-nji surat

Berlen:	Formula:	Çözülişi:
$v_1 = 36 \text{ km/h} = 10 \text{ m/s}$ $m = 4 \text{ t} = 4 \cdot 10^3 \text{ kg}$ $R = 10 \text{ m}$ $v_2 = 2 v_1$ $F_1 = ?$ $\frac{F_2}{F_1} = ?$	$F_1 = \frac{m v_1^2}{R}$ $F_2 = \frac{m v_2^2}{R}$ 	$F_1 = \frac{4 \cdot 10^3 \text{ kg} (10 \text{ m/s})^2}{10 \text{ m}} = 40 \cdot 10^3 \text{ N}$ $F_2 = \frac{4 \cdot 10^3 \text{ kg} (20 \text{ m/s})^2}{10 \text{ m}} = 160 \cdot 10^3 \text{ N}$ $\frac{F_2}{F_1} = 4$ Jogaby $F_1 = 40 \text{ kN}$; $\frac{F_2}{F_1} = 4$.

2. Ýer ortaça 30 km/s tizlik bilen orbita boýunça hereket edýär. Ýeriñ orbitasynyñ radiusy $1,5 \cdot 10^8 \text{ km}$ bolýanlygyndan peýdalanyp, Günüñ massasyny tapyň (1.14-nji surat)?



1.14-nji surat

Berlen:	Formula:	Çözülişi:
$v = 30 \text{ km/s} = 3 \cdot 10^4 \text{ m/s}$ $R = 1,5 \cdot 10^8 \text{ km} = 1,5 \cdot 10^{11} \text{ m}$ $M = ?$	$F = G \frac{Mm}{R^2}; F = ma$ $a = \frac{v^2}{R}; M = \frac{Rv^2}{G}$	$M = \frac{1,5 \cdot 10^{11} \text{ m} (3 \cdot 10^4 \text{ m/s})^2}{6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}} \approx 2 \cdot 10^{30} \text{ kg}$ Jogaby: $M \approx 2 \cdot 10^{30} \text{ kg}$.



3-nji gönükme

1. Her biri 4 N-dan bolan we bir tekizlikde ýatýan üç güýjüň deň täsir edijisiniň modulyny we ugruny tapyň. Birinji we ikinji hem-de ikinji we üçünji güýçleriň arasyndaky burçlar 60° -a deň.

2. OX oky boýunça ugrugan 6 N güýç täsir edýän jisimiň hereket deňlemesi $x = 5 + 2t + 3t^2$ (m) görnüşde bolsa, jisimiň massasyny tapyň.

3. Massasy 1 t bolan awtomobil radiusy 100 m bolan egri ýolda hereketlenýär. Awtomobiliň tizligi: a) 18 km/h; b) 36 km/h bolan ýagdaýlarda awtomobile täsir edýän merkeze ymtylýan güýji tapyň.

4. Massasy 40 kg we 50 kg bolan iki sany ogan buzuň üstünde konkide dur. Birinji ogan ikinjisini 10 N güýç bilen itekleýär. Munda çagalar nähili tizlige eýe bolar?

5. Saturn planetasynyň radiusy 60000 km, ondaky erkin gaçma tizlenmesi bolsa $11,44 \text{ m/s}^2$ -a deň. Şu planeta üçin birinji kosmos tizligini tapyň.

6. Massasy Ýeriň massasyndan 4 esse uly, radiusy bolsa Ýeriň radiusyna deň bolan planeta üçin birinji kosmos tizligini tapyň.

7. Emeli hemranyň orbitasynyň radiusy 4 esse kemelse onuň töwerekleýin orbita boýunça aýlanma döwri nähili üýtgär?

8. Planetanyň radiusy 13500 km, erkin gaçma tizlenmesi 6 m/s^2 bolsa, şu planeta üçin birinji kosmos tizligi nämä deň?

9. Ýeriň üstünden üç Ýeriň radiusyna deň beýiklikde birinji kosmos tizligi nämä deň?



Goşmaça ýumuşlar:

1. Suratlarda görkezilen awto-moto transportlaryň hereketinde nähili baglanyşyk bar?



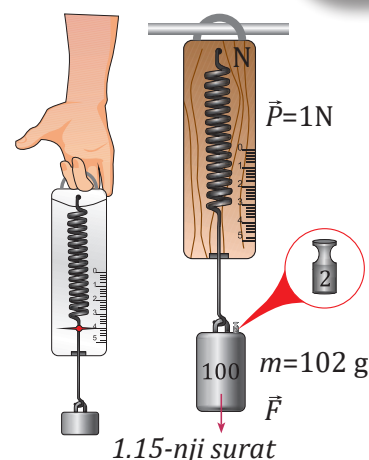
JISIMJISIMIŇ AGYRLYGYNÝŇ HEREKETIŇ GÖRNÜŞINE BAGLYLYGY

5-nji TEMA

1. Jisimiň agyrlıgy.
2. Jisimiň güberçek üstäki hereketi.
3. Jisimiň oýuk üstäki hereketi (Nesterow halkasy).
4. Agramsyzlyk.

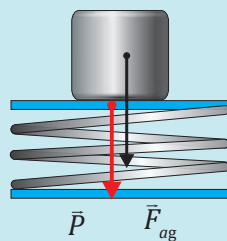
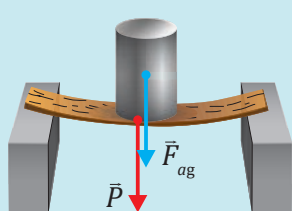
1. Jisimiň agyrlıgy

Gündelik durmuşda jisimiň agyrlıgy adalgasyndan köp peýdalanýarys. Adatça terezide jisimleriň massasy ölçenýär. Jisimiň agyrlıgy dinamometrde ölçenýär (1.15-nji surat). Jisimiň agyrlıgy oňa Ýeriň dartıyş güýji täsir edenligi üçin emele gelýär. Şu sebäpli jisimiň agyrlıgy massa bagly bolýar (1.16-nji surat).

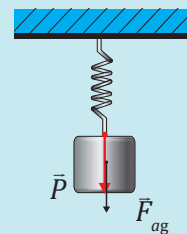


1.15-nji surat

Jisimiň daýanja ýa-da asma edýän täsirine *jisimiň agyrlıgy* diýilýär.



1.16-nji surat

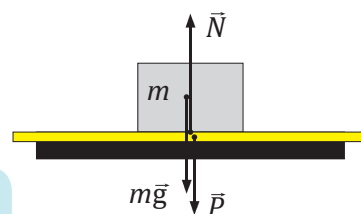


Daýançada duran ýa-da asma asylan jisimiň agyrlıgy ($\vec{P}$) jisim dynçlykda duranda agyrlık güýji ($\vec{F}_{ag}$)-a deň bolýar (1.17– 1,18-nji suratlar).

$$\vec{P} = m\vec{g} \quad (1)$$

Ýagniy: agyrlık güýji hemişe jisimiň özüne täsir edýär.

Jisimiň agyrlıgy we agyrlık güýjüniň tapawudy bu güýçleriň dürli görnüşdäki jisimlere goýulmagynda.



1.17-nji surat

Umumy ýagdaýda jisimiň agyrlıgynyň formulasy. $\vec{P}=m(\vec{g}-\vec{a})$ bu formula skalýar görnüşde

$$P = m\sqrt{g^2 + a^2 - 2gac\cos\alpha} \quad (2) \text{ arkaly aňladylýar.}$$

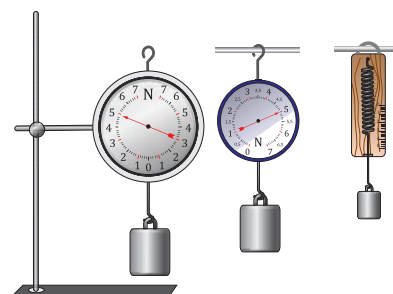
$\alpha - \vec{g}$ we $\vec{a}$ arasyndaky burç.

α -nyň käbir hususy bahalary üçin (2) aňlatmany ýönekeýleşdirýäris.

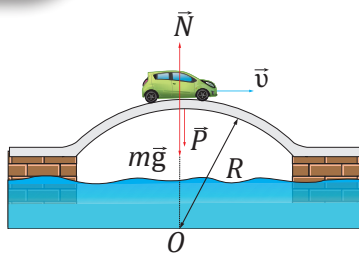
1) $\alpha = 0^\circ$ ($\cos \alpha = 1$) bolsa, $P = m(g-a)$ aşaga deňölçegli tizlenýän ýa-da ýokary deňölçegli haýallaýan hereketde.

2) $\alpha = 90^\circ$ ($\cos \alpha = 0$) bolsa, $P = m\sqrt{g^2 + a^2}$ gorizonta ýagdaýda a tizlenme bilen hereketde.

3) $\alpha = 180^\circ$ ($\cos \alpha = -1$) bolsa, $P = m(g+a)$ ýokary deňölçegli tizlenýän ýa-da pese deňölçegli haýallaýan hereketde.



1.18-nji surat



1.19-njy surat

2. Jisimiň güberçek üstdäki hereketi

Güberçek köpriniň üstünde v tizlik bilen deňölçegli hereketlenýän awtomobil köpriniň iň ýokarsynda R radiusly töweregiň bir bölegi boýunça hereket edýär. Köpriniň ýokary nokadynda awtomobiliň merkeze ymtylýan tizlenmesi $a = \frac{v^2}{R}$ wertikal boýunça pese ugrugýar. Awtomobile bu tizlenmäni oňa täsir edýän agyrylyk güýji ($\vec{F}_{ag} = m\vec{g}$) we köpriniň reaksiýa ($\vec{N}$) güýjüniň deň täsir edijisi berýär. 1.19-njy surata görä, F_{ag} we N güýçleriň ugry garşylykly bolanlygy sebäpli deň täsir ediji güýç olaryň tapawudyna deň bolýar.

$$F = mg - N.$$

$$ma = mg - N \quad (3)$$

Nýutonyň üçünji kanunyna görä, awtomobiliň $\vec{P}$ agyrylygy köpriniň N reaksiýa güýjüne modul taýdan deň bolýar:

$$P = -N; \quad P = mg - ma = m \left(g - \frac{v^2}{R} \right) \quad (4)$$

Diýmek, köpriniň ýokary nokadynda awtomobil we onuň içindäki adamlaryň agyrylygy kemelýär. Ýagny $P < mg$.

3. Jisimiň oýuk üstdäki hereketi (Nesterow halkasy)

Wertikal tekizlikde egri çyzykly traýektoriya boýunça hereketlenýän uçaryň içindäki uçujynyň agyrylygy üýtgeýär. Traýektoriyanıň aşaky nokadynda uçaryň hereketini töweregiň bir bölegi boýunça hereket diýip garamak mümkin. Bu nokatda uçujynyň merkeze ymtylýan tizlenmesi wertikal ýokary ugrugan bolýar. Uçaryň beýle traýektoriya boýunça hereketi «Nesterow halkasy» diýip atlandyrylýar.

1.20-nji surata görä, uçuja täsir edýän mg we $\vec{N}$ güýçleriň ugurlary garşylykly bolanlygy sebäpli deň täsir ediji güýç olaryň tapawudyna deň bolýar.

Ýagny:

$$F = N - mg.$$

Nýutonyň II kanuna görä:

$$ma = N - mg \quad (5).$$

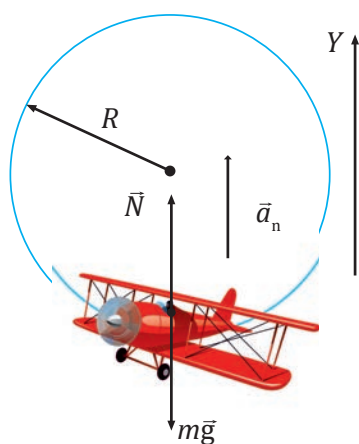
Bu ýagdaýda hem uçujynyň agyrylygy modul boýunça reaksiýa güýjüne deň bolýar, $\vec{P} = -\vec{N}$.

$$P = mg + ma = m \left(g + \frac{v^2}{R} \right) \quad (6)$$

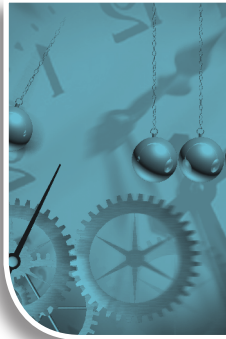
ýagny $P > mg$. Jisim oýuk üst boýunça hereketlenende (7) formula

görä traýektoriyanıň aşaky nokadynda onuň agyrylygy $m \frac{v^2}{R}$ -a artýar. Netijede jisim **ýüklenme** alýar. Atykmaç ýüklenmede uçujy bedeninde agyrylyk duýýar. Jisimiň alýan ýüklenmesi onuň hereketiniň dowamyndaky agyrylygynyň dynclyk ýagdaýdaky agyrylygyna bolan gatnaşygy arkaly anyklanylýar:

$$n = \frac{mg + ma}{mg} = 1 + \frac{a}{g}$$



1.20-nji surat



4. Agramsyzlyk

Diñe grawitasion güýjüň täsirinde erkin hereket edýän her bir jisim agramsyzlyk ýagdaýynda bolýar (1.21-nji surat).

Jisimiň daýanja ýa-da asma edýän täsir güýji nola deň bolsa, ýag-ny agyrlygynyň ýok bolýan ýagdaýyna hem agramsyzlyk diýilýär.
 $P = mg - ma = 0 \text{ N}$.



1. Eger jisim gorizonta ugurda tizlenme bilen hereket etse, onuň agyrlygy üýtgeýärmí?

2. Eger jisim oýuk üst boýunça hereketlenýän bolsa, onuň agyrlygy nähili üýtgeýär?

3. Kosmos gämisini orbita alyp baryan raketa uçurylanda kosmonawtyň agyrlygy nähili üýtgeýär?

4. «Nesterow halkasy»nyň ýokary traýektoríýasynda uçujynyň agyrlygy nähili bolar?

5. Jisimiň agyrlygynyň üýtgemegi bilen bile onuň massasy hem üýtgeýärmí?



1.21-nji surat

Mesele çözmegiň nusgasy

Massasy 100 kg bolan ýüküň agyrlygy:

a) $0,3 \text{ m/s}^2$ tizlenme bilen ýokary wertikal göterilende;

b) deňölçegli hereket edende;

d) $0,4 \text{ m/s}^2$ tizlenme bilen pese gaçanda;

e) erkin gaçanda nämä deň bolar?

$g = 10 \text{ m/s}^2$ diýip alyň.

Berlen:	Formula:	Çözülişi:
$m = 100 \text{ kg}$ $a_1 = 0,3 \text{ m/s}^2$ $a_2 = 0 \text{ m/s}^2$ $a_3 = 0,4 \text{ m/s}^2$ $a_4 = g$; $g = 10 \text{ m/s}^2$	$P_1 = m (g + a_1)$ $P_2 = mg$ $P_3 = m(g - a_3)$ $P_4 = m \cdot (g - a_4)$	a) $P_1 = 100 (10 + 0,3) \text{ N} = 1030 \text{ N} = 1,03 \text{ kN}$ b) $P_2 = 100 \cdot 10 = 1000 \text{ N} = 1 \text{ kN}$ d) $P_3 = 100 \cdot (10 - 0,4) \text{ N} = 100 \cdot 9,6 = 960 = 0,96 \text{ kN}$; e) $P_4 = 100 \cdot (10 - 10) \text{ N} = 0 \text{ N}$ Jogaby: $P_1 = 1,03 \text{ kN}$, $P_2 = 1 \text{ kN}$, $P_3 = 0,96 \text{ kN}$, $P_4 = 0 \text{ N}$.

4-nji gönükme



1. Güberçek köprüden geçýän awtomobiliň iň ýokary nokatdaky merkeze ymtylýan güýji 5000 N bolup, ol köprü 8000 N güýç bilen basan bolsa, awtomobiliň massasy näçä (t) deň?

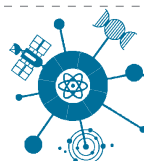
2. «Nesterow halkasy» boýunça hereketlenýän uçaryň tizligi 100 m/s , uçujynyň massasy 70 kg, halkanyň radiusy 200 m bolsa, traýektoríýanyň iň aşaky nokadynda uçujynyň oturgyja berýän basyş güýjüni tapyň.

I BAP. DINAMIKA. STATIKANYŇ ELEMENTLERI

3. Massasy 60 kg bolan adamyň 2 m/s² tizlenme bilen pese wer-tikal deňölçegli haýallanýan hereket edýän liftdäki agyrlygyny tapyň.

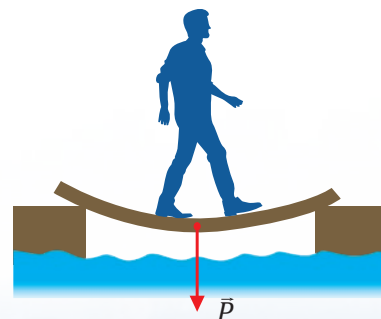
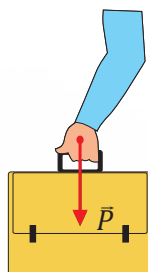
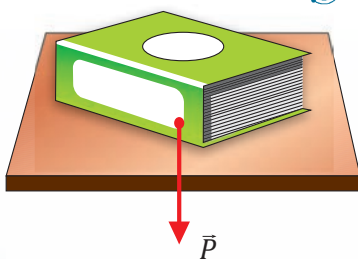
4. Massasy 65 kg bolan lyžaçy 2 m/s tizlik bilen egrilik radiusy 20 m bolan oýuk ýoluň iň çuň ýerinde hereketlenende nähili agyrly-ga eýe bolar?

5. Egrilik radiusy 100 m bolan güberçek köpriniň iň ýokarsyn-daky nokadynda awtomobiliň agyrlygy dynçlyk ýagdaýdaka görä nä-hili kemeler? Awtomobiliň massasy 2 t, hereket tizligi 54 km/h -e deň.



Goşmaça ýumuş

1. Suratdaky ýagdaýlarda jisimiň agyrlygy nähili bolýar?



2. Bu köprüleriň haýsy böleginde hereketlenende agyrlygyň artýandygyny ýa-da kemelýändigini düşündiriň.

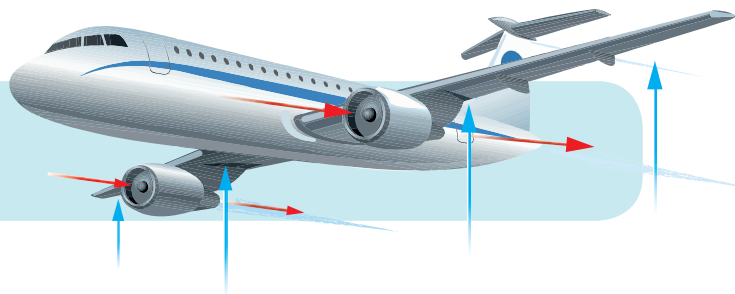


JISIMIŇ BIRNÄÇE GÜYJÜŇ TÄSIRINDÄKI HEREKETI

6-njy TEMA

1. Jisimiň gorizontalk tekizlikdäki hereketi.
2. Jisimlerin gozganmaýan blokdaky hereketi.

Uçara nähili güýçler täsir edýär?



1. Jisimiň gorizontalk tekizlikdäki hereketi

Jisimiň mehaniki hereketine gözegçilik edenimizde, bu hereketiň ýeke-täk güýjüň täsirinde däl-de, eýsem birnäçe güýjüň täsirinde bolup geçýändigini bilmek mümkin.

Gorizontalk üstde duran jisimi üstüň ugry boýunça ugrugan dartýş güýji bilen hereketlenende, oňa aşakdaky güýçler täsir edýär: Dartýş güýji ($\vec{F}_d$), sürtülme güýç ($\vec{F}_{\text{sürt}}$), agyrlýk güýji ($\vec{F}_{\text{ag}}$), daýanjyň normal reaksiýa güýji ($\vec{N}$).

Jisimi hereketlendirmek üçin dartýş güýji dynçlykdaky sürtülme güýjünden uly bolmaly:

$$F_d > F_{\text{sürt}}$$

Munda jisim ýerinden gozgalyp, tizlenme bilen hereketlenip başlaýar. Jisimiň tizlenmesini tapmak üçin hereket ugrundaky deň täsir ediji güýji (F) anyklamaly.

1.22-nji surata görä, $\vec{F} = \vec{F}_d + \vec{F}_{\text{sürt}}$. Güýçleriň garşylykly ugurda bolýandygyny hasaba alsak:

$$F = F_d - F_{\text{sürt}} \quad (1)$$

bu ýerde $N = mg$ bolmagy sebäpli sürtülme güýji

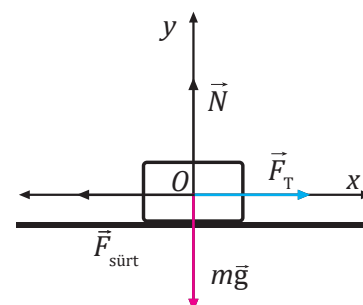
$$F_{\text{sürt}} = \mu N = \mu mg \quad (2)$$

aňlatma bilen anyklanýar.

Nýutonyň ikinji kanunyndan we (2) formuladan peýdalanyp aşakdaky aňlatmany alýarys:

$$a = \frac{F_d - \mu mg}{m} \quad (3)$$

Gorizontalk üstde duran jisimi üste görä ýapgyt ugrugan güýç bilen çeksek, onuň hereketini anyklamak üçin dartýş güýji emele getirýänlere bölýäris. Munuň üçin üstüň ugruna we oňa dik ugurda OX we OY koordinata oklaryny geçirýäris (1.23-nji surat). Üst boýunça hereket ugrundaky deň täsir edýän güýji tapýarys:



1.22-nji surat

I BAP. DINAMIKA. STATIKANYŇ ELEMENTLERI



$$F_x = F_{dx} - F_{sürt}$$

Munda $F_{dx} = F_d \cos \alpha$ dartyjy güýjüň OX okundaky emele getirijisi. Bu ýagdaýda dartyjy güýjüň OY okundaky emele getirijisi $F_{dy} = F_d \sin \alpha$ hasabyna üstüň normal reaksiýa güýji:

$$N = mg - F_d \sin \alpha$$

Diýmek, şürtülme güýji:

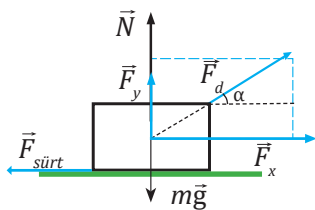
$$F_{sürt} = \mu N = \mu (mg - F_d \sin \alpha) \quad (4)$$

Onda OX ugrundaky deň täsir edýän güýç

$$F_x = F_d \cos \alpha - \mu (mg - F_d \sin \alpha) \quad \text{deň.} \quad (5)$$

$F_x = ma$ we (5) dan peýdalanyp jisimiň tizlenmesi:

$$a = \frac{F_d \cos \alpha - \mu (mg - F_d \sin \alpha)}{m} - \alpha \text{ deň.} \quad (6)$$



1.23-nji surat

2. Jisimleriň gozganmaýan blokdaky hereketi

Massalary m_1 we m_2 bolan jisimler agramsyz gozganmaýan bloka 1.24-nji suratdaky ýaly süýnmeýän we agramsyz ýüp arkaly asyp goýlan. Jisimleriň massalary deň bolsa, olar dynçlykda durýar ýada deňölçepli hereketlenýär. Munda ýüpiň dartgynlyk güýji (F_d) bir sany jisimiň (P) agyrlygyna deň bolýar:

$$F_d = P$$

Jisimleriň massalary dürli ($m_2 > m_1$) bolsa, ikinji jisim pese, birinji jisim bolsa ýokara tizlenme bilen hereketlenýär. Jisimleriň tizlenmesini we dartgynlyk güýjüni tapmak üçin olara täsir edýän güýçleriň ugurlaryny anyklaýarys. Jisimlere pese ugrugan agyrlýk güýji, ýokara ugrugan ýüpiň dartgynlyk güýji täsir edýär. Bu güýçleriň deň täsir edijileri her bir jisime tizlenme berýär. Ýüp süýnmeýän bolanlygyndan jisimleriň tizlenmesi mukdar taýdan deň, ugurlary bolsa garşylykly bolýar. Birinji jisim üçin deň täsir edýän güýç:

$$F_1 = T - m_1 g$$

ikinci jisim üçin

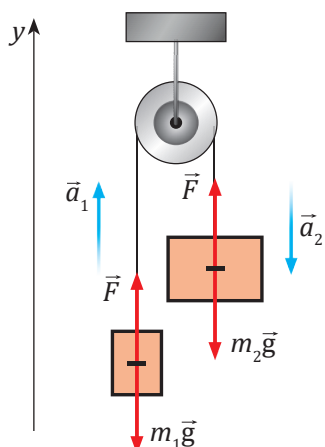
$$F_2 = m_2 g - T \text{ -ge deň bolýar.}$$

Bu deňlemelerden jisimleriň tizlenmelerini we ýüpiň dartgynlyk güýjüni tapýarys:

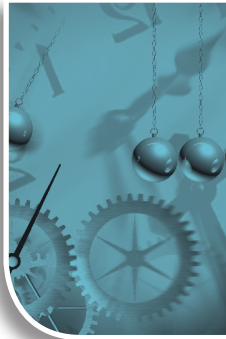
$$\begin{cases} T = m_1 (g + a) \\ T = m_2 (g - a) \end{cases} \quad (7)$$

$$a = \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} g; \quad (8)$$

$$T = \frac{2m_1 m_2}{m_1 + m_2} g. \quad (9)$$



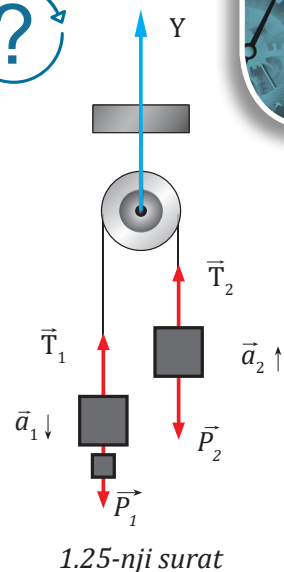
1.24-nji surat



1. Gorizontal üstde jisimiň birnäçe güýjüň täsirindäki hereketi- ne mysallar getiriň.
2. Gozganmaýan blokda haýsy ululyklar iki tarap üçin hem bir-meñzeş baha eýe bolýar?
3. Dynçlykda duran jisime dört tarapdan güýçler täsir edýär we deňagramlylykda durýar. Jisim haçan herekete gelmegi mümkin?

Mesele çözmegiň nusgasy

Massalary 230 g -dan bolan iki sany ýük agramsyz ýüpüň köme-ginde özara baglanyp, gozganmaýan bloğa asylan. Eger ýüklerden birine 30 g goşmaça ýük asylsa, olar nähili tizlenme bilen hereketle-ner? Hereket başlanandan 0,5 s wagt geçenden soň, ýükleriň tizligi nähili bolar? Şu wagtyň dowamynda ýükler nähili aralygy basyp ge-çer? Sürtülmäni hasaba almaň (1.25-nji surat).



1.25-nji surat

Berlen:	Formula:	Çözülişi:
$m_1 = m_2 = 230 \text{ g} = 0,23 \text{ kg}$ $m_3 = 30 \text{ g} = 0,03 \text{ kg}$ $t = 0,5 \text{ s}$ $v_0 = 0$ $a = ?; v = ?$ $s = ?$	$T_1 = T_2 = T$ $a_1 = a_2 = a$ $\begin{cases} (m_1 + m_3)g - T = (m_1 + m_3)a \\ T - m_2g = m_2a \end{cases}$ $a = \frac{(m_1 + m_3)g - m_2g}{(m_1 + m_3) + m_2}$ $v = v_0 + at = at$ $s = \frac{at^2}{2}$	$a = \frac{30 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{(230 \cdot 10^{-3} \text{ kg} + 30 \cdot 10^{-3} \text{ kg}) + 230 \cdot 10^{-3} \text{ kg}} = 0,61 \text{ m/s}^2$ $v = 0,61 \text{ m/s}^2 \cdot 5 \text{ s} \approx 3,05 \text{ m/s};$ $S = \frac{at^2}{2} = \frac{0,61 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 25 \text{ s}^2}{2} = 7,5 \text{ m}$ Jogaby: $a = 0,61 \text{ m/s}^2,$ $v \approx 3,05 \text{ m/s},$ $s = 7,5 \text{ m}.$

5-nji gönükme



1. Gozganmaýan blok arkaly geçirilen tanabyň uçlaryna massa-lary 0,3 kg we 0,2 kg bolan ýükler asylan. Ýükleriň nähili tizlenme aljagyny we tanabyň hereket wagtyndaky dartgynlyk güýjüni tapyň.
2. Gozganmaýan blok arkaly geçirilen tanabyň uçlaryna massa-lary 95 g we 105 g bolan ýükler asyp goýberildi. Ýükleriň nähili tizlenme aljagyny we tanabyň hereket wagtyndaky dartgynlyk güýjüni tapyň. $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.
3. Her biriniň massasy 100 g -dan bolan iki ýük gozganmaýan blok arkaly geçirilen ýüpüň uçlaryna asylan. Ýüklerden biriniň üstü-ne $m_0 = 50 \text{ g}$ goşmaça ýük goýlan. Sistema herekete gelende goşmaça ýük öz duran jisimine nähili güýç bilen täsir eder?
4. Agramsyz blok arkaly geçirilen ýüpüň uçlaryna 2 sany daş asylan. Munda ýeňilräk daş agyrrak daşdan 2 m pesde dur. Eger daşlar agyrylyk güýjüniň täsirinde hereketlense, 2 s-dan soň olar birmeñzeş beýiklikde bolýar. Daşlaryň massalarynyň gatnaşygy nähili?

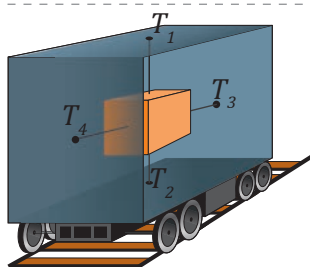
7-nji TEMA

MESELELER ÇÖZMEK

Mesele çözmegiň nusgalary

1. Lift 3 m/s^2 tizlenme bilen wertikal pese hereketlenýär, liftdäki 50 kg massaly çaganyň agyrlıgy nähili bolar?

Berlen:	Formula:	Çözülüşi:
$m = 50 \text{ kg};$ $a = 3 \text{ m/s}^2$ $g = 10 \text{ m/s}^2$ $P = ?$	$P = m(g - a)$	$P = 50 \text{ kg} \cdot (10 \text{ m/s}^2 - 3 \text{ m/s}^2) = 350 \text{ N}$ Jogaby: $P = 350 \text{ N}.$



1.26-njy surat

2. T_3 güýjüň ugrunda tizlenme bilen hereketlanýan wagonyň öňdäki we arka diwarlaryna hem-de potolok we poluna jisim suratda görkezilişi ýaly ýüpler bilen daňlan. Munda ýüpleriň dartgynlyk güýji degişlilikde $T_1 = 15 \text{ N}$, $T_2 = 7 \text{ N}$, $T_3 = 1,6 \text{ N}$ we $T_4 = 0,6 \text{ N}$ bolsa, wagonyň tizlenmesini tapyň (1.26-njy surat).

Berlen:	Formula:	Çözülüşi:
$T_1 = 15 \text{ N}; T_2 = 7 \text{ N}$ $T_3 = 1,6 \text{ N}; T_4 = 0,6 \text{ N}$ $g = 10 \text{ m/s}^2$ $a = ?$	$mg = T_1 - T_2;$ $ma = T_3 - T_4$ $a = \frac{T_3 - T_4}{T_1 - T_2} g$	$a = \frac{1,6 \text{ N} - 0,6 \text{ N}}{15 \text{ N} - 7 \text{ N}} 10 \text{ m/s}^2 = 1,25 \text{ m/s}^2$ Jogaby: $a = 1,25 \text{ m/s}^2.$



1.27-nji surat

3. Suratda görkezilen gurluşda süýnmeýän ýüpüň dartgynlyk güýjüni we jisimiň tizligini tapyň. Jisimiň massasy $m = 100 \text{ g}$ we dartyjy güýç $F = 1,2 \text{ N}$ -a deň. Bloguň massasyny hasaba almaň. $g = 10 \text{ m/s}^2$ (1.27-nji surat).

Berlen:	Formula:	Çözülüşi:
$m = 100 \text{ g} = 0,1 \text{ kg}$ $F = 1,2 \text{ N}$ $g = 10 \text{ m/s}^2$ $R = 100 \text{ m}$ $v = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ $T = ? \quad a = ?$	$\begin{cases} F = T \\ T - mg = ma \end{cases}$ $a = \frac{F - mg}{m} = \frac{F}{m} - g$	$F = T = 1,2 \text{ N}$ $a = \frac{1,2 \text{ N}}{0,1 \text{ kg}} - 10 \text{ m/s}^2 = 2 \text{ m/s}^2$ Jogaby: $T = 1,2 \text{ N}; a = 2 \text{ m/s}^2.$

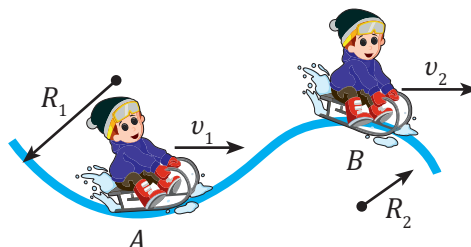
6-njy gönükme



1. Ўзде 50 kg massaly ýüki göterip bilmeýän adamyň Aýda nähili ýüki göterip biljegini tapyň. Aýda erkin gaçma tizlenmesi $1,6 \text{ m/s}^2$, ýerde bols $9,8 \text{ m/s}^2$ -a deň.

2. Awtomobil radiusy 100 m bolan oýuk köpriniň ortasyndan geçýän wagtynda nähili tizlik bilen hereketlense, basyş güýji 25 kN -a deň bolar? Awtomobiliň massasy 2 t -e deň.

3. Eger $R_1=20 \text{ m}$, $v_1= 10 \text{ m/s}$, $R_2= 10 \text{ m}$, $v_2= 5 \text{ m/s}$ bolsa massasy 40 kg bolan oglanyň A we B ýagdaýdaky agyrlygyny tapyň. (1.28-nji surat).



1.28-nji surat

4. Ýüp gozganmaýan blokdan geçirilip, bir ujuna 15 N, ikinji ujuna 25 N agyrykdaky ýükler asylan bolsa, olar nähili tizlenme bilen hereketlener (m/s^2)?

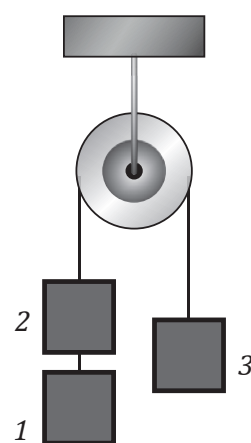
5. Gozganmaýan bloga ýüp arkaly iki sany birmeňzeş m massaly ýük asylan. Bir wagtyň özünde ýüklere çep tarapa $3m$ massaly, sag tarapa m massaly goşmaça ýük goýlan. Sistemanyň hereket tizlenmesini tapyň.

6*. Gozganmaýan bloga ýüp bilen üç sany birmeňzeş 5 kg massaly ýük asylan. Sistemanyň hereket tizlenmesini tapyň. Sürtülmäni hasaba almaň (1. 29-nji surat).

7. Egrilik radiusy 9 m bolan oýuk köpriniň aşaky nokadyndaky awtomobiliň agyrlagy gorizontaly ýoldaky agyrlagyndan 1,1 esse uly bolsa, awtomobiliň oýuk köpriniň aşaky nokadyndaky tizligini (m/s) tapyň.

8. Massasy 5 t bolan awtomobil güberçek köprüden $21,6 \text{ km/h}$ tizlik bilen geçýär. Eger köpriniň egrilik radiusy 50 m bolsa, awtomobil köpriniň ortasyna nähili güýç bilen täsir eder?

9. Massasy 50 kg bolan oylan ýüpüň uzynlygy 4 m bolan hiňňilikde uçýar. Orta hasapdan 6 m/s tizlik bilen geçende ol oturgyja nähili güýç bilen basyş eder?



1.29-nji surat



8-nji TEMA

JISIMIŇ ÝAPGYT TEKIZLIKDAKI HEREKETI

1. Ýapgyt tekizlikde jisime täsir edýän agyrylyk güýjüniň emele getirijileri.
2. Ýapgyt tekizlikde sürtülme güýji.
3. Jisimiň ýapgyt tekizlik boýunça pese hereketi.
4. Jisimi ýapgyt tekizlik boýunça ýokary götermek.



Iki işçiden haýsysy kemräk güýç sarplaýar? Sebäbini düşündiriň.



Gündelik durmuşda jisimler hemişe gorizontall üst boýunça däl-de, käte ýapgytlyk boýunça hem hereketlenýär. Beýle ýapgytlyklara biz ýapgyt tekizlikler diýip aýdýarys. Bagdaky taýyp düşmek üçin ýodajyklar (1.30-njy surat), ýapgyt şosseler, yük awtomobiliniň yük ýükleyji estakadalary ýapgyt tekizlige mysal bolýar. Diýmek, ýapgyt tekizlik boýunça jisimleri götermekde ýa-da düşürmekde nämelere üns bermeli, ýapgyt tekizlikleriň ähmiýeti nämelerden ýbarat bolýar?



1.30-njy surat

Ýapgyt tekizliklerden peýdalanmak bize jisimi wertikal götermekde talap edilýän güýjüň bahasyny kemeldýär. Ýapgyt tekizlikde dynçlykda duran ýa-da hereketlenýän jisime birnäçe güýç täsir edýär.

1. Ýapgyt tekizlikde jisime täsir edýän agyrylyk güýjüniň emele getirijileri.

Belli bolşy ýaly, agyrylyk güýji hemişe wertikal pese hereket edýär. Bu güýji ýapgyt tekizlik boýunça pese tarap ugrugan emele getirijisi (F_x) ýapgyt tekizligiň ýapgytlyk burçuna baglylykda aşakdaky ýaly tapylýar:

$$F_x = mgsin\alpha \quad (1)$$

Bu güýç jisimi ýapgytlyk boýunça pese taýdyrýan (dartyjy) güýç hasaplanýar. Agyrylyk güýjüniň ýapgyt tekizlige göni ugrugan emele getirijisi:

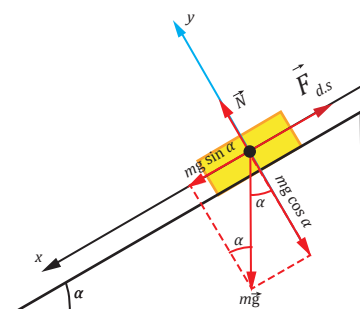
$$F_y = mgcos\alpha \quad (2)$$

formula bilen anyklanýar.

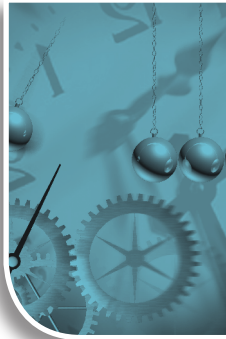
Bu güýç üst tarapyndan jisime täsir edýän normal reaksiýa (N) güýjüne deň bolýar. Nýutonyň III kanunyna görä normal reaksiýa güýji F_y güýje san tarapdan deň ugry boýunça garşylykly bolýar (1.31-nji surat).

$$N = mgcos\alpha \quad (3)$$

Agyrylyk güýjüniň we üstki reaksiýa güýjüniň OX we OY oklary boýunça (proýeksiýa) emele getirýänleri jisim ýapgytlykda dynçlykda durmagyna ýa-da tizlenme bilen hereket etmegine sebäp bolýar.



1.31-nji surat



2. Ўзгариш текизликда сўртүлме гўйи

Ўзгариш текизликдаки жисиме ҳемеше ўзгариш текизлик бўйунча песе уруган агырлык гўйиўниў ОХ окы бўйунча емеле гетирйиси тасир едип дурйар. Егер жисим ўзгариш текизликда дынчлыкда дуран болса, агырлык гўйиўниў ОХ окы бўйунча емеле гетирйисини ҳаўсы гўйч деўаграмлык ўагдаўйна гетирйар? Жисим дынчлыкда дуранда оўа дынчлыкдакы сўртүлме гўйи ($F_{d.s.}$) тасир едйар (1.31-нйи сурат). Бу гўйч ўзгариш текизлик бўйунча ўокара уруган болуп, сан таўдан жисими песе дартйан (F_x) гўйе деў болйар:

$$F_{d.s.} = F_x = mgsin\alpha \quad (4)$$

Егер жисим ўзгариш текизлик бўйунча ўокары ўа-да песе сўйшўан болса, жисиме сўйшме сўртүлме гўйи ($F_{s.s.}$) тасир едйар we ол ўстўн нормал реаксийа гўйи аркалы аўладйлар:

$$F_{s.s.} = \mu N = \mu mgcos\alpha \quad (5)$$

3. Жисимўн ўзгариш текизлик бўйунча песе ҳерекети

Ўзгариш текизликда дуран жисиме баўша жисимлер тасир етмесе, ол диўе агырлык гўйи, ўст биле жисимўн арасындакы сўртүлме гўйи we ўстўн нормал реаксийа гўйчлери тасиринде болйар. Бу гўйчлериўн ўзгариш текизлик бўйунча песе уруган деў тасир едийиси:

$$F = F_x - F_{sürt} \quad (6)$$

деў болйар (1.32-нйи сурат).

Бу ўерде: F – гўйчлериўн теў тасир едийиси, F_x – жисими ўзгариш текизлик бўйунча песе дартйан гўйч, $F_{sürt}$ – жисим we ўзгариш текизлигиўн ўстўниўн арасындакы сўртүлме гўйи.

Жисимўн ўзгариш текизликдаки ҳерекетиниўн гўрнўшине гўрә формуланыўн ҳусусы ўагдаўларйна дуруп геўйарис:

1. Жисимўн песе ўст бўйунча дартйй гўйч дынчлыкдакы сўртүлме гўйиўнде кичи: $F_x < F_{d.s.}$ боланда жисим ўзгариш текизликда дурйар. Бу ўагдаў-да $\mu > tg\alpha$ болйар.

2. $F_x = F_{sürt}$ боланда жисим ўзгариш текизликда дынчлыкда дурйар ўа-да ўйгемеўан тизлик биле песе ҳерекете геўйар. Мунда $\mu = tg\alpha$ болйар.

3. $F_x > F_{s.s.}$ боланда жисим тизленме биле песе ҳерекет едйар. Мунда $\mu < tg\alpha$ болйар.

Деў тасир едйан гўйч $F = ma$ болмагындан пеўдаланyp:

$$ma = m \cdot g \cdot sin\alpha - \mu \cdot m \cdot g \cdot cos\alpha$$

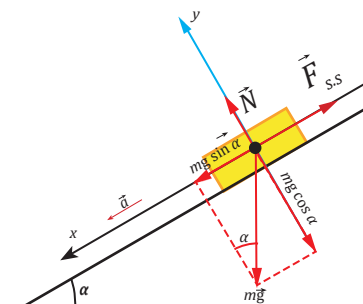
жисимўн тизленмеси:

$$a = g \cdot (sin\alpha - \mu \cdot cos\alpha) \quad (7)$$

деў болйандыгынй тапйарыс.

4. Жисимўн ўзгариш текизлик бўйунча ўокары гўтермек

Жисимўн ўзгариш текизлик бўйунча ўокары гўтермек ўчин оўа текизлик бўйунча ўокары гўнўкдириле даўкы ($F_{d.s.}$) гўйи гўймалы. Бу ўагдаў-да сўйшме сўртүлме ($F_{s.s.}$) гўйи текизлик бўйунча песе гўнўкдирилйар. Жисимўн ўокары ҳерекет угры бўйунча деў тасир едийиси аўакдакы ўалы аныкланылар:



1.32-нйи сурат



$$F = F_{\text{daş}} - (F_x + F_{\text{sürt}}).$$

Eger deň täsir edýän güýç nola deň bolsa:

$$F_{\text{daş}} = mg(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)$$

jisim ýapgytlykda dynçlykda durýar ýa-da üýtgemeyän tizlik bilen ýapgytlyk boýunça ýokary göterilýär.

Eger $F_{\text{daş}} > F_x + F_{\text{sürt}}$ bolsa, jisim ýapgytlyk boýunça ýokary tizlenme bilen göterilýär.

Bu ýagdaýda tizlenme:

$$a = \frac{F_{\text{daş}}}{m} - g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha) \quad (8)$$



formulanyň kömeginde anyklanylýar.

1. Ýapgyt tekizlikdäki jisimiň hereketi ýapgytlyk burçuna nähili bagly?
2. Ýapgyt tekizlikden nähili maksatlarda peýdalanmak mümkin?
3. Ýapgyt tekizlikde jisim haçan deňagramlylykda durýar, nähili şertlerine ýetirilse ol deňölçegli ýa-da tizlenýän hereketde bolýar?

Mesele çözmegiň nusgasy

Oglan garly ýapgyt tekizlikden lyžada pese düşüp gelýär. Ýapgyt tekizligiň gorizonta görä burçy $\alpha = 30^\circ$ we lyža bilen garyň arasyndaky typma sürtülme koeffisiýenti $\mu = 0,15$ -e deň. Oglanyň we lyžanyň bilelikdäki agramy 65 kg. Ýapgyt tekizlikden düşýän oglanyň tizligini anyklaň.

Berlen:	Formula:	Çözülişi:
$\alpha = 30^\circ$ $\mu = 0,15$ $m = 65 \text{ kg}$ $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ $a = ?$	$a = g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)$	$a = 9,8 \text{ m/s}^2 \left(\frac{1}{2} - 0,15 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \approx 3,63 \text{ m/s}^2$ Jogaby: $a \approx 3,63 \text{ m/s}^2$.

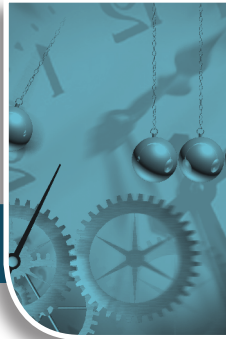


7-nji gönükmе

1. Uzynlygy 13 m, beýikligi 5 m bolan ýapgyt tekizlikde massasy 26 kg bolan ýük dur. Ýük we ýapgyt tekizligiň arasyndaky sürtülme koeffisiýenti 0,5 -e deň. Ýüki ýokary tekiz dartmak üçin tekizlik boýunça oňa nähili güýç goýmaly? Pese dartmak üçin nähili?

2. Lyža bilen ondaky adamyň umumy massasy 100 kg. Şu lyža beýikligi 8 m we uzynlygy 100 m bolan depelikden typyp düşüp gelýär. Eger başlangyç tizlik nola deň bolup, depeligiň ahyrynda lyžanyň tizligi 10 m/s -a ýetse, lyžanyň hereketine ortaça garşylyk güýji näçe bolar?

3. Ýapgytlyk burçy 30° bolan tekizlikde ýüki ýapgyt tekizlige parallel bolan 6 N güýç tutup dur. Sürtülme koeffisiýenti 0,4 -a deň. Ýüküň massasyny tapyň.

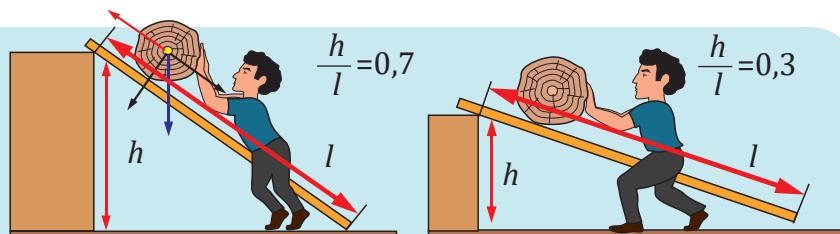


JISIMI YAPGYT TEKIZLIK BOYUNÇA ORUN ÜYTGEDENDE EDILEN İŞ. YAPGYT TEKIZLIGIŇ PEYDALY TÄSİR KOEFFISIYENTI

9-njy TEMA

1. Jisimi yapgyt tekizlik boyunca orun üytgedende edilen iş.
2. Yapgyt tekizligiň peýdaly täsir koeffisiyenti.

Yapgyt tekizligi häsiyetlendirende beýikligiň uzynlyga gatnaşygy nämäni aňladýar?



1. Jisimi yapgyt tekizlik boyunca orun yütgedende edilen iş

Jisimi belli bir belentlige ony dik ugurda göterip ýa-da yapgyt tekizligiň kömeginde alyp çykmak mümkin. Nämе üçin biz köp ýagdaýlarda yapgyt tekizlikden peýdalanýarys? Çünki yapgyt tekizlikde kemräk güýç sarplaýarys. Bu iki ýagdaýda biz nähili iş edýäris?

Jisimi dik ýokary tekiz götermekde agyrlık güýjüne garşy iş edýäris. Munda edilen iş

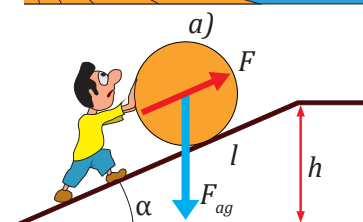
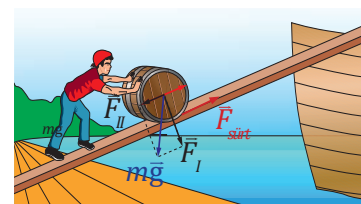
$$A_1 = mgh$$

-a deň bolýar.

Jisimi yapgyt tekizlik boyunca tekiz götermekde bolsa agyrlık we sürtülme güýçlerine garşy iş edýäris. Bu ýagdaýda edilen iş

$$A_2 = F_{ag} h + F_{sürt} l = mgh + \mu mgl \cos \alpha$$

formula bilen anyklanylýar. Diýmek, jisimi yapgyt tekizlik boyunca götermekde köpräk iş edilyän eken. Sürtülme güýjüni ýeňmek üçin edilen iş biziň üçin zyýanly, ýagny artykmaç edilen iş hasaplanýar (1.33-nji surat).



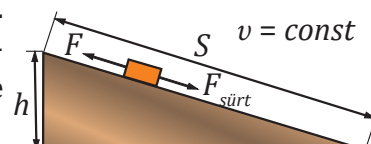
b)

2. Yapgyt tekizligiň peýdaly täsir koeffisiyenti

Durmuşda we tehnikada dürli yapgytlykdaky yapgyt tekizliklerden peýdalanýarys. Olary saýlamakda nämelere üns bermeli? Yapgyt tekizlikler işi edende kömekçi mehanizm hökmünde peýdalanylýar. Olaryň peýdaly täsir koeffisiyenti (PTK) 100%-den kiçi bolýar. Yapgyt tekizligiň PIK (η -etta) eden peýdaly iş (A_p) -nyň umumy (A_{um}) işe gatnaşygy bilen anyklanylýar Ýagny:

$$\eta = \frac{A_p}{A_{um}} = \frac{mgh}{mgh + \mu \cdot mgl \cos \alpha} = \frac{1}{1 + \mu \cdot \operatorname{ctg} \alpha} \cdot 100\%$$

$$\text{Munda } l = \frac{h}{\sin \alpha}.$$



d)

1.33-nji surat

I BAP. DINAMIKA. STATIKANYŇ ELEMENTLERI

Diýmek, ýapgytlyk burçynyň artmagy bilen ýapgyt tekizligiň PTK-i artýar we edilýän umumy iş kemelýär. Emma ýapgytlyk burçunyň artmagy sarplanýan güýjüň artmagyna getirýär. Şol sebäpli ýapgyt tekizlik saýlananda PTK ulurak, sarplanýan güýjüň bolsa kiçiräk baha eýe bolmagyna üns berilýär.



1. Ýapgyt tekizlikde ýapgytlyk burçunyň artmagy onuň peýdaly işiniň artmagyna sebäp bolýandygyny düşündiriň.
2. Öýde ýapgyt tekizligi guruň we ondan näme maksatda peýdalanylýandygyny düşündiriň.
3. Jisimi ýapgyt tekizlik boýunça götermekde başlangyç synp okuwçysy nähili ýapgyt tekizlikden peýdalanmagy maksada laýyk? Ýokary synp okuwçylarynda nähili?

Mesele çözmegiň nusgasy:

Ýük ýapgyt tekizlik boýunça ýokary deňölçegli süýşürilende oňa ildirilen dinamometr 39,2 N görkezdi. Eger jisimiň agyrlygy 117,6 N, ýapgyt tekizliginiň uzynlygy 1,8 m, beýikligi 30 cm bolsa, ýüke täsir edýän sürtülme güýji we ýapgyt tekizligiň PTK-i näçä deň?

Berlen:	Formula:	Çözülüşi:
$F = 39,2 \text{ N}$ $P = 117,6 \text{ N}$ $l = 1,8 \text{ m}$ $h = 30 \text{ cm} = 0,3 \text{ m}$	$\eta = \frac{Ph}{Fl} 100\%$ $F_{\text{sürt}} = F - P \frac{h}{l}$	$F_{\text{sürt}} = 39,2 \text{ N} - 117,6 \text{ N} \frac{0,3 \text{ m}}{1,8 \text{ m}} = 19,6 \text{ N}$ $\eta = \frac{117,6 \cdot 0,3}{39,2 \cdot 1,8} 100\% = 50\%$ Jogaby: $\eta = 50 \%$; $F_{\text{sürt}} = 19,6 \text{ N}.$
$F_{\text{sürt}} = ? \quad \eta = ?$		



8-nji gönükmä

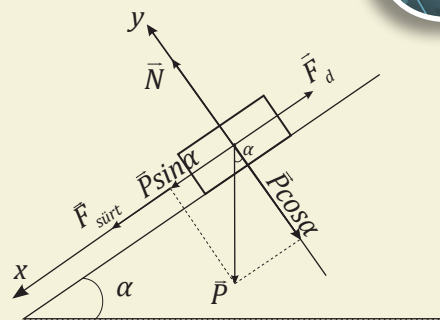
1. Ýapgyt tekizlikdäki ýüki beýiklige götermekde 20 J iş edilýär. Munda PTK-i 80 % bolan mehanizmden peýdalanyldy. Peýdaly täsiri hasaplaň.
2. Jisim ýapgyt tekizlikde 15 N güýjüň täsirinde göterildi. Jisimiň agyrlygy 16 N, ýapgyt tekizliginiň beýikligi 5 m, uzynlygy 6,4 m. Ýapgyt tekizligiň PTK-ini tapyň.
3. Ýapgyt tekizlik boýunça massasy 15 kg bolan ýüki deňölçegli çykarmakda ýüke ildirilen dinamometr 40 N -y görkezdi. Eger ýapgyt tekizligiň uzynlygy 1,8 m, beýikligi 30 cm bolsa, ýapgyt tekizligiň PTK -ini tapyň.
4. Lyžany depä çykarmakda 16 s -da 800 J iş edildi. Munda nähili kuwwat (W) gazanyldy?

MESELELER ÇÖZMEK

10-njy TEMA

Mesele çözmegiň nusgasy:

1. Agyrlygy 1000 N bolan jisim gorizont bilen 30° burç emele getiren tekizlik boýunça ýokary hereketlenýär. Ýokary dartyjy güýç ýapgyt tekizlige parallel bolup, onuň bahasy 800 N (1.34-nji surat). Sürtülme koeffisiýenti 0,05-e deň. 2 s dowamynda ýük näçe aralyga süýşýär?



1.34-nji surat

Berlen:	Formula:	Çözülişi:
$P = 1000 \text{ N}$ $F_d = 800 \text{ N}$ $\mu = 0,05$ $t = 2 \text{ s}$ $\alpha = 30^\circ$ $s = ?$	$F_d - F_{\text{sürt}} - P \sin \alpha = ma$ $F_{\text{sürt}} = \mu P \cos \alpha$ $F_d - \mu P \cos \alpha - P \sin \alpha = ma = \frac{P}{g} a$ $s = \frac{at^2}{2} = \left(\frac{F_d}{P} - \mu \cos \alpha - \sin \alpha \right) \cdot \frac{gt^2}{2}$	$s = \left(\frac{800 \text{ N}}{1000 \text{ N}} - 0,05 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{1}{2} \right) \cdot \frac{9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (2\text{s})^2}{2} \approx 5 \text{ m}$ Jogaby: $s = 5 \text{ m}$.

2. Agyrlygy $49 \cdot 10^5 \text{ N}$ bolan elektrootly ýapgyt tekizlikden ýokary deňölçegli hereketlenip, 5 minutda 3 km aralygy geçdi. Tekizligiň ýapgytlygy 1 km-e 4 m-i düzýär. Sürtülme koeffisiýenti 0,002 bolsa, otlynyň eden işini we kuwwatyny tapyň.

Berlen:	Formula:	Çözülişi:
$P = 49 \cdot 10^5 \text{ N}$ $s = 3 \text{ km} = 3000 \text{ m}$ $h = 4 \text{ m}$ $\mu = 0,002$ $l = 1 \text{ km} = 1000 \text{ m}$ $t = 5 \text{ min} = 300 \text{ s}$ $A = ?; N = ?$	$A = F s$ $F = P \cdot \sin \alpha + \mu P \cos \alpha$ $A = P (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) s$ $N = \frac{A}{t} \quad \cos \alpha = \frac{\sqrt{l^2 - h^2}}{l};$ $\sin \alpha = \frac{h}{l}$	$\sin \alpha = \frac{4}{1000} = 0,004; \quad \cos \alpha = 0,9999 \approx 1$ $A = 49 \cdot 10^5 \text{ N} (0,004 + 0,002 \cdot 1) \cdot 3000 = 882 \cdot 10^5 \text{ N} \cdot \text{m} = 88,2 \text{ MJ}$ $N = \frac{88,2 \cdot 10^6 \text{ J}}{300 \text{ s}} = 294 \cdot 10^3 \text{ W} = 294 \text{ kW}$ Jogaby: $A = 88,2 \text{ MJ}; N = 294 \text{ kW}$.



9-njy gönükme

1. Gorizonta tekizlikde 5 kg massaly jisim ýatýar. Gorizonta görä 60° burç astynda ugrugan 50 N güýç täsirinde jisim 1 s wagtda näçe ýoly geçer? Jisim bilen tekizligiň arasyndaky sürtülme koeffisiýenti 0,2 -ä deň.

2. Ýapgytlyk burçy 10° bolan ýapgyt tekizlikde jisime 10 m/s başlangyç tizlik berildi. Eger jisim bilen tekizligiň üstleriniň arasyndaky sürtülme koeffisiýenti 0,5 -e deň bolsa, jisimiň togtaýança geçen ýoluny we hereketlenme wagtyňy tapyň: $\sin 10^\circ \approx 0,17$; $\cos 10^\circ \approx 0,98$

3. Eger tigirleriň ýoluň örtügi bilen sürtülme koeffisiýenti 0,5 -e deň bolsa, ýapgytlyk burçy 20° bolan ýapgyt ýoldan ýokary hereketlenýän awtomobil nähili tizlenmä ýetmegi mümkin? Göterilmäge başlandaky tizlik 10 m/s bolsa, awtomobil 10 s içinde näçe aralygy geçer? $\sin 20^\circ \approx 0,34$; $\cos 20^\circ \approx 0,9$.

4. Ýapgytlyk burçy 20° , sürtülme koeffisiýenti bolsa 0,2-ä deň bolsa, 5 t massaly tirkegi (prisepi) ýapgytlyk boýunça ýokary t 1 m/s tizlik bilen çekip çykmagy üçin traktoryň kuwwaty nähili bolmaly?

5. Uzynlygy 4 m, beýikligi 0,8 m bolan ýapgyt tekizlikden 2205 N agyrykdaky ýük çykarlypdyr. Sürtülme güýji 220,5 N bolsa, ýapgyt tekizligiň peýdaly täsir koeffisiýenti näçe göterim bolar?

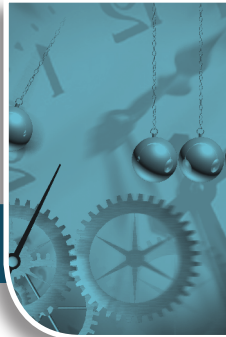
6. Ýapgyt tekizligiň ýapgytlyk burçy α_0 bolanda onda ýatan jisim bir tekiz süýşüp başlady. Jisim bilen ýapgyt tekizligiň arasyndaky sürtülme koeffisiýentini tapyň.

7. Uzynlygy 1 m, beýikligi 0,6 m bolan ýapgyt tekizligiň PTK-ini tapyň. Onda hereketlendirmekdäki typma sürtülme koeffisiýenti 0,1-e deň.

8*. Eger elektrootlynyň massasy $1,2 \cdot 10^5$ kg, sürtülme koeffisiýenti 0,05-e deň bolsa, $\alpha = 10^\circ$ bolan ýapgytlyk boýunça ýokary $1,5 \text{ m/s}^2$ tizlenme bilen 100 m aralyga göterilende elektrootlynyň dwigatelleri näçe iş eder?

9. Ýapgytlyk burçy 30° , sürtülme koeffisiýenti 0,3-e deň bolan ýapgyt tekizlikde massasy 400 kg bolan ýüki 2 m beýiklige çykarmak üçin näçe iş etmeli? Ýapgyt tekizligiň PTK-ini nämä deň?





LABORATORIYA IŞI. YAPGYT TEKIZLIKDE PTK-i KESGITLEMEK

11-nji TEMA

Işin maksadi: yapgyt tekizlik we ondan näme maksatda peýdalanmagy öwrenmek. Yapgyt tekizlikde jisimi göterende edilen peýdaly we doly işleri hem-de yapgyt tekizligiň peýdaly täsir koeffisiýenti hakyndaky bilimleri berkitmek. Ýalňyşlaryny hasaplamak endiklerini şekillendirmek.

Gerekli esbaplar we materiallar: uzyn ýuka tagta, gysgyçly ştatiw, agaç brusok, çyzgyç, ýükler toplumy, dinamometr (1.35-nji surat).

Işin ýerine ýetirilişi

1. Ýuka tagta ştatiwe berkidilýär. Soň yapgyt tekizligiň uzynlygy (l) we beýikligi (h) çyzgyjyň kömeginde ölçäp alynýar (1.36-nji surat).

2. Dinamometriň kömeginde agaç brusogyň agyrlıgy P anyklap alynýar (1.37-nji surat)

3. Brusogy yapgyt tekizlige goýup, ony dinamometriň kömeginde yapgyt tekizlik boýunça F güýç bilen bir tekiz çekýäris (1.38-nji surat).

4. $A_d = Fl$ formulanyň kömeginde doly, $A_p = Ph$ formulanyň kömegi bilen bolsa peýdaly işler hasaplanýar.

5. $\eta = \frac{A_p}{A_d} \cdot 100\%$ aňlatmanyň kömeginde yapgyt tekizligiň peýdaly täsir koeffisiýenti hasaplanýar.

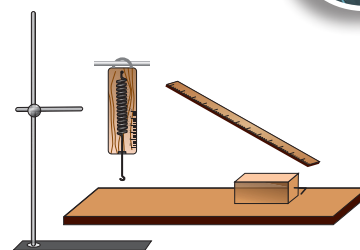
Tejribe üç gezek gaýtalanýar, netijeler jedwele ýazylýar.

Nº	l, m	h, m	F, N	P, N	A_d, J	A_p, J	$\eta, \%$
1							
2							
3							

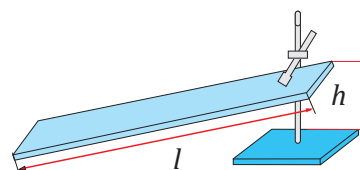
Tejribäni yapgyt tekizligiň dürli belentlikleri üçin geçirip, peýdaly iş koeffisiýenti yapgyt tekizligiň burçuna baglylygy hakynda netijeler çykarylýar.

Öýe iş

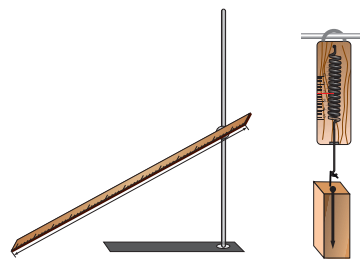
Siz öýde dinamometrli tereziniň kömeginde ýokardaky tejribäni geçirip görüň.



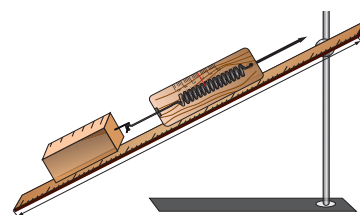
1.35-nji surat



1.36-nji surat



1.37-nji surat



1.38-nji surat



1. Yapgyt tekizlik nähili gurluş we nähili maksatda peýdalanylýar?
2. Yapgyt tekizlikde jisim götermekde edilen peýdaly we doly işler nähili anyklanýar?
3. Peýdaly işiň doly işden kem bolmagynyň sebäbi nämede?
4. Yapgyt tekizligiň peýdaly täsir koeffisiýenti onuň yapgytlyk burçuna baglylygyny nähili düşündirýärsiňiz?
5. Gozganmaýan blok arkaly erkin gaçma tizligini anyklasa bolýarmy?

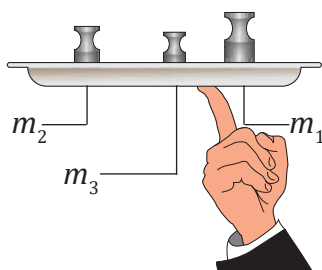
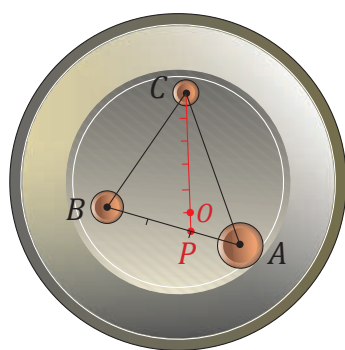
12-nji TEMA

MASSA MERKEZI. DEŇAGRAMLYLYGYŇ GÖRNÜŞLERI. GÜYÇ MOMENTI

1. Massa merkezi we olary anyklamak usullary.
2. jisimlariň deňagramlylyk görnüşleri.
3. Güýç momenti.
4. Ryçaglaryň durmuşda we tehnikada peýdalanylyşy.



Näme sebäpden ýük maşynlarynyň rulunyň diametri, ýeňil awtomobilleriniňkiden uly bolýar?



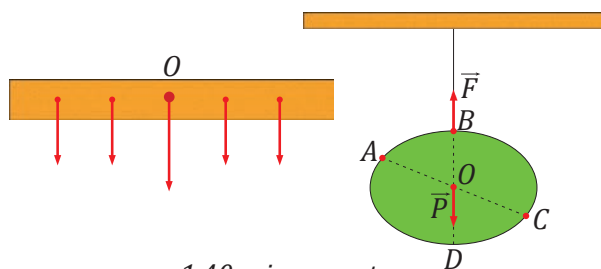
1.39-njy surat

1. Massa merkezi we olary anyklamak usullary

Binalary we köprüleri gurmakda, her dürli mehanizmleri öndürmekde olaryň deňagramlylykda bolmagy möhüm ähmiýete eýe. Jisimlariň deňagramlylykda bolmagyny nähili gazanmak mümkin? Jisimleri duran ýerinden ýeňil gozgamakda, öýleriň kese agaçlaryny goýmakda, ýeri dogry saýlamak we şuna meňzeş işleri ýerine ýetirmekde deňagramlylyk ýagdaýyna üns bermek zerur. Jisimlariň deňagramlylykda bolmagy olaryň massa merkeziniň ýagdaýyna bagly bolýar. Massa merkezi jisim ýa-da jisimler sistemasyna görä anyklanýan nokatdyr.

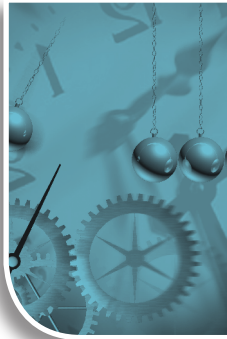
Jisimlariň massa merkezleri olaryň agyrylyk merkezleri bilen gabat gelýär (1.39-njy surat). Jisimiň ähli bölegine täsir edýän agyrylyk güýçleriniň deň täsir edijisi jisimiň agyrylyk merkezinden geçýän göni çyzykda ýatýar. Şonuň üçin, agyrylyk güýji jisimiň **agyrylyk merkezine** goýulýar.

Massanyň merkezi jisim ýa-da jisimler sistemasynyň ähli bölümleriniň massalary toplanan ýaly duýulýan nokat bolup, bu nokada jisim ýa-da jisimler sistemasynyň massa merkezi diýilýär.

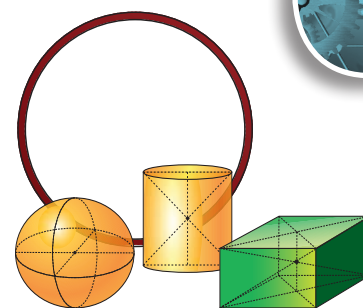


1.40 -njy a surat

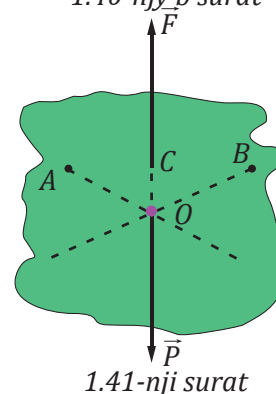
1.40-njy a suratda bir jynsly (ýagny bir meňzeş maddadan ýasalan, bütin uzynlygy boýunça kese kesigi birmeňzeş bolan, dykzlygy tekiz bölünen) metal taýajygyň käbir bölümlerine täsir edýän parallel agyrylyk güýçleri we olaryň deň täsir edijisi bolan agyrylyk güýji goýlan O nokat (agyrylyk merkezi) görkezilen.



Käbir dogry geometrik şekile (şar, silindr, dogry prizma) eýe bolan bir jynsly jisimleriň massa merkezleri olaryň geometrik merkezleri bilen gabat gelyär (1.40-njy *b* surat). Eger jisim bir jynsly bolmasa, ýa-da jisim simmetriýa merkezine eýe bolmasa we ol ýasy bolsa, onuň agyrlık merkezini tejribe ýoly bilen anyklamak mümkin. Muniň üçin jisimiň iki nokadyndan gezekli-gezegine asylýar we bu nokatlardan wertikal agyrlık güýjüniň çyzyklary geçirilýär (1.41-nji surat). Wertikallaryň kesişme nokady ýasy jisimiň agyrlık merkezi bolýar.



1.40-njy *b* surat



1.41-nji surat

2. Jisimleriň deňagramlyk görnüşleri

Jisimleriň massa merkezlerini anyklanandan soň olary deňagramlyk ýagdaýyna getirmek ýa-da ýerinden gozgamak aňsat bolýar. Adatda deňagramlyk üç görnüşde bolýar:

- durnukly deňagramlyk;
- durnuksyz deňagramlyk;
- tapawutsyz deňagramlyk.

Jisim deňagramlyk ýagdaýyndan çykarylýp, soň goýberilende ony başlangyç ýagdaýa gaýtarýan güýç emele gelse, jisimiň beýle deňagramlylygyna **durnukly deňagramlyk** diýilýär (1.42-nji *a* surat).

Jisim deňagramlyk ýagdaýyndan çykarylýp, soň goýberilende ony başlangyç deňagramlyk ýagdaýyndan ýene-de köpräk uzaklaşdyrýan güýç emele gelse, jisimiň beýle deňagramlylygyna **durnuksyz deňagramlyk** diýilýär (1.42-nji *b* surat).

Jisim deňagramlyk ýagdaýyndan çykarylýp, soň goýberilende onuň ýagdaýyny üýtgedýän hiç bir güýç emele gelmese, jisimiň beýle deňagramlylygyna **tapawutsyz deňagramlyk** diýilýär (1.42-nji *d* surat).

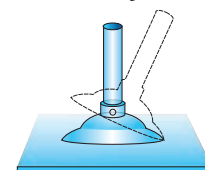
Jisimiň deňagramlyk ýagdaýy daýanç üste hem bagly bolýar. Eger tekizlikde duran jisim, tekizlik bilen bile tekizligiň bir ujundan mälüm belentlige göterilse, jisim agdarylýar. Munda jisimiň agyrlık merkezinden geçirilen wertikal göni çyzyk daýanjyň üstünden çykyp gidýär we jisim agyp düşýär. Diýmek, daýanjyň üsti näçe uly bolsa, jisimiň deňagramlylygy şonça durnukly bolýar.

3. Güýç momenti

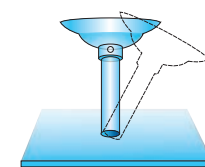
Aýlanma okuna eýe bolan jisimleriň hereketi, diňe bir oňa goýlan güýjüň ululygyna bagly bolmazdan, eýsem güýjüň ugruna hem bagly bolýar.

Aýlanma okundan güýjüň täsir edýän çyzygyna çenli bolan in gysga aralyk **güýjüň egni** diýip atlandyrylýar.

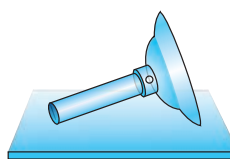
Munda güýjüň egni güýjüň ugruna dik ýagdaýda ýerleşýär.



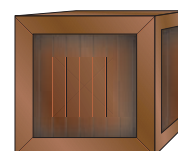
a)



b)



d)



1.42-nji surat

Aýlanma okuna eýe bolan jisime goýlan güýç we güýjüň egniniň köpeltmek hasylyna güýç momenti diýilýär. Güýç momenti M harpy bilen belgilenýär.



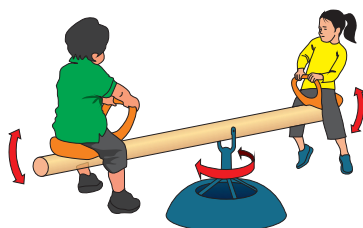
$$M = F \cdot l \quad (1)$$

Гүйч моментиниң өлчег бирлиги HBS-да $[M] = \text{N} \cdot \text{m}$.

Bir jynsly steržen alyp, onuň agyrlyk merkezini (O nokat) daýanjyň üstüne ornatsak, bu steržen daýanjyň töwereginde erkin aýlanyp bilsin. Munda steržen gorizontaal ýagdaýdan deňagramlylyk ýagdaýyna gelýär. Ryçagyň sag tarapyna dört birlik aralykda (A nokat) bir sany ýüki asalyň, ikinji tarapyna bolsa iki birlik aralyga (B nokat) edil şeýle ýüki asyp goýsak, onuň deňagramlylygy bozulýar. Steržen ilkinji deňagramlylyga gelmegi üçin B nokada edil şeýle ýüklerden ýene birini asmaly. (1.43-nji surat). Diýmek, güýçler egni näçe esse kiçi bolsa, Ryçag deňagramlylykda bolmagy üçin goýulýan güýç şonça esse uly bolmaly. Mundan güýçleriň we güýç eginleriniň arasynda aşakdaky ýaly gatnaşyk ýerlikli bolýar diýen netijä gelýäris:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{l_2}{l_1}$$

1.43-nji surat



1.44-nji surat

$$\begin{aligned} F_1 \cdot l_1 &= F_2 \cdot l_2 \\ M_1 &= M_2 \end{aligned} \quad (2)$$

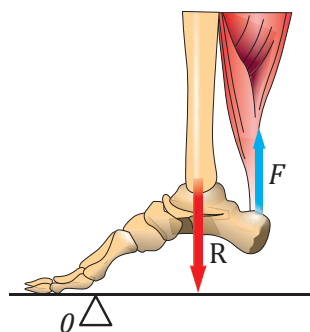
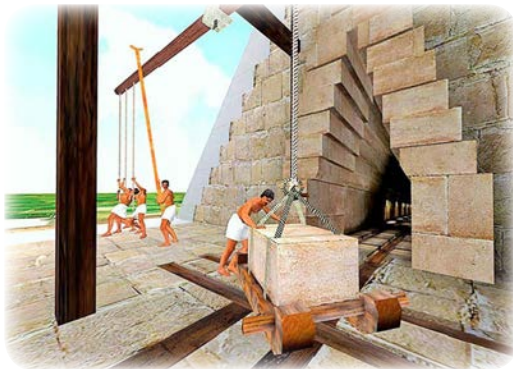
l_1 – OA aralyk uzynlygy bolup, F_1 – güýjüň egni. l_2 – OB aralyk uzynlygy bolup, F_2 – güýjüň egni.

(2) deňligi Arhimed oýlap tapyp, **ryçagyň deňagramlylykda bolmak şerti** diýilýär. Görülen tejribede M_1 güýç momenti ryçagy sagat strelkasynyň ugruna aýlandyrmaga hereket etse, M_2 güýç momenti ony sagat strelkasynyň ters ugruna aýlandyrmaga hereket edýär.

Gozganmaýan daýanjyň töwereginde aýlanyp bilýän in ýönekeý gurluş bu **ryçagdyr** (1.44-nji surat).

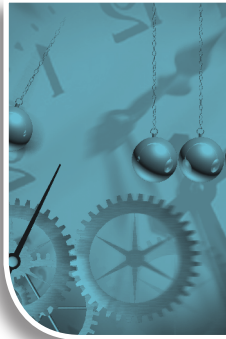
4. Ryçaglaryň durmuşda we tehnikada peýdalanylyşy

Durmuşda we tehnikada dürli görnüşdäki gaýcylyar, çüý sogurýan atagzylar ryçag gurluşy esasynda işleýär. Pelleli terezi hem eginleri deň bolan ryçagdyr. Eger tereziniň eginleri dürli uzynlykda alynsa, kiçi massaly çeküw daşlary bilen uly massaly jisimleri ölçemek mümkin bolýar. Ýnsan we haýwanlaryň beden gurluşynda ryçag gurluşy esasynda işleýän bölekler hem bar. El we aýak süňkleri myşsalar bilen bilelikde ryçag emele getirýär (1.45-nji surat).



1.45-nji surat

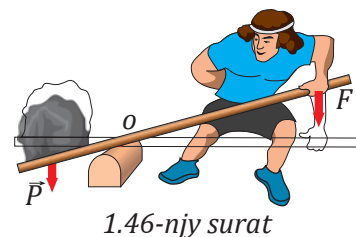




1. Nāme üçin jisimiň massa merkezi we agyrylyk merkezi gabat gelyär?
2. Täsir ugry massanyň merkezinden geçýän güýç jisime nähili hereket berýär? Geçmeýäni nähili?
3. Jisime täsir edýän güýjüň ugry massanyň merkezinden geçmese, jisim nähili hereket edýär?

Mesele çözmegiň nusgasy

Ryçagyň uzyn egni 6 m, gysga egni bolsa 2 m-e deň. Uzyn egni-ne goýlan 500 N güýjüň kömeginde gysga tarapyňyň uý bilen nähili massaly ýüki götermegi mümkin (1.46-njy surat)?



1.46-njy surat

Berlen:	Formula:	Çözülişi:
$l_1 = 6 \text{ m}$ $l_2 = 2 \text{ m}$ $F_1 = 500 \text{ N}$ $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ $m = ?$	$M_1 = M_2$ $F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2$ $F_2 = mg$ $m = \frac{F_1 l_1}{g l_2};$	$m = \frac{500 \text{ N} \cdot 6 \text{ m}}{9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 2 \text{ m}} \approx 153 \text{ kg}$ Jogaby: $m \approx 153 \text{ kg}.$

10-njy gönükme



1. Ryçagyň kiçi egniniň uzynlygy 2,5 cm, uly egniň uzynlygy 45 cm-e deň. Uly egniň ahyryna 20 N güýç goýlan. Ryçag deňagramlylykda bolmagy üçin kiçi egniň ahyryna nähili güýç goýmaly?
2. Massasy 240 kg bolan daş ryçagyň kömeginde göterilýär. Eger kiçi egni 0,6 m bolsa, uzynlygy 2,4 m bolan uly egni nähili güýç goýmaly?
3. Ryçagyň uzynlygy 2 esse artsa, edilen iş nähili özgerýär?
4. Ryçagyň kiçi egniniň uzynlygy 4 cm, uly egniň uzynlygy 50 cm. Uly egniň ahyryna 40 N güýç goýlan. Ryçag deňagramlylykda bolmagy üçin kiçi egniň ahyryna nähili güýç goýmaly?
5. Massasy 10 kg we uzynlygy 40 cm bolan sterženiň uçlaryna massalary 40 kg we 10 kg bolan ýükler asylan. Steržen deňagramlylykda durmagy üçin daýanjy birinji ujundan näçe aralyga goýmaly?

13-nji TEMA

MOMENTLER DÜZGÜNINE ESASLANYP IŞLEÝÄN ÝÖNEKEÝ MECHANIZMLER.

1. Jübüt güýçler.
2. Ryçag.
3. Blokklar we nurbatlar.
4. Lebýodkalar we panalar.

Gapy ýapylyp galmazlygy üçin käte poluň üstüne gapynyň şarniriniň ýakynyndaky yşa diräp daş ýa-da kerpiç goýulýar. Bu gapynyň bozulmagyna getirmezmi? Jogabyňyzy düşündirip beriň.

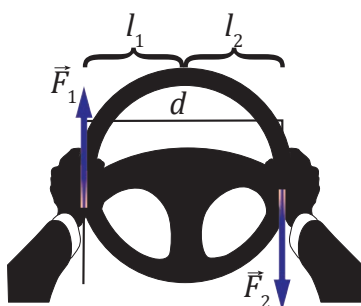
1. Jübüt güýçler

Gadymy döwürlerden häzirki güne çenli adam öz zähmetini ýeňillesdirmegiň ýollaryny gözleýär. Gurluşyklarda agyr sütünleri, ýylmanan mermer daşlary götermek üçin dürli mehaniki gurluşlardan peýdalanylýan gelipdir. Üç müň ýyl öň gadymy Müsürde piramidalaryň gurluşygynda agyr daş plitalary ryçaglaryň kömeginde bir ýerden ikinji ýere gozgapdyrlar we örän ýokary göteripdirler. Köp ýagdaýlarda agyr ýüki islendik belentlige götermek üçin şu belentlige ýapgyt tekizligiň üstünde togalap ýa-da süýräp alyp çykypdyrlar. Samarkant we Buhara şäherlerindäki minaralar, medreseler, köşkerleriň we metjitleriň gurluşygynda ýükleri blokларыň, lebýodkalaryň kömeginde göteripdirler.

Gündelik durmuşda agaçlary kesýän stanoklar, ýükleri göçürýän göterme kranlar, ýeri gazyp tekizleýän traktorlar hem ýönekeý mehanizmler esasynda işleýär.

Aýlanma okuna eýe bolan jisim güýç momentiniň täsirinde herekete gelýär. Munda jisime täsir edýän güýç momenti jübüt güýjüň täsirine meňzeş bolýar.

Ugry garşylykly, ululyklary deň, emma bir okda ýatmaýan güýçlere jübüt güýçler diýilýär.

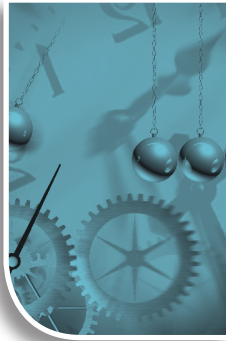


1.47-nji surat

Muňa mysal hökmünde awtomobil rulunyň öwrülmegini getirmek mümkin (1.47-nji surat).

Aýlanma oky ruluň ortasynda bolup, oňa F_1 we F_2 güýçler jübüti täsir edýär.

Eger aýlanma okuna eýe bolan jisime birnäçe güýçler täsir edýän bolsa, bu güýçleriň momentlerini özara goşmak arkaly netijeleşýäni moment tapylýar. Munda jisimi sagat strelkasynyň ugry boýunça aýlandyrylýan güýç momentlerini položitel alamatda, sagat strelkasynyň ugruna garşylykly ugurda aýlanýan güýç momentlerini otrisatel alamatda alynýar.



Netijeleyji güýç momentini tapmak üçin jisime täsir edýän güýç momentleriniň alamatlaryny hasaba alyp goşýarys :

$$M = F_2 l_2 + (-F_1 l_1) = F_2 l_2 - F_1 l_1. \quad (1)$$

Aýlanma okuna eýe bolan jisimi bir tarapa aýlaýan güýçleriň momentleriniň ýygynyndysy jisimi garşylykly tarapa aýlaýan güýçleriň momentleriniň jemine deň bolsa, ähli güýçleriň netijeleyji momenti nola deň bolup, jisim deňagramlylykda bolýar:

$$M_1 + M_2 + \dots + M_n = 0 \quad (2)$$

Bu düzgün Arhimed tarapyndan açylyp **momentler düzgünü** diýip atlandyrylypdyr.

Momentler düzgünine esaslanyp işleýän ýönekeý mehanizmlere aşakdakylar girýär: ryçag, gozganýan we gozganmaýan bloklar, jykyr, wint (domkrat) we başga ýönekeý mehanizmler.

2. Ryçag.

Amalyýetde ryçagyň dürli görnüşleri peýdalanylýar(1.48-nji surat).

3. Bloklar we nurbatlar

Durmuşda we tehnikada gozganýan we gozganmaýan bloklar sistemasyndan peýdalanylýar. Sistemada bloklar özara birikdirilip, dürli derejeli polispastlar emele getirilýär. 1.49-njy *a* suratda bir gozganýan blok, 1.49-njy *b* suratda bir gozganmaýan we bir gozganýan blokly, 1.49-njy *d* suratda iki gozganýan we bir gozganmaýan blokly polispastlar görkezilen. Derejeli polispasta asylan ýüküň agyrlыgy bloklara saralan tanaplarda paýlanýar.

Bloklarda sürtülme bolmadyk ýagdaýda polispasta goýulýan güýç:

$$F = \frac{mg}{2^n} \quad (3)$$

formula bilen tapylýar. Munda n – polispastdaky gozganýan bloklaryň sany.

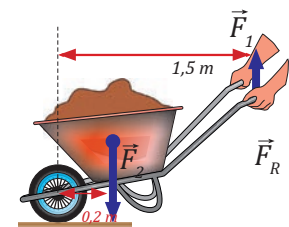
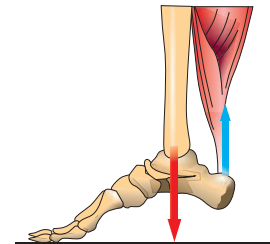
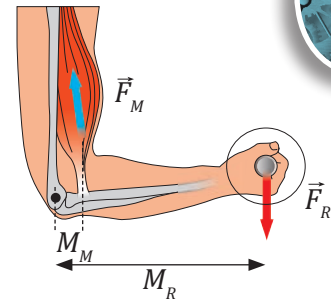
Eger bloklarda sürtülme bar bolsa, goýulýan güýjüň bir bölegi sürtülme güýçlerini ýeňmäge sarplanýar.

Sürtülme bolanda polispastyň PTK-i:

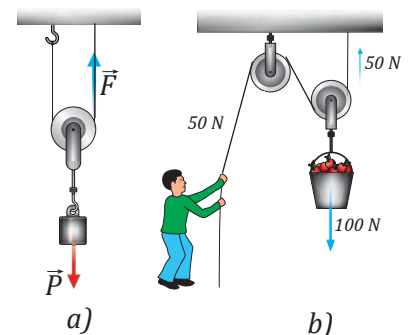
$$\eta = \frac{mg}{2^n F} \quad (4)$$

formula arkaly tapylýar.

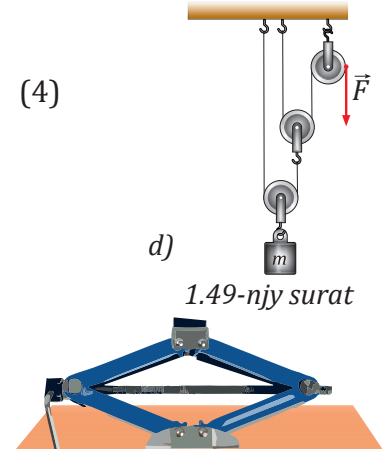
Nurbatlar (1.50-nji surat).



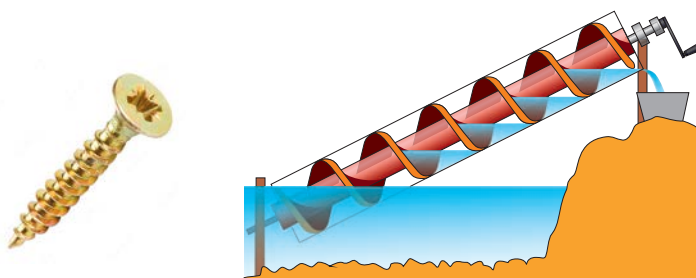
1.48-nji surat



a) b)



d)
1.49-nji surat



1.50-nji surat

I BAP. DINAMIKA. STATIKANYŇ ELEMENTLERI

4. Lebýotkalar we panalar

Jykyryň güýçden näçe esse utuş bermegi

$$n = \frac{R}{r} \quad (5)$$

formulanyň kömeginde tapylýar.

Lebýotkalaryň güýçden näçe esse utuş bermegi

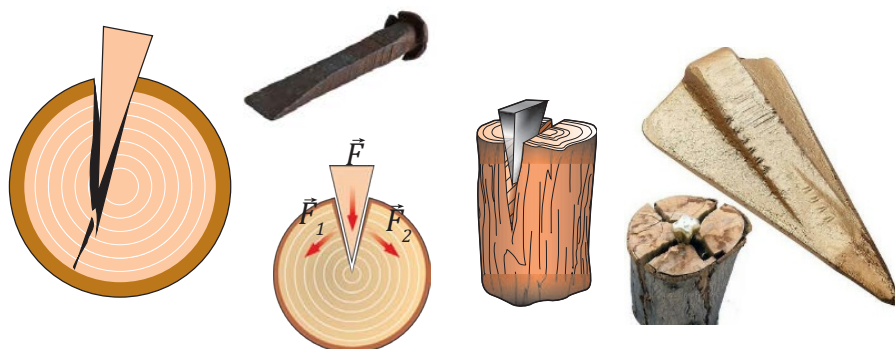
$$n = \frac{R_1}{r_1} \frac{R_2}{r_2} \quad (6)$$

formulanyň kömeginde tapylýar. Bu ýerde: R – barabany aýlaýan ruçkanyň çyzýan radiusy, r – barabanyň radiusy. (1.51-nji surat).

Panalar



1.51-surat



1. Jykyr haýsy taraplary bilen ruçaga meňzeýär?
2. Näme üçin dikräk basgançakdan çykmakdan ýapgydrak basgançakdan çykmak ýeňil bolýar?
3. Näme üçin agyr ýük (meselem, rýukzak) arkalap alan adam öňe biraz egilýär?
4. Ýönekeý mehanizmlerden ýene nirede peýdalanylandygyny görüňiz?

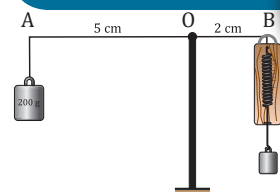


MESELELER ÇÖZMEK

14-nji TEMA

Meseleler çözmegiñ nusgalary

1. Suratda görkezilen ryçagyñ A nokadynda massasy 200 g bolan ýük asylan. Ryçag deňagramlylykda duran bolsa, B nokada asylan dinamometr näçe Nýuton güýji görkezýär. AO = 5 cm, OB = 2 cm diýip alyñ (1.52-nji surat).

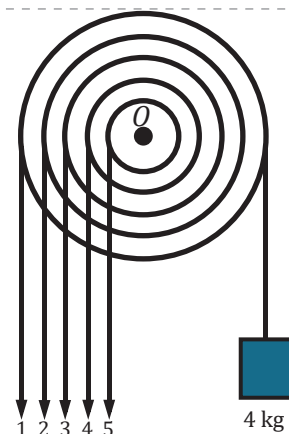


1.52-nji surat

Berlen:	Formula:	Çözülişi:
$m = 200 \text{ g} = 0,2 \text{ kg}$ $l_1 = 5 \text{ cm} = 0,05 \text{ m}$ $l_2 = 2 \text{ cm} = 0,02 \text{ m}$ $F_2 = ?$	$\frac{F_1}{F_2} = \frac{l_2}{l_1}; F_1 = mg$ $\frac{mg}{F_2} = \frac{l_2}{l_1}$ $F_2 = \frac{l_1 mg}{l_2}$	$F_2 = \frac{0,05 \text{ m} \cdot 0,2 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{0,02 \text{ m}} = 5 \text{ N}$ Jogaby: $F_2 = 5 \text{ N}$.

2. Suratda görkezilen blok deňagramlylykda durmagy üçin 10 kg massaly ýüki haýsy nokada asmaly (1.53-nji surat)?

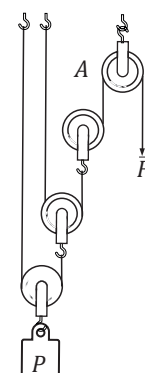
1



1.53-nji surat

Berlen:	Formula:	Çözülişi:
$m_1 = 4 \text{ kg}$ $m_2 = 10 \text{ kg}$ $l_0 = 5 \text{ m}$ $l_1 = 5 \text{ m}; l_2 = 4 \text{ m}$ $l_3 = 3 \text{ m}; l_4 = 2 \text{ m}$ $l_5 = 1 \text{ m}$ $l_x = ?$	$\frac{F_1}{F_2} = \frac{l_2}{l_1}; \frac{m_1 g}{m_2 g} = \frac{l_2}{l_1}$ $l_x = \frac{m_1 l_0}{m_2}$	$l_x = \frac{4 \cdot 5}{10} = 2 \text{ m}$ Jogaby: 10 kg-lyk jisimi merkezden hasaplarda nokada asmaly.

3. Agyrlyk güýji $P = 400 \text{ N}$ bolan ýüki tekiz götermek üçin ýüpüñ ujundaky A nokada näçe Nýuton güýç goýmaly (1.54-nji surat)?

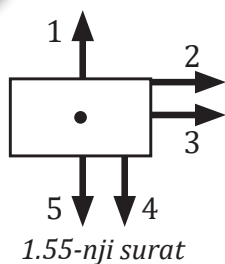


1.54-nji surat

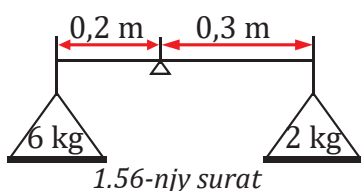
Berlen:	Formula:	Çözülişi:
$P = 400 \text{ N}$ $F_2 = ?$	$F = \frac{mg}{2^n}$	$F_1 = \frac{mg}{2} = \frac{P}{2} = \frac{400}{2} = 200 \text{ N}$ $F_2 = \frac{mg}{2} = \frac{P}{2} = \frac{200}{2} = 100 \text{ N}$ $F_3 = \frac{mg}{2} = \frac{P}{2} = \frac{100}{2} = 50 \text{ N}$ Jogaby: $F_3 = 50 \text{ N}$.



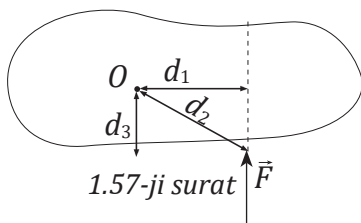
11-nji gönükme



1.55-nji surat



1.56-nji surat



1.57-nji surat

1. 1.55-nji suratda berlen güýçleriň haýsylary jisimi diňe öňe ymtylma herekete getirýär? (O – massalaryň merkezi).

2. Ryçagyň kiçi egniniň uzynlygy 5 cm, uly egniniň uzynlygy 30 cm-e deň. Kiçi egnine 12 N güýç täsir edýär. Ryçagy deňagramlylyga getirmek üçin onuň uly engine nähili güýç goýmaly?

3. 1.56-njy suratda görkezilen, eginleri deň bolmadyk terezi deňagramlylykda bolmagy üçin onuň sag jamyna ýene näçe kg massaly ýük goýmaly?

4. Ryçagyň kiçi egnine 300 N, uly egnine 20 N güýç täsir edýär. Kiçi egniniň uzynlygy 5 cm. Uly egniniň uzynlygyny anyklaň.

5. 1.57-njy suratda aýlanma oky O nokatdan geçýän jisime belli bir ugurda F güýç goýlanlygy görkezilen. Suratda görkezilen kesimleriň haýssysy F güýjüň egni bolýar?

6. Uzynlygy 80 cm bolan agramsyz ryçagyň uçlaryna 200 g we 600 g massaly ýükler asyldy. Ryçag deňagramlylykda bolmagy üçin uly ýükden näçe aralyga daýanç goýmaly?

7*. Domkratyň kömeginde massasy 1500 kg bolan awtomobili götermeli. Munda peýdalanylýan wint 4 cm-e deň. Domkraty towlaýan sterženiň uzynlygy 0,5 m bolsa, ony towlaýan güýji tapyň.

AMALY ÝUMUŞLAR



1. Ýük düşürmek üçin niýetlenen maşynlar ýüki düşürmek üçin kuzowy α burç astynda göterdi. Emma bu ýagdaýda ýük düşüp gitmedi.

a) Ýüküň düşüp gitmezliginiň sebäbi näme?

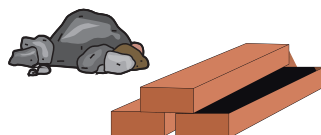
b) Nähili şert ýerine ýetirilse, ýük hereketlenip başlaýar?

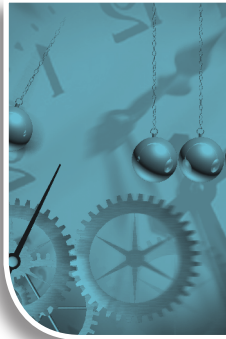
2. Gurluşykda bedre bilen toprak çekilýär. Işçi bedräni tizlenme bilen ýokary göterende bedräniň aşaky bölegi bölünip aýryldy.

a) Bu hadysanyň sebäbini düşündiriň.

b) Bedre zaýa bolmazlygy üçin işçä nähili maslahat berýärsiňiz?

3. Farhad bilen Ruslan awtomobilde syýahata çykdy. Ýoluň ýarmyna ýetende awtomobiliň ballony deşildi. Emma ballony çalşyrmak üçin awtomobilde domkrat ýok eken. Olar şu ýagdaýda suratda görkezilen jisimlerden peýdalanyň, awtomobiliň ballonyny çalşyryp syýahatyny dowam etdirdiler. Olar bu işi nähili amala aşyrdylar? Jogabyňyzy düşündiriň.





I BABA DEĞİŞLİ ÖZBAŞDAK ÇÖZMEK ÜÇİN MESELELER

1. Bir nokada goýlan 10 N we 14 N güýçleriň deň täsir edijisi 2 N, 4 N, 10 N, 24 N, bahalardan haýsyyny kabul edip bilmeýär (haýsy birine deň bolup bilmeýär)?

2. Nähili beýiklikde erkin düşme tizlenmesi Ýeriň üstündäki tizlenmäniň 25% düzýär?

3. Ryçagyň uçlaryna 2 we 18 N güýçler täsir edýär. Ryçagyň uzynlygy 1 m. Ryçag deňagramlylyk agdaýynda bolsa, daýanç nokat nirede ýerleşipdir?

4. Aýyň radiusy 1700 km, ondaky jisimiň erkin gaçma tizlenmesi $1,6 \text{ m/s}^2$ -a deň. Aý üçin birinji kosmos tizligini hasaplaň.

5. Tiz işleýän lift ýere görä 5 m/s^2 tizlenme bilen düşýär. Wagtyň bir momentinde liftiň potologyndan bolt düşmäge başlady. Liftiň beýikligi 2,5 m. Boltuň gaçýan wagtyny anyklaň.

6. Gorizont bilen α burç emele getirýän ýapgyt tekizlikdäki jisim agyrlık güýjüň jisimi pese tarap typmagy emele getirijisi nähili aňladylar?

7. Jisim ýapgyt tekizlikde typyp düşýär. Sürtülme koeffisiýenti μ -nyň haýsy bahasynda jisim deňölçeqli hereket edýär: 1) $\mu > \tan \alpha$; 2) $\mu < \tan \alpha$; 3) $\mu = \tan \alpha$?

8. Ýokary göterilýän uçar 5 km beýiklikde 360 km/h tizligi gazanýar. Uçaryň tizligini artdyrmaga sarp bolan işden görterilende agyrlık güýjüne garşy edilen iş näçe esse uly?

9. Uzynlygy 2,6 m we massasy 80 kg bolan birmeňzeş hada iki daýançada ýatyr. Hadanyň çep ujunda çep daýanja çenli bolan aralyk 0,2 m, hadanyň sag ujundan sag daýanja çenli bolan aralyk bolsa 0,4 m. Hadanyň çep daýanjyna basyş güýji nähili (N)?

10. Massasy 1 t bolan turba ýerde ýatyr. Ony bir ujundan götermek üçin nähili güýç goýmaly?



TASLAMA IŞI

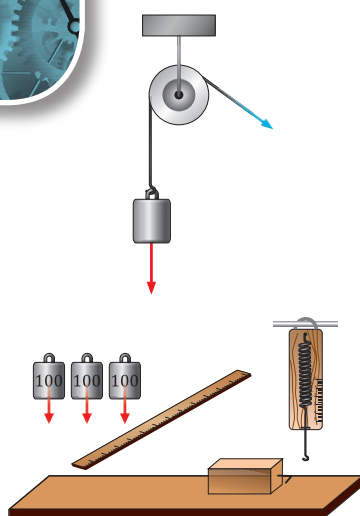
Ýönekeý mehanizmleri ýasamak, ýygnamak.

Işň maksady: Ýapgyt tekizlik we ondan näme maksatda peýdalanmagy öwrenmek.

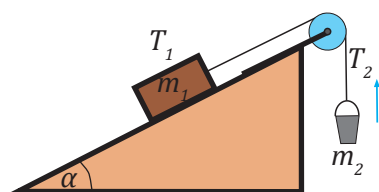
Gerekli esbaplar we materiallar: galyňlygy 3–5 cm bolan uzyn ýuka tagta, agaç brusok, çyzgyç, ýükler toplumy, dinamometr, blok, tanap (1.58-nji surat).

Işň ýerine ýetirilişi

1. Uzyn tagtadan 30 cm, 40 cm, 50 cm uzynlykdaky (bu ölçegleri islendikçe saýlamak mümkin) bölekleri kesip alyň.
2. 1.59-njy surata seredip gurluşyň gönüburçly üçburçluk bölegini gurnaň.
3. Gurnalan gönüburçly üçburçlugyň wertikal tarapyňyň ujuna gozganmaýan blogy ornaşdyryň.
4. Agaç brusogy we bedräni tanap bilen blok arkaly birleşdiriň (1.60-njy surat).
5. Ýapgyt tekizligiň wertikal tarapyndaky ýüküň agyrlık güýjüniň täsirinde agaç brusok ýapgyt tekizlik boýunça typmagy üçin bedrejigiň içine yzly-yzyna goýuň.
6. Ýokardakylardan ugur alyp neije çykaryň.



1.58-rasm



1.60-njy surat



1.59-njy surat



1. Agaç brusok haýsy ýagdaýda herekete gelýändigini düşündiriň.
2. Brusok nähili şert ýerine ýetirilse deňölçegli hereket edýär?
3. Brusok haýsy ýagdaý tizlenme bilen hereket edýär?

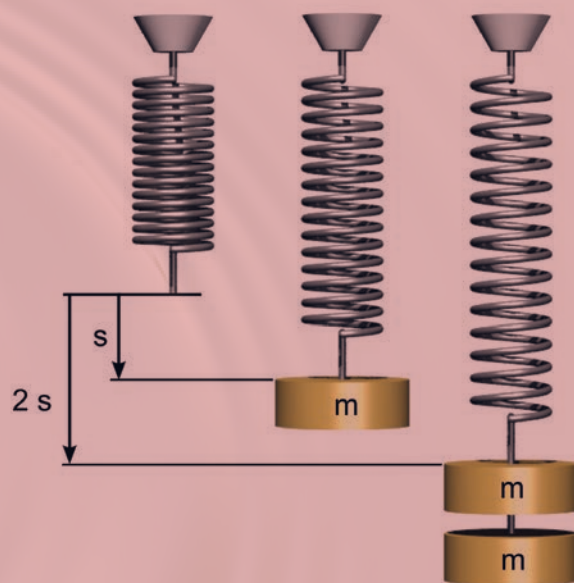
II BAP



MEHANIKI YRGYLDYLAR WE TOLKUNLAR

Siz bu bapda aşakdaky temalar boýunça maglumat alarsyňyz:

- mehaniki yrgyldylar;
- matematiki we puržinli maýatnikler;
- mehaniki tolkunlar;
- ses tolkunlary.



15-nji TEMA

MEHANIKA YRGYLDYLAR

1. Mehaniki yrgyldylar.
2. Erkin yrgyldylar we mejbury yrgyldylar.
3. Yrgyldynyň döwri we ýyglygy.
4. Awtoyrgyldylar.
5. Rezonans hadysasy.
6. Garmonik yrgyldylar.

Maşyny laýa batyp galan sürüjä kömek bermäge birnäçe adam awtomobili «yrgyldatdylar». Adatda yrgyldy käbir buýruk boýunça ýerine ýetirilýär. Buýruk bermeginiň haýsy wagtdadygy möhüm ähmiýerte eýemi?

1. Mehaniki yrgyldylar

Gündelik durmuşda yrgyldy hereketlerine köp duş gelýäris. Meselem, agaç şahalarynyň yrgyldysy, saz guralynyň tarlarynyň yrgyldysy, ýürek urmagy we başgalar.

Aslynda yrgyldy näme?

Yrgyldylar daşky we içki güýçleriň täsirinde bolup geçýär.

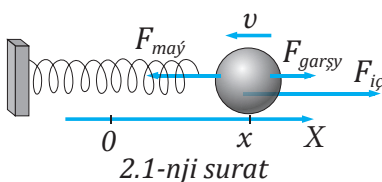
Belli bir wagt aralyklarynda ýagdaýy döwürleýin görnüşde gaýtalanyp durýan herekete yrgyldyly hereket ýa-da yrgyldylar diýilýär.

Yrgyldyly hereketiň iki görnüşü bar:

- erkin yrgyldylar;
- mejbury yrgyldylar.

2. Erkin yrgyldylar we mejbury yrgyldylar

Pružine ýa-da ýüpe asylan ýüküň yrgyldysy erkin yrgylda mysal bolup biler. Gorizontal üstde duran jisimi pružine berkidýäris (2.1-nji surat). Jisimi deňagramlylyk ýagdaýyndan çykaryp, ony goýberýäris. Munda pružiniň sozulmagy we gysylmagy netijesinde jisime pružiniň maýyşgaklyk güýji täsir edýär. Netijede jisim deňagramlylyk ýagdaýynyň töwereginde yrgyldyly hereketde bolýar. Pružinde emele gelen maýyşgaklyk güýji yrgyldyly hereketi emele getirýän içki güýç hasaplanýar. Herekete garşylyk güýji maýyşgaklyk güýjünden örän kiçi bolsa, jisimiň hereketi deň wagtlar aralygynda gaýtalanýar.



2.1-nji surat

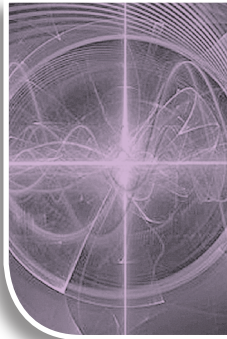
Deňagramlylyk ýagdaýyndan çykarylandan soň, jisimiň içki güýçleriň täsirindäki yrgyldyly hereketine erkin yrgyldylar diýilýär.



2.2-nji surat

Aslynda islendik yrgyldaýan jisime daşky gurşawdan garşylyk güýji täsir edýär we yrgyldyly hereketi togtadýar. Yrgyldylaryň tog-tamazlygy üçin döwürleýin görnüşde oňa daşky güýç täsir edip dur-maly. (2.2-nji surat)

Daşky döwürleýin güýjüň täsirinde ýüze çykýan yrgyldylara mejbury yrgyldylar diýilýär.



Mejbury yrgyldylara gündelik durmuşdan ençeme mysallary getirmek mümkin. Meselem, radiokerneýleriň membranasy ondan geçýän mejburlaýjy toguň täsirinde yrgyldaýar (2.3-nji surat).

3. Yrgyldy döwri, ýygylygy we siklik ýygylygy

Islendik yrgyldaýan jisim belli bir wagtyň içinde döwürleýin görnüşde yrgyldaýar. Bu proses yrgyldy döwri we ýygylygy diýilýän fiziki ululyklar bilen häsiýetlenýär.

Yrgyldy hereket edýän jisimiň bir gezek doly yrgyldy etmek üçin gidýän wagtyna yrgyldy döwri diýilýär. Yrgyldy döwri T harpy bilen belgilenýär.

Yrgyldy döwriň birligi HBS-da sekunt (s) diýip kabul edilen. Yrgyldy döwri aşakdaky ýaly hasaplanýar:

$$T = \frac{t}{N} \quad (1)$$

Yrgyldaýan maddy nokadyň yrgyldysynyň tiz ýa-da haýal bolýandygyny bilmek üçin yrgyldy ýygylygy düşünjesi girizilýär.

Wagt birligindäki yrgyldylaryň sanyna deň bolan fiziki ululyga yrgyldy ýygylygy diýilýär. Yrgyldy ýygylygy ν (nýu) harpy bilen belgilenýär.

Yrgyldaýan maddy nokat t wagtda N gezek yrgyldanda onuň yrgyldy ýygylygy:

$$\nu = \frac{N}{t} \quad (2)$$

formula bilen hasaplanýar.

Diýmek, (1) bilen (2) aňlatmalara görä yrgyldy döwri we ýygylygy biri-birine görä ters gatnaşykda bolýar.

Yrgyldynyň birligi — $[\nu] = \frac{[N]}{[t]} = 1 \text{ s}^{-1} = (\text{Hz})$ gers (hers).

Nemes fizigi Henri Hersiň hormatyna şeýle atlandyrylan. Jisimiň 2π sekunddaky yrgyldylarynyň sany bilen belgilenýän ululyga **siklik ýygylyk** diýilýär. Siklik ýygylyk ω (omega) harpy bilen belgilenýär.

$$\omega = 2\pi/T$$

Siklik ýygylygyň birligi HBS-da $[\omega] = \text{rad/s}$ diýip kabul edilen.

Siklik ýygylyk bilen yrgyldynyň döwri hem-de yrgyldy ýygylygy aşakdaky ýaly baglanyşýar:

$$\omega = 2\pi/T = 2\pi\nu \quad (3)$$

Yrgyldynyň süýşmegi we amplitudasy

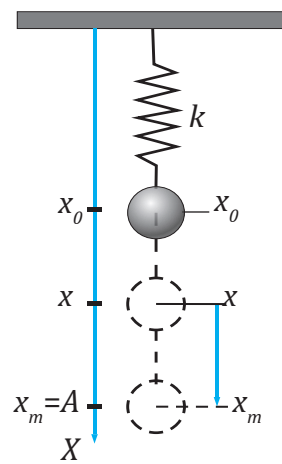
Yrgyldaýan jisimiň deňagramlylyk ýagdaýyndan uzaklaşma aralygyna onuň **süýşmegi** diýilýär. Süýşmek x harpy bilen belgilenýär. Deňagramlylyk ýagdaýyndan iň uly süýmä (uzaklaşma) **yrgyldynyň amplitudasy** diýilýär. Amplituda A ýa-da $x_{\max}$ görnüşinde belgilenýär (2.4-nji surat).



2.3-rasm

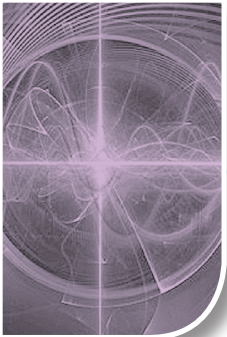


Henri Hers
(1857–1894)



2.4-nji surat

II BAP. MEHANIKA YRGYLDYLAR WE TOLKUNLAR



2.5-rasm

Yrgyldayan sistema täsir edyän daşky güýjüň ýygylgy sistemanyň hususy yrgyldy ýygylgyna deňleşende mejbury yrgyldynyň amplitudasynyň ýiti artmak hadysasyna rezonans diýilýär.

Rezonans hadysasynyň zyýanly netijesi.

ABŞ-nyň Waşington ştatynda ýerleşyän Takoma köprüsi. Ol 1940-njy ýylyň 7-nji noýabrynda ýelň tizligi 65 km/h ýetende rezonans hadysasy sebäpli ýykylypdyr.



4. Awtoyrgyldylar.

Sönmeýän mejbury yrgyldylar hemişe yrgyldap durmagy üçin daşky döwürleýin güýç täsir edip durmaly. Emma sistemadaky yrgyldylar daşky döwürleýin güýjüň täsirisiz hem sönmeýän bolmagy mümkin. Eger erkin yrgyldy alýan sistemanyň içinde energiýa çeşmesi bolsa we bu çeşmeden yrgyldayan jisime ýitiren energiýasynyň ornuny dolmak üçin zerur energiýanyň gelip durmagyny sistemanyň özi sazlap berip bilse, beýle sistemada sönmeýän yrgyldylar emele gelýär.

Daşky döwürleýin güýjüň täsirisiz içki energiýa çeşmesiniň hasabyna emele gelýän sönmeýän yrgyldylara awtoyrgyldylar diýilýär.

Meselem, elektrik energiýasy bilen işleýän sagady, elektrik jaňy, adamyň ýüregini we öýkenini hem awtoyrgyldyly sistema diýip garamak mümkin (2.5-nji surat).

5. Rezonans hadysasy

Mejbury yrgyldylar peýdaly we käte zyýanly netijelere hem alyp gelmegi mümkin. Munda zyýanly we peýdaly netijeler nämelerden ybarat bolýar?

Rezonans hadysasy tehnika we durmuşda uly amaly ähmiýete eýe. Rezonans hadysasyndan diňe bir mehaniki hadysalarda däl-de, eýsem elektrotehnika, optika we ýadro fizikasynyň hem peýdalanylýar. Meselem radiopriýomnik, telewizor we başgalaryň işleýşi rezonans hadysasyna esaslanan.

Rezonans hadysasy köplenç zyýanly netijelere hem getirýär. Meselem, käbir ses ýygylklarynda käte radiopriýomnigiň korpussy titreyär, ritmik görnüşde işleýän kärhana desgalarynyň bölekleriniň aýlanmagy netijesinde rezonans hadysasynyň bolmagy, netijede fundamentleriň dargamagy we bozulmagy mümkin.

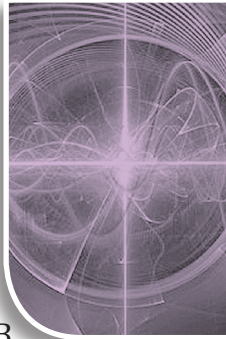
6. Garmonik yrgyldylar

Aşagy deşik gaba gum dolduryp, ýüpe asyp, yrgyldadýarys. Gabyň astyna karton kagyz goýup, bir tekiz çeksek, dökülen gumuň kagyzdaky yzy käbir kanun boýunça yrgyldayanlygyny görmek mümkin.

Bu tejribeden aşakdaky netijä gelmek bolar. Yrgyldayan gabyň süýşmegi wagtyň geçmegi bilen sinus ýa-da kosinus kanuny boýunça üýgeýär (2.6-njy surat).

Parametrleri sinus ýa-da kosinus kanuny boýunça üýtgeýän yrgyldyly herekete garmonik yrgyldylar diýilýär.

Garmonik yrgyldylar iň ýonekeý yrgyldylardyr. Garmonik yrgyldyly hereket edýän jisimiň süýşmegi aşakdaky aňlatmanyň kömeginde hasaplanýar:

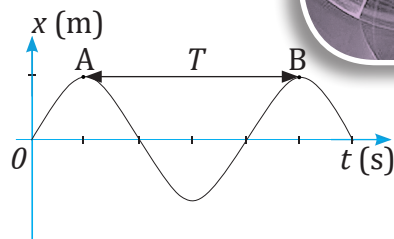


$$x = A \sin(\omega t + \varphi_0) \text{ ýa-da } x = A \cos(\omega t + \varphi_0) \quad (5)$$

Munda: A – yrgyldy amplitudasy, ω – siklik ýygylýk, t – wagt, φ_0 – başlangyç faza.

Garmonik yrgyldyly hereketde (5) formula görä süýşmegini wagt boýunça üýtgemek grafigi sinusoida (sinus kanuny boýunça aňladylýan) grafiginden ybarat bolýar. Grafigiň iki goňşularynyň arasyndaky wagt yrgyldy döwrüne deň bolýar (2.7-nji surat).

Sagadyň maýatniginiň hereketi mehaniki yrgyldy, elektrik togunyň ugrunyň üýtgemegi bolsa elektromagnit yrgyldydyr.

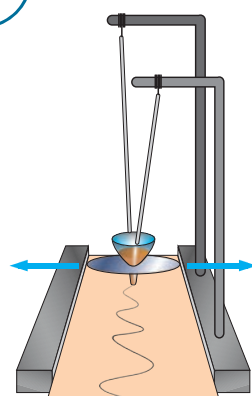


1. Hiňňillige bir adamyň ornuna iki adam otursa, hiňňilligiň yrgyldy döwri üýtgärmi?

2. Näme üçin otly duran wagtynda maşinist wagonyň tigrlerine urup çykýar?

3. Nähili ululyklar yrgyldyly hereketi häsiýetlendirýär?

4. Ýüpe asylan polat şarjagazyň aşagyna güýçli magnit ýerleşdirilse, şarjagazyň yrgyldy ýygylýgy nähili üýtgär?



2.6-njy surat

Mesele çözmegiň nusgasy:

Maddy nokadyň garmonik yrgyldy deňlemesi $x = 0,02 \cos \pi t$ görnüşe eýe. Nokadyň 0,25 s we $1/3$ s-dan soňky süýşmelerini tapyň.

Berlen:	Formula:	Çözülişi:
$x = 0,02 \cos \pi t$ $t_1 = 0,25$ s $t_2 = 1/3$ s	$x = A \cos(\omega t)$	$x_1 = 0,02 \cos(\pi \cdot 0,25) = 0,02 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 0,0141 \text{ m} = 1,41 \text{ cm}$ $x_2 = 0,02 \cos(\pi \cdot 1/3) = 0,02 \cdot 1/2 = 0,01 \text{ m} = 1 \text{ cm}$
$x_1 = ?$ $x_2 = ?$		Jogaby: $x_1 = 1,41 \text{ cm}$; $x_2 = 1 \text{ cm}$.

12-nji gönükmä

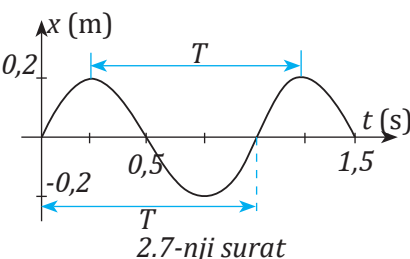
1. Nokadyň yrgyldy deňlemesi $x = 0,2 \sin \frac{\pi}{4} t$ (m), görnüşe eýe.

Amplitudasy (A), döwrüni (T) we $t = T/4$ wagtdaky süýşmesi x -y tapyň.

2. Sönmeýän yrgyldy hereket edýän maddy nokadyň amplitudasy 0,5 mm, ýygylýgy 2 kHz. Nokat 0,1 s içinde näçe ýol geçär?

3. Hereket deňlemesi $x = 0,06 \cos 100\pi t$ görnüşe eýe bolan maddy nokadyň yrgyldysynyň amplitudasyny, ýygylýgyny we döwrüni tapyň.

4. Maddy nokadyň yrgyldysy $x = 0,2 \sin(\pi t + \pi/2)$ (m) kanunalaýyklyk boýunça üýtgeýär. Yrgyldy amplitudasyny A , döwrüni T , siklik ýygylýgyny ω , başlangyç fazasy φ_0 -ny tapyň.

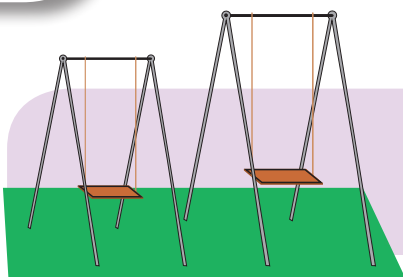


2.7-nji surat

16-njy TEMA

PRUŽINLI WE MATEMATIKI MAÝATNIKLER

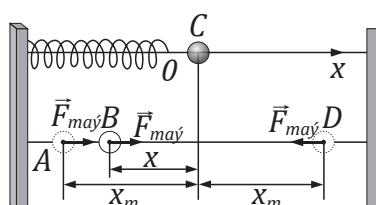
1. Pružinli maýatnik.
2. Matematiki maýatnik.



Iki hili uzynlykdaky hiňñilligiň haýsy birini saýlamak bolar? Sebäbini düşündiriň.

1. Pružinli maýatnik

Pružin berkidilen jisimiň we maýyşgaklyk güýjüniň täsirinde yrgyldyly hereket edýän jisime *pružinli maýatnik* diýilýär.



Pružiniň yük asylanda emele gelýän maýyşgaklyk güýji aşakdaky formula

$$F = -k\Delta x \quad (1)$$

bilen hasaplanýar.

Bu ýerde: k – pružiniň berkligi, Δx – pružiniň nähili sozulýanlygy ýa-da gysylanlygy (2.8 -nji surat).

Pružin asylan ýüki deňagramlylyk ýagdaýyndan A amplituda çenli uzaklaşdyryp goýup ibersek, onuň süýşmesi aşakdaky ýaly aňladylýar:

$$x = A \cdot \cos(\omega t) \quad (2)$$

Munda ω – siklik ýygyllyk bolup, ol jisimiň massasy we pružiniň berkligi arkaly anyklanýar:

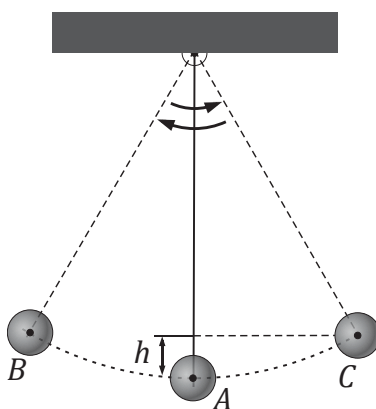
$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}.$$

Pružine asylan yüküň yrgyldy döwri we ýygyllygy bolsa:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (3)$$

$$\nu = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (4)$$

2.8-nji surat

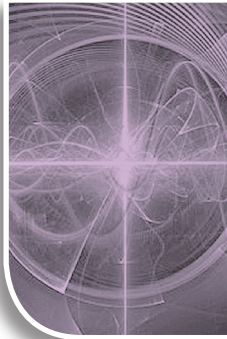


2.9-njy surat

2. Matematiki maýatnik

Sozulmaýan agramsyz uzyn ýüpe asylan we agyrylyk güýjüniň täsirinde yrgyldyly hereket edýän jisime *matematiki maýatnik* diýilýär.

Garşylyk güýçlerini hasaba almasak matematiki maýatnik diňe agyrylyk güýjüniň täsirinde garmonik yrgyldyly hereket edýär. Agyrylyk güýji matematiki maýatnik üçin içki güýç hasaplanýar (2.9-njy surat). Ýüpe asylan jisimi deňagramlylyk ýagdaýyndan çykarsak, edil pružinli maýatnik ýaly yrgyldyly hereket edýär. Jisimiň agyrylyk merkezinden süýşmesi aşakdaky ýaly ýazylyar:



$$x = A \cdot \cos(\omega t) \quad (5)$$

Siklik ýygylgyň maýatnik uzynlygy (l) we erkin gaçma tizlenmesi (g) arkaly anyklanyşy:

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$$

Matematiki maýatnigiň yrgyldy döwri:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (6)$$

formula bilen tapylýar.

Matematiki maýatnigiň yrgyldy döwrüni anyklaýan bu formula Gyugensiň formulasy diýlip aýdylýar.

Matematiki maýatnigiň yrgyldy ýygylgy:

$$\nu = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}} \quad (7)$$

formula bilen tapylýar.



1. Pružinli maýatnigiň siklik ýygylgyny iki esse artdyrmak üçin onuň haýsy fiziki ululyklaryny üýtgetmeli we näçe gezek?
2. Matematiki maýatnik haýsy güýjüň hasabyna yrgyldaýar?
3. Nähili şert ýerine ýetirilende matematiki maýatnigiň yrgyldylary garmonik bolýar?
4. Matematiki maýatnik ýüki deňagramlylyk ýagdaýyndan yrgyldy-ny başlasa, onda süýşme aňlatmasy nähili ýazylýar?

Mesele çözmegiň nusgasy

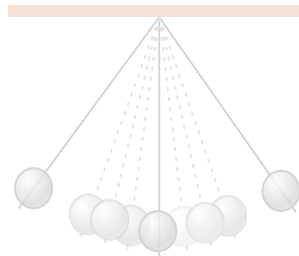
Birinji maýatnigiň yrgyldy döwri 3 s, ikinjisiniňki 4 s -a deň. Olaryň uzynlyklarynyň jemine deň bolan maýatnigiň yrgyldy döw-rüni tapyň.

Berlen:	Formula:	Çözülişi:
$T_1 = 3 \text{ s};$ $T_2 = 4 \text{ s}$	$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{l_1}{g}}$ $T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{l_2}{g}} \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{l_1 + l_2}{g}}$ $l = l_1 + l_2 \quad T = \sqrt{T_1^2 + T_2^2}$	$T = \sqrt{3^2 + 4^2} \text{ s} = 5 \text{ s}$ Jogaby: $T = 5 \text{ s}.$
$T=?$		

13-nji gönükmä

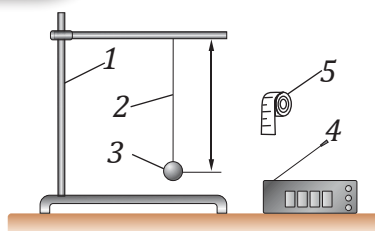


1. Matematiki maýatnigiň uzynlygy 16 esse kemelse, onuň erkin (hususy) yrgyldylar döwri nähili üýtgeýär?
2. Maýatnik erkin yrgyldanda, iň çetki ýagdaýyna bir minutda 15 gezek agdy. Yrgyldylar ýygylgy nämä deň?
3. Eger pružin 6 N güýç täsirinde 1,5 cm sozulsa, oňa asylan 1kg massaly ýüküň yrgyldylar döwri nähili bolýar?
4. Pružin asylan ýük 1 minudyň dowamynda 36 gezek yrgyl-daýar. Yrgyldylaryň siklik ýygylgyny tapyň.

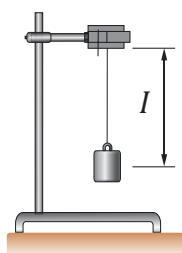


17-nji TEMA

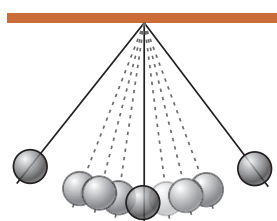
LABORATORIYA IŞI MATEMATIKI MAÝATNIGIŇ KÖMEGINDE ERKIN GAÇMA TIZLENMESINI ANYKLAMAK



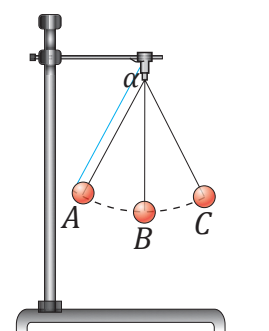
2.10-nji surat



2.11-nji surat



2.12-rasm



2.13-nji surat

Işin maksady: erkin gaçma tizlenmesi matematiki maýatnigiň kömeginde anyklamak usulyny öwrenmek.

Gerekli esbaplar we enjamlar: laboratoriya uniwersal ştatiwi; sozulmaýan ýüp; şarjagaz; sekundomer; ölçeg lentasy(2.10-njy surat).

Işin ýerine ýetirilişi:

- Ştatiwe ýüpi mümkin boldugyça uzynrak ýagdaýda berkidiň.
- Ýüpüň uzynlygyny ölçeg lentasynyň kömeginde ölçäň. Munda şaryň radiusy maýatnigiň ýüpüniň uzynlygyndan örän kiçi bolany üçin ony hasaba almasak hem bolýar (2.11-nji surat).
- Şarjagazy deňagramlylyk ýagdaýyndan onçakly uly bolmadyk (6° – 8°) burça gysardyp, goýberilýär (herekete getirilýär) we şu pursatda sekundomeri hem işe düşüriň (2.12-nji surat).
- Matematiki maýatnigiň öňünden anyk bellenen (meselem 20 gezek) yrgyldylar sanyny doly yrgyldamagy üçin giden wagty bellemek ediş.
- $T = t/N$ formuladan yrgyldynyň döwrüni tapyň.
- $g = \frac{4\pi^2 r}{T^2}$ formula görä erkin gaçma tizlenmesiniň san bahasyny tapyň.
- Maýatnigiň ýüpüniň uzynlygyny üýtgetmezden yrgyldylar sanyny $N_2=30$ we $N_3=40$ a ýetirip tejribäni gaýtalaň (2.13-surat).
- Alnan netijeleriň kömeginde erkin gaçma tizlenmesiniň san bahalaryny anyklaň.
- Alnan netijeler esasynda aşakdaky jedweli dolduryň.
- Absolýut we otnositel ýalňyşlyklary tapyň.

l_{ip} (m)	N , (gezek)	t , (s)	g , (m/s ²)	$\bar{g}_{ort}$ (m/s ²)	Δg , (m/s ²)	$\Delta \bar{g}_{ort'}$ (m/s ²)	$\varepsilon = \frac{\Delta \bar{g}}{\bar{g}_{ort}} 100\%$
	20						
	30						
	40						



- Matematiki maýatnigiň yrgyldy döwri maýatnik şarjagazynyň massasyna bagly bolmaýanlygynyň sebäbi nämede?
- Ýerden başga planetalarda şu tejribe geçirilse, alnan netijeler tapawutlanarmy?
- Matematiki maýatnigiň yrgyldy döwri onuň ölçeglerine baglymy?
- Ýeriň ekwatorynda we polýusynda matematiki maýatnigiň yrgyldy döwri birmeňzeş bolup bilermi?

MEHANIKI TOLKUNLAR

18-nji TEMA

1. Kese we boý tolkunlar
2. Tolkunyň häsiýetnamalary

Ýabyň boýunda suwuň kenara urulýanlygyny duýmaýarys, köl we derýa basseýlerinde suwuň kenara urulýandygyny duýýarys. Näme üçin?

1. Kese we boý tolkunlar

Ummanlaryň, derýalaryň we deňizleriň suwunyň ýüzündäki güberçek bolup duran ýerine adadta tolkun diýilýär. Tolkunlar nähili emele gelyär? Yrgyldyly hereket haýsydyr bir şertde emele gelse, munda yrgyldyly hereket bu şertiň ähli ýerine ýaýraýar.

Mehaniki yrgyldylaryň gurşawda ýaýramagyna mehaniki tolkun diýilýär.

Tolkunlar ýaýranda gurşawdaky bölejikler ornuny üýtgetmeýär, eýsem bölejikler deňagramlylyk ýagdaýynyň töwereginde yrgyldaýar. Bölejikden-bölejige yrgyldyly hereket we tolkun energiýasy geçirilýär. Şonuň üçin hem maddanyň däl-de, eýsem energiýanyň orun ütgetmegi ähli tolkunlara mahsus aýrarnlykdyr.

Mehaniki tolkunlar iki görnüşe bölünýär:

1. Boý tolkunlar.
2. Kese tolkunlar.

Boý tolkunlarda yrgyldylar tolkunyny ýaýraýyş ugry boýunça yrgyldaýar (2.14-nji surat). Boý tolkunlara ähli ses tolkunlary, ultrasesler, suwuklygyň içinde ýaýraýan mehaniki tolkunlar girýär.

Kese tolkunlarda bolsa gurşawyň bölejikleri tolkunyny ýaýraýyş ugruna dik ugurda yrgyldaýar (2.15-nji surat). Kese tolkunlara suwuň üstündäki tolkunlar, yrgyldaýan ýüpde ýaýraýan tolkunlar, elektromagnit tolkunlary girýär.

Gazlarda diňe boý tolkunlar ýaýraýar. Suwuklygyň üstünde kese tolkun, suwuklygyň içinde bolsa boý tolkun ýaýraýar. Gaty jisimlerde hem boý tolkunlar hem kese tolkunlar ýaýraýar.

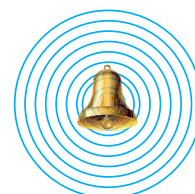
2. Tolkunyň häsiýetleri.

Mehaniki tolkunlar tolkun ýygylgy, tolkun uzynlygy, ýaýraýyş tizligi ýaly ululyklar bilen häsiýetlenýär.

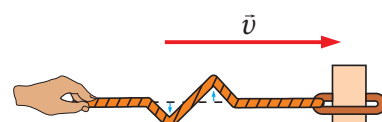
Tolkunyň ýygylgy bu gurşawyň bölejikleriniň yrgyldy ýygylgy bilen düşündirilýär.

Tolkundaky yrgyldylar **döwri** tolkun ýygylgyna ters bolan ululykdyr:

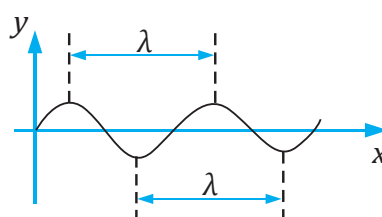
$$T = 1/\nu \quad (1)$$



2.14-nji surat



2.15-nji surat



2.16-nji surat

II BAP. MEHANIKA YRGYLDYLAR WE TOLKUNLAR

Bir gezek doly yrgyldy döwrüniň dowamynda tolkununň ýaýraýan aralygyna *tolkun uzynlygy* diýip aýdylýar. Tolkun uzynlygy λ (lýambda) harpy bilen belgilenýär, birligi üçin metr (m) kabul edilen.

$$\lambda = vT \quad (2)$$

$$\lambda = v/\nu \quad (3)$$

bu ýerde v – tolkununň ýaýraýyş tizligi, ν – ýygylgy, T – döwri (2.16-njy surat).



1. Tebigatda nähili tolkunlara duşduňyz?
2. Kese we boý tolkunlaryň arasynda nähili tapawut bar?
3. Tolkunlar özi ýaýraýan maddany daşamaýar, onda nämä üçin kenara suw tolkuny gelip urulýar?

Mesele çözmegiň nusgasy:

Kölün üstünde emele gelen tolkunlar 6 m/s tizlik bilen ýaýrayar. Munda tolkununň goňşy güberçekleriň arasyndaky aralyk 1,5 m. Onda galkyp duran plastik gabyň yrgyldy döwri we ýygylgy nämä deň?

Berlen:	Formula:	Çözülişi:
$v = 6 \text{ m/s}$ $\lambda = 1,5 \text{ m}$	$\lambda = vT$ $\lambda = v/\nu$ $T = \lambda/v$ $\nu = v/\lambda;$	$T = \frac{1,5 \text{ m}}{6 \text{ m/s}} = 0,25 \text{ s}; \nu = \frac{6 \text{ m/s}}{1,5 \text{ m}} = 4 \text{ Hz}$
$T = ? \quad \nu = ?$		Jogaby: $T = 0,25 \text{ s}; \nu = 4 \text{ Hz}.$



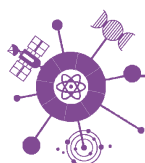
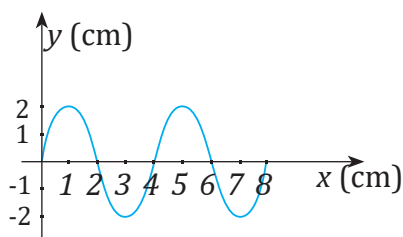
14-nji gönükmä

1. Balykçy suwda emele gelen tolkunlaryň güberçekleriniň arasyndaky aralyk 6 m -e, olaryň göçme tizliginiň bolsa 2 m/s deň bolýandygyny anyklady. Ol garmagyň galtgasynyň şu tolkunlar sebäpli yrgyldylar döwrüni anyklasa, nähili san bahasy gelip çykar (s)?

2. Ýüpüň ugruna ýygylgy 4 Hz bolan yrgyldylar 8 m/s tizlik bilen ýaýraýar. Tolkun uzynlygyny tapyň (m).

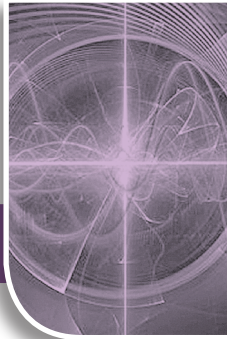
3. Şertde ýaýraýan tolkununň döwri 10 s, tolkununň uzynlygy 5 m bolsa, tolkununň ýaýraýan tizligi nämä deň bolýar?

4. Eger elastik gurşawda ýaýraýan tolkununň şertiň bölejikleri 140 gezek yrgyldaýança 70 m aralygy geçse, bu tolkununň uzynlygy (m) näçe?



Goşmaça ýumuş:

Çyzga garap, tolkununň uzynlygyny tapyň:



SES TOLKUNLARY

19-njy TEMA

1. Ses näme?
2. Sesiň tizligi.
3. Ses ululyklary.
4. Ultrasesler.
5. Infrases.

Näme sebäpden teatr binalarynyň içki bölegi suratda görkezilişi ýaly gurulýar?

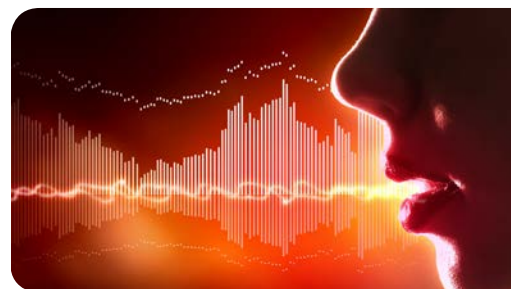
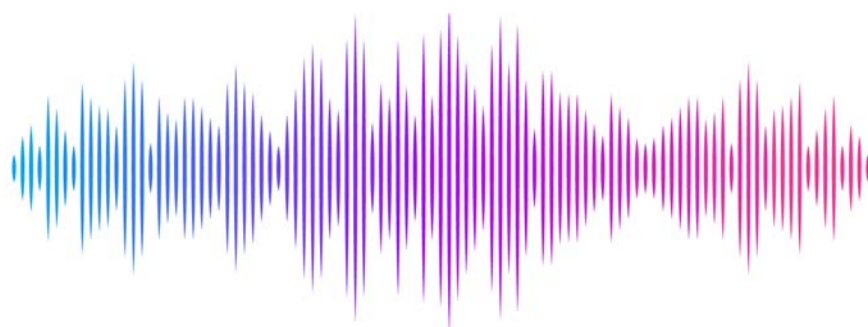


1. Ses näme?

Älem dürli-dümen seslere doly: sagadyň jykgyldysy, maşynyň motorynyň güwwüldisi, ýapraklaryň ştyrdysy, guşlaryň saýraýşy, şemalyň güwwüldisi we başgalar. Aslynda, ses näme we ol nähili emele gelýär? Ses nähili ýaýraýar (2.17-nji surat)?

Sesiň ýaýramagy barasynda gadymy adamlar sesleriň howada titreyän jisimlerden çykýandygyny duýupdyrlar.

Adam eşidip bilýän mehaniki tolkunlara ses tolkunlary diýilýär.



2.17-nji surat

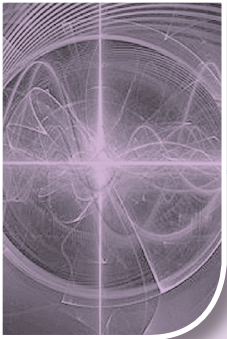
Ses elastik mehaniki tolkun bolup, elastik şertde ýaýraýar, wakumda ýaýrap bilmeýär. Ynsan gulagynyň duýýan ses tolkunlarynyň ýygylgy 17 – 20000 Hz aralygynda bolýar. Ses tolkunlary adam gulagyna ýetip baranda gulak perdesini mejbury yrgyldadýar we adam sesi eşidýär.

2. Sesiň tizligi.

Gazlarda sesiň ýaýraýşy. Stadionlarda dürli uzaklykda ýerleşen radiokerneýlerden ýa-da iki goňşy öýdäki telewizordan çykýan bir-meñzeş sesiň bir wagtda däl-de, eýsem yzly-yzyna eşidilýändigine üns berdiňizmi? Asmana atylan salýutlaryň ilki şöhesini, soňra onuň partlan sesiniň eşidilýändigine üns berdiňizmi?

Gök gümmürdeýän wagtynda ýyldyrym çakandan soň, olaryň sesi biraz wagtdan soň eşidilýär. Diýmek, howada sesiň ýaýraýş tizligi ýagtylygynyň ýaýraýş tizliginden örän kiçi bolýan eken.

Ses – gaz şekilli, suwuk ýa-da gaty şertde ýaýraýan elastik şert bölejikleriniň yrgyldyly hereketidir.



Anyk bir ýgylykly ses çykarýan gurala *kamerton* diýilýär. Kamertony 1711-nji ýylda iňlis sazandasy J. Şorom oýlap tapypdyr we saz gurallaryny sazlanda peýdalanydyr. Kamerton iki şahaly metal sterženden ybarat bolup, ortasynda tutawajy bar.

Rezin taýajyk bilen kamertonyň bir şahasy-na urulsa, mälüm bir ses eşidilýär. Kamertondan çykýan sesi güýçlendirmek çin ol agaçdan ýasalan guta ýerleşdirilýär. Bu gutynyň wezipesi – *rezonator*, ýagny sesi güýçlendiriji. Adamyň agzy kamertona meňzeýär. Dil yrgyldaýan jisim bolsa, agyz boşlugy we damak rezonator wezipesini ýerine ýetirýär (2.18-nji surat).



2.18-nji surat

Howanyň temperaturasy $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ bolanda sesiň ýaýramak tizligi takmynan $v = 330\text{ m/s}$ -a deň. Ses tolkunlarynyň ýaýramak tizligi töwerekdäki şerte, onuň ýagdaýyna we tempraturasyna bagly bolýar. Sesiň howadaky ýaýramak tizligini birinji bolup 1636-njy ýylda fransuz alymy M. Mersen ölçäpdir. Howanyň temperaturasy $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ bolanda sesiň ýaýramak tizligi 343 m/s -a deň bolýar. Sesiň tizligi howanyň temperaturasynyň göterilmegi bilen artýar.

Suwuklyklarda sesiň ýaýraýşy. Sesiň tolkunlary gazlarda ýaýraýşy ýaly suwuklyklarda hem ýaýraýar. Emma her dürli şertlerde sesiň ýaýramak tizligi dürli bolýar. Munuň sebäbi şertiň bölejikleriniň seýrek ýa-da gür ýerleşmegidir. Suwuklyklaryň dykzlygy gazlaryň dykzlygyndan uly bolany üçin ses suwuklyklarda uly tizlikde ýaýraýar. Mundan daşary, sesiň suwuklykdaky tizligi suwuklygyň düzümine hem bagly. Sesiň suwdaky tizligini birinji gezek 1826-njy ýylda J. Kolladon we Ş. Şturmlar Şweýsariýadaky Ženewa kölünde ölçäpdir. Munda suwuň temperaturasy $8\text{ }^{\circ}\text{C}$ hem-de sesiň tizligi 1440 m/s -a deň bolupdyr.

Gaty jisimlerde sesiň ýaýraýşy. Gaty halyndaky maddalaryň dykzlygy gaz ýa-da suwuklygyň dykzlygyna görä uly bolanlygy sebäpli gaty jisimlerde ses has hem tiz ýaýraýar. Meselem, demirde temperatura $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ bolanda sesiň ýaýraýş tizligi 5850 m/s -a deň bolýar.

Gazlardan we suwuklyklardan tapawutlylykda gaty jisimlerde hem boý, hem kese tolkunlar ýaýraýar. Sesiň boý tolkun tizligi:

$$v_b = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

Kese tolkunynyň ýaýraýş tizligi:

$$v_k = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$$

formula bilen hasaplanýar.

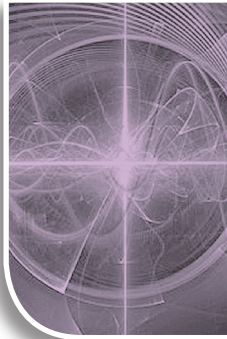
Bu ýerde E – şert üçin Ýunguň moduly, G – süýşmek moduly.

Gaty jisimlerde boý tolkunlaryň ýaýraýş tizligi kese tolkunlaryň ýaýraýş tizliginden iki esse diýen ýaly uly, çünki $E > G$.

Ses tolkunlary nähili şertde ýaýramagyna garamazdan, boý tolkun hasaplanýar.

3. Ses ululyklary.

Sesiň ululygy. Sesiň ululygy amplituda bilen ölçenýär. Ses energiýa eýe. Sesiň ululygy 1858-nji ýylda nemes fizikleri W. Weber we G. Fehneriň teklipe eden kanun esasynda anyklanylýar. Ynsanyň duýýan ses ululygynyň aşaky çägi **Bel** diýip belgilenen birlikde häsiýetlenýär. Bu birlik telefony oýlap tapan A. Belliň hormatyna goýlan bolup, Bel, desibel (dB)lerde ölçenýär. Adamyň gulagynyň agyryny duýmak başlangyjyny 130 dB diýip kabul edilen ($1\text{ dB} = 0,1\text{ B}$). Şoňa görä ýuwaş gürrüniň ses gatylygy 40 dB , gaty galmagalyňky 80 dB , samolýodyňky bolsa $110\text{--}120\text{ dB}$ -e deň.



Sesiň belentligi. Sesiň belentligi sesiň ýygylgy bilen häsiýetlenýär. Erkek adamyň sesinden aýalyň sesiniň ýygylgy esli uly bolýar.

Ses tembri. Sesiň tembri yrgyldylarynyň ýygylgyklar boýunça paýlanýş arassalygyny häsiýetlendirýän ululykdyr. Şeýle notada aýdym aýdýan aýdymçylar dürliçe tembre eýe bolýarlar.

Erkekleriň çykarýan esasy tonuna seredip ses «Bas» (80–350 Hz), «Bariton» (110–400 Hz), «Tenor» (230–520 Hz) ýalylara, aýallaryňkyny «Soprano» (260–1050 Hz), «Kontralto» (170–780 Hz), «Messo-soprano» (200–900 Hz) we «Kolorator soprano» (260–1400 Hz) lara bölünýär..



4. Ultrasesler.

Ýygylgy 20 000 Hz –den uly bolan ses tolkunlaryna *ultra sesler* diýilýär.

Ultrasesleri (lat. *ultra* – ýokary, örän ýokary) adamyň gulagy duýmaýar. Emma käbir haýwanlaryň duýgy organlary ultrasesiň kömeginde işleýär. Meselem, ary, delfin, ýarganat ýaly haýwanlar päs-gelçilikleri anyklamakda ýa-da oljasyny tapmakda ultrasesden peýdalanýarlar.

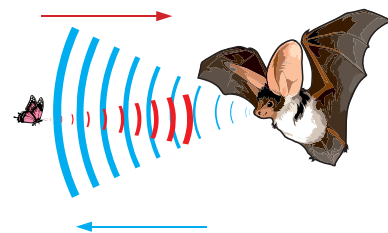
Ultrases tehnika hem köp peýdalanylýar. Meselem, maddalaryň fiziki häsiýetlerini öwrenmekde, jisimleri mehaniki bejermekde, ehlokasiýada, lukmançylykda we beýleki pudaklarda (2.19-njy surat). Ehlokasiýanyň kömeginde jisimleriň duran ýagdaýy ýa-da olara çenli bolan aralyk anyklanýar. Munuň üçin belli bir ýerden goýberilen we jisimden gaýdyp gelen ultrases kabul edilýär (2.20-nji surat). Ultrasesiň jisime baryp-gelýän wagty (t) bolsa, jisime çenli bolan aralyk (s) aşakdaky ýaly anyklanýar:

$$s = \frac{vt}{2}.$$

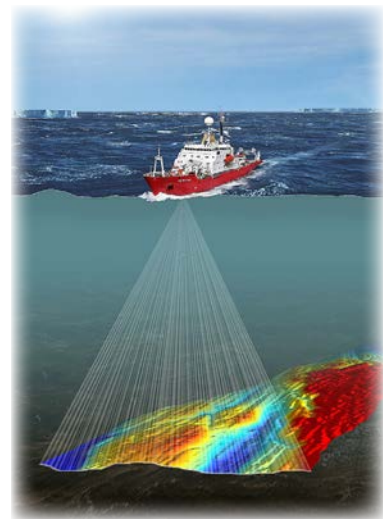
5. Infrases

Ýygylgy 17 Hz-den kiçi bolan elastik tolkunlar *infrases* diýip atlandyrylýar.

Infrases (lat. *infra* – aşaky, pes, astynda) – adamyň gulagyna eşidilmeýän pes ýygylgyly elastik tolkunlar. Infrases daşky şertde örän kem iýilýär, şonuň üçin ol howa, suw we ýeriň üstünde örän uzak aralyklara ýaýraýar. Infrasesiň bu aýratynlyklaryndan atmosferanyň ýokary gatlaklaryny, Ýeriň gabygyny barlamakda, güýçli partlamanyň uzaklygyny we deňizlerde güýçli tolkunlaryň ýaýraýan meýdanyny anyklamakda peýdalanylýar (2.21-nji surat).



2.19-njy surat



2.20-nji surat



2.21-nji surat

II BAP. MEHANIKA YRGYLDYLAR WE TOLKUNLAR



1. Ses gatylygy nämä bagly ?
2. Ses belentligi nämä bagly?
3. Ses tolkunlarynyň emele gelmegini düşündiriň, olary nähili ululyklar häsiýetlendirýär?
4. Tolkun bilen nähili ululyk geçirilýär?

Mesele çözmegiň nusgasy

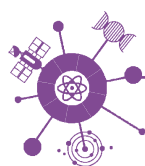
Gaýanyň garşysynda duran oylan sesiniň ýaňyny 2 s -dan soň eşitdi. Çagadan gaýa çenli bolan aralyk näçä deň?

Berlen:	Formula:	Çözülişi:
$v = 340 \frac{m}{s}$ $t = 2 s$ $s = ?$	$s = \frac{vt}{2}$	$s = \frac{340 \frac{m}{s} \cdot 2s}{2} = 340 m$ Jogaby: $s = 340 m$.



15-nji gönükme

1. Eholotdan goýberilen signal 1,6 sekuntadan soň kabul edilen bolsa, deňziň çuňlugy nähili (km)? Sesiň suwdaky tizligi 1500 m/s.
2. Ses howadan suwa geçýär. Munda onuň ýygylgy nähili üýtgeýär? Sesiň suwdaky tizligi 1480 m/s, howadaky tizligi 340 m/s -a deň.
3. Iki demir ýol stansiýasynyň arasyndaky aralyk 8,3 km. Bir stansiýadan ikinji stansiýa çenli ses rels arkaly näçe wagtda ýetip gelýär? (Sesiň 20 °C temperaturada polatdaky tizligi 5100 m/s).

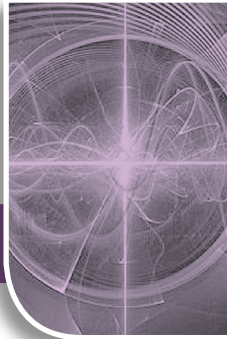


Goşmaça meseleler

1. Çüýşe gabyň içine sagat goýlan. Gabyň içindäki howa sorup alnandan soň sagadyň sesi eşidilmän galdy. Nämä üçin ses eşidilmän galdy?



2. Tomaşaçylar ýok bolan zalda ses tomaşaçylar doly bolandaka garanda belent eşidilýär, nämä üçin? Sebäbini düşündiriň.?



MESELELER ÇÖZMEK

20-nji TEMA

Mesele çözmegiñ nusgasy:

1. Jisim $x = A \cos(\omega t)$ deñlamä laýyklykda yrgyldyly hereket edýär. Yrgyldaýan jisim 0,8 s-da 50 cm süýsse, yrgyldynyñ amplituda syny, döwrüni we ýygylgyny tapyň. $\omega = 2,5\pi \text{ s}^{-1}$ diýip alyň.

Berlen:	Formula:	Çözülişi:
$x = A \cos(\omega t)$ $x = 50 \text{ cm} = 0,5 \text{ m}$ $\omega = 2,5 \pi \text{ s}^{-1}$	$A = \frac{x}{\cos(\omega t)}$ $\nu = \frac{\omega}{2\pi}$ $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{1}{\nu}$	$T = \frac{2\pi}{2,5\pi} \text{ s} = 0,8 \text{ s}.$ $\nu = \frac{2,5\pi}{2\pi} \cdot \frac{1}{\text{s}} = 1,25 \text{ s}^{-1} = 1,25 \text{ Hz} ;$ $A = \frac{0,5 \text{ m}}{\cos\left(2,5\pi \frac{1}{\text{s}} \cdot 0,8 \text{ s}\right)} = 0,5 \text{ m}$ $\cos 2\pi = 1$ Jogaby: $T = 0,8 \text{ s} ; \nu = 1,25 \text{ Hz} ; A = 0,5 \text{ m}.$

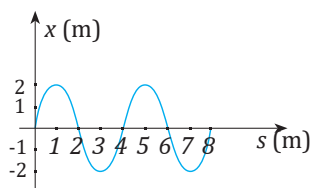
2. Pružine m massaly ýük asyp, goýup iberilende ol 9 cm -a sozulup yrgyldap başlady. Pružiniñ yrgyldy döwrüni tapyň.

Berlen:	Formula:	Çözülişi:
$\Delta x = 9 \text{ cm} = 9 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ $g = 9,8 \text{ m/s}^2$	$F = -kx;$ $F = P = m g$ $k\Delta x = mg$ $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$	$T = 2 \cdot 3,14 \cdot \sqrt{\frac{9 \cdot 10^{-2} \text{ m}}{9,8 \text{ m/s}^2}} \approx 0,6 \text{ s}$ Jogaby: $T = 0,6 \text{ s}.$

3. Kölde suwuñ ýüzündäki tolkun 6 m/s tizlik bilen ýaýraýar. Eger tolkunynyñ uzynlygy 3 m bolsa, onuñ yrgyldy döwrüni we ýygylgyny tapyň.

Berlen:	Formula:	Çözülişi:
$v = 6 \text{ m/s}$ $\lambda = 3 \text{ m}$ $T = ? \nu = ?$	$\lambda = vT$ $\lambda = \frac{v}{\nu} \quad T = \frac{\lambda}{v}$ $\nu = \frac{v}{\lambda}$	$T = \frac{3 \text{ m}}{6 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 0,5 \text{ s} ; \quad \nu = \frac{6 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{3 \text{ m}} = 2 \text{ Hz}$ Jogaby: $T = 0,5 \text{ s}, \quad \nu = 2 \text{ Hz}$

II BAP. MEHANIKA YRGYLDYLAR WE TOLKUNLAR



2.22-nji surat

4. 2.22-nji suratda berlen tolkunni uzunlygyny anyklaň (m).

Çözülişi: munda iki goňşy tümmegiň arasyndaky aralyk tolkunni uzunlygyna deň bolýar. Suratdan görnüşi ýaly tolkunni uzunlygy 4 m -e deň.



16-njy gönükmä

1 Berkligi 250 N/m bolan pružin asylan jisim 16 s içinde 20 gezek yrgyldady. Jisimiň massasyny (kg) tapyň.

2. Iki sany matematiki maýatniklere asylan ýükler birmeňzeş wagtyň içinde biri 10 gezek, ikinjisi bolsa 30 gezek yrgyldady. Maýatnikleriň ýüpleriniň uzunlyklary nähili gatnaşykda bolýar?

3. Yrgyldy döwri 2 s -a deň bolanda maýatnigiň ýüpleriniň uzunlygy nähili bolýar?

4. Jisim X oky boýunça $x = 0,06\sin(3\pi t)$ (m) kanuna görä yrgyldaýar. Jisimiň yrgyldy amplitudasyny, döwrüni we ýygylgyny tapyň.

5. Berkligi 160 N/m bolan pružin asylan 400 g massaly ýüküň yrgyldy ýygylgyny tapyň.

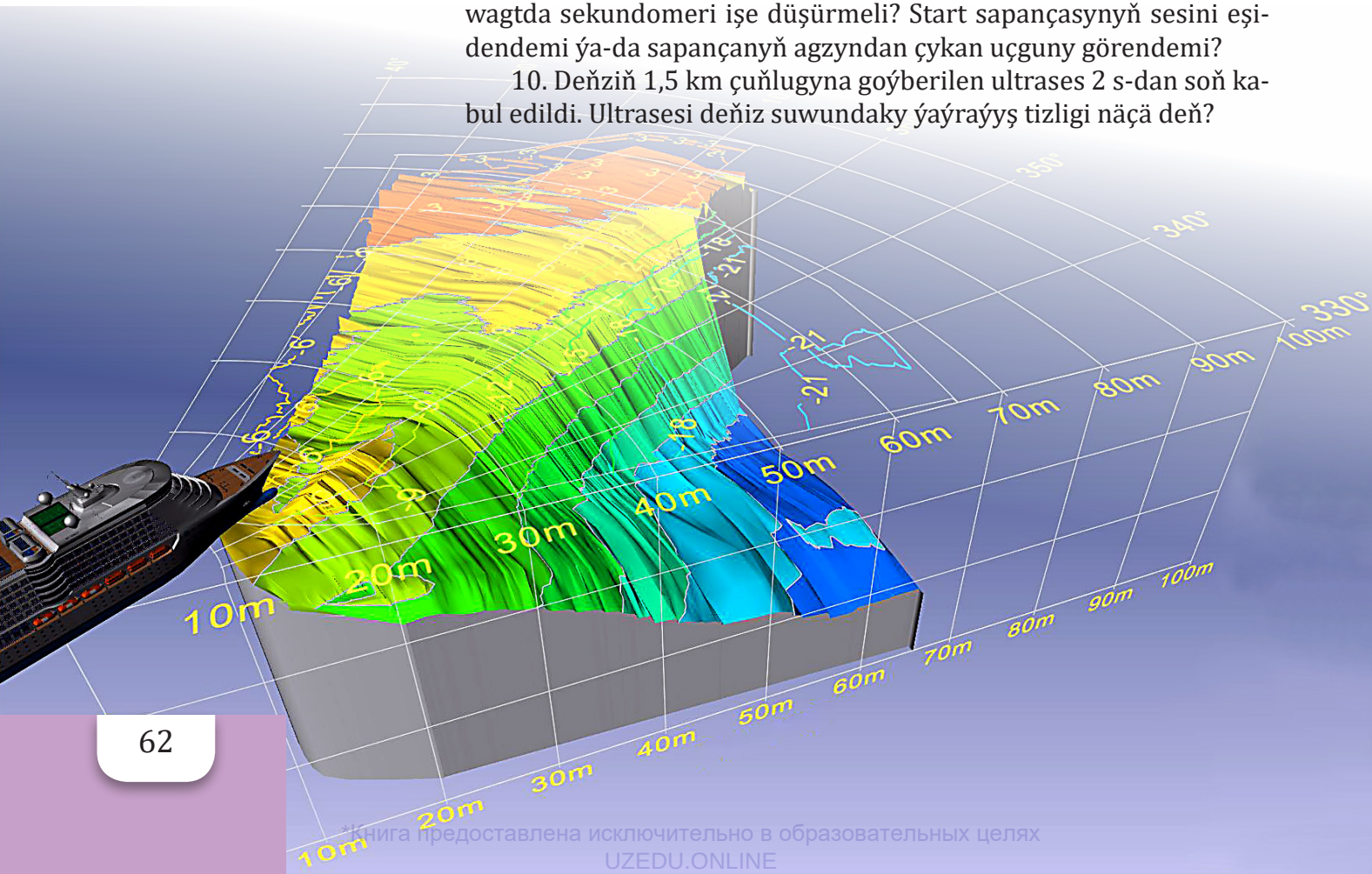
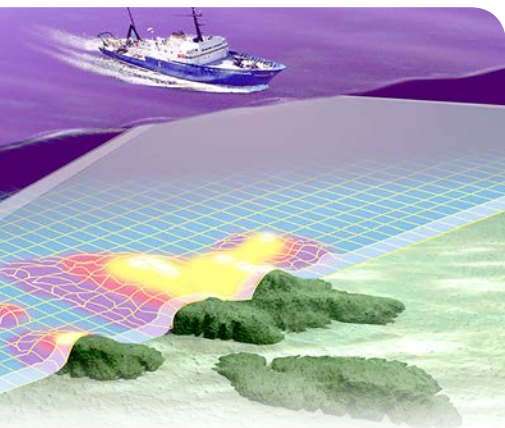
6. Gök gürrüldisi wagtynda adam ýyldyrym çakandan 15 s geçenden soň, gök gürrüldisiniň sesini eşitdi. Ondan näçe aralyk uzaklykda ýyldyrym çakypdyr? Sesiň howadaky tizligi 340 m/s.

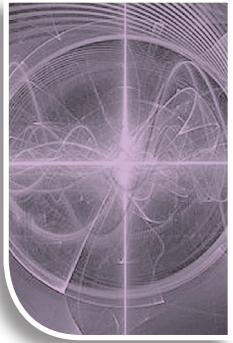
7. Sesi gaýtarýan päsgele çenli bolan aralyk 68 m. Näçe wagtdan soň adam ýaň eşidýär?

8. Deňziň çuňlugyny eholotyň kömeginde ölçemekde ultrasesi 0,6 s-dan soň kabul eden bolsa, deňziň gäminiň astyndaky çuňlugy näçe metr? Sesiň suwdaky tizligi 1500 m/s.

9. Ylgaw ýodajygyň pellehanasynda duran emin agzasy haýsy wagtda sekundomeri işe düşürmeli? Start sapaņasynyň sesini eşidendemi ýa-da sapaņasanyň agzyndan çykan uçuňny görendemi?

10. Deňziň 1,5 km çuňlugyna goýberilen ultrases 2 s-dan soň kabul edildi. Ultrasesi deňiz suwundaky ýaýraýyş tizligi näçä deň?

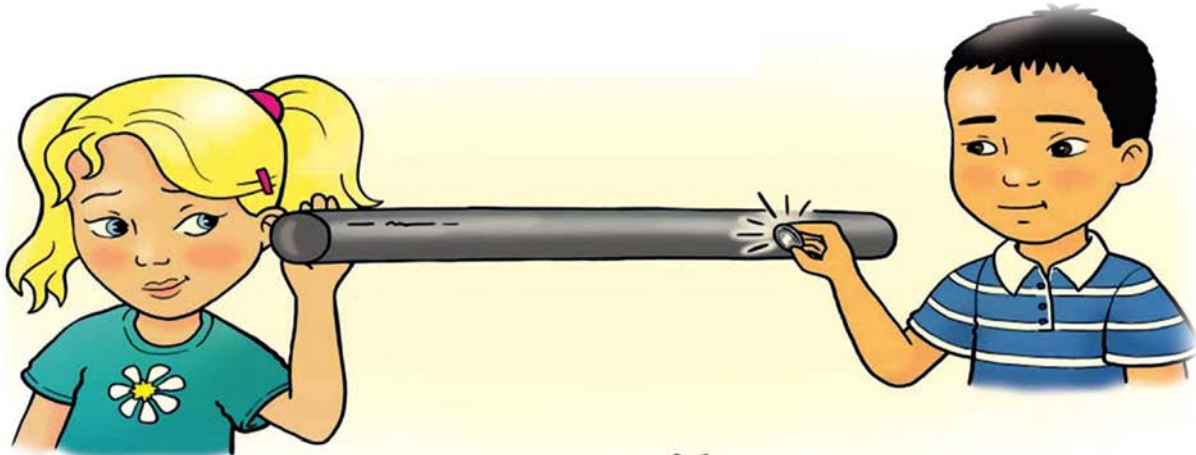




II BAP BO'YUNCHA LOGIKI PIKIRLENMÂ DEGIŞLI ÝUMUŞLAR



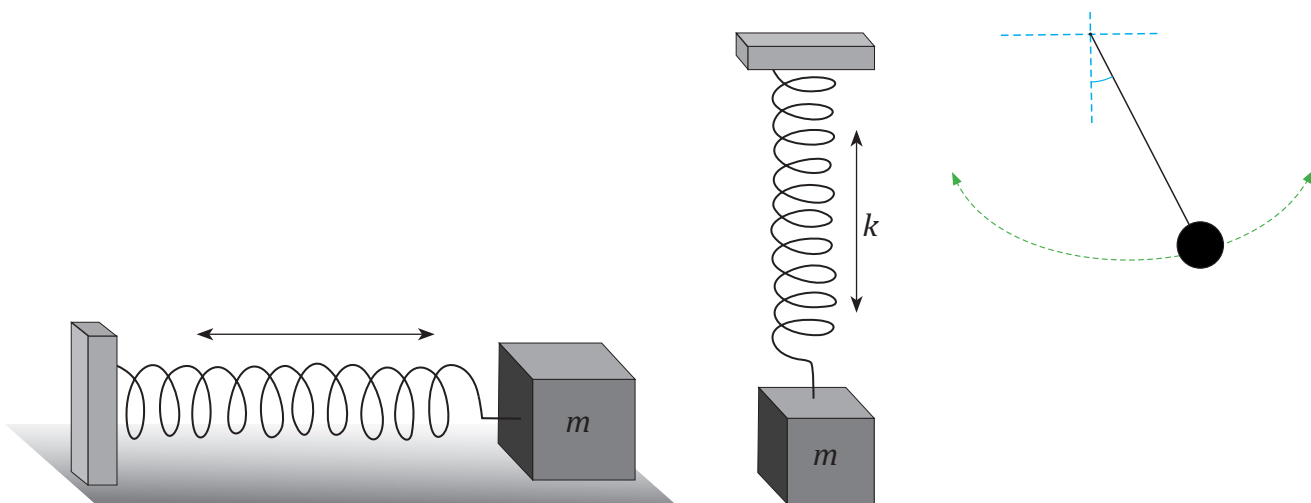
1. Nâme üçin tomaşa zallarynda öň hatardaky oturgyçlarda bilek gymmat, yzdaky oturgyçlarda bolsa arzan satylýar?

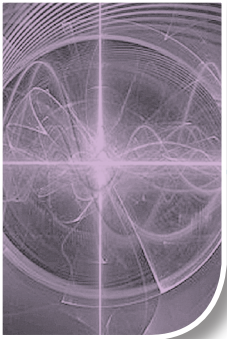


2. Şu suratda çağa teňňe bilen metal tur-bany güýçsüz uranda gyz haýsy ýagdaýda sesi güýçlüräk eşidýär?



3. Suratlardaky yrgyldyly hereket edýän jisimleriň hereketini häsiýetlendirýän fiziki ululyklary çyzgyda çyzyp görkeziň.





II BABA DEĞIŞLI ÖZBAŞDAK ÇÖZMEK ÜÇİN MESELELER

1. Eger maddy nokadyň yrgyldylarynyň amplitudasy 4 cm bolsa, onuň bir doly yrgyldysynyň dowamynda geçen ýoly nähili (cm) bolar?

2. Jisim 2 minutda 60 gezek yrgyldady. Yrgyldylar ýygylgy nähili (Hz)?

3. Matematiki maýatnigiň uzynlygy 4 esse artanda onuň yrgyldylar döwri nähili üýtgär?

4. Matematiki maýatnik Ýerden Aýa orny üýtgedilende döwri nähili üýtgär? $g_{ay}=1,6 \text{ m/s}^2$, $g_{yer}=10 \text{ m/s}^2$.

5. Amplitudasy $A=10 \text{ cm}$, ýygylgy $\nu=2 \text{ Hz}$ we wagtyň başlangyjynda nokadyň süýşmesi iň uly (maksimal) bolsa, garmonik yrgyldylaryň deňlemesini ýazyň.

6. Maddy nokadyň yrgyldylary $x=0,05\cos t$ deňleme bilen berlen. Yrgyldylaryň döwrüni, amplitudasyny tapyň.

7. Nokat ýygylgy $\nu=10 \text{ Hz}$ bolan garmonik yrgyldyly hereket edýär. Başlangyç moment diýip hasaplanan wagtda nokadyň maksimal süýşmesi $x_m=1 \text{ mm}$ -a ýetipdir. Nokadyň yrgyldylar deňlemesini ýazyň we grafigini çyzyň.

8. Toryň bir nokady 1 mm amplituda we 1 kHz ýygylgy bilen yrgyldaýar. Bu nokat 0,2 s dowamynda nähili ýoly (cm) geçer?

9. Kese tolkunynyň birinji we başinji tūmmekleriniň arasyndaky aralyk 40 m. Tolkun uzynlygyny (cm) tapyň. Ses tolkunlary nähili ýygylgy aralygy eýelär?

10. Inçe elastik şnur boýunça kese tolkun $\nu=15 \text{ m/s}$ tizlik bilen ýaýraýar, döwri $T=1,2 \text{ s}$ -a deň bolsa, tolkunyny uzynlygyny tapyň.

11. Balykçy galtga 10 s içinde tolkunda 20 gezek yrgyldanyny duýdy. Tolkunyny goňşy güberçekleriň arasyndaky aralyk 1,2 m. Tolkunlaryny ýaýraýyş tizligi nähili?

III BAP



GIDRODINAMIKA WE AERODINAMIKA

Siz bu bapda aşakdaky temalar boýunça maglumatlar alarsyňyz:

- suwuklyklaryň we gazlaryň hereketi;
- hereketlenýän gazyň we suwuklygyň basyşynyň tizlige baglylygyndan tehnikada peýdalanmak.



21-nji TEMA

SUWUKLYKLARYŇ WE GAZLARYŇ HEREKETI



1. Laminar akym.
2. Turbulent akym.
3. Akymyň üznüksizligi.
4. Hereketlenýän suwuklyklarda ýa-da gazlarda basyşyň paýlanyşy.

Siziň pikiriňize görä, seýil baglaryndaky çüwdürim (fontan) nähili işleýär?

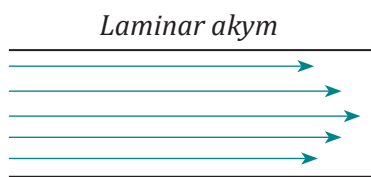
Tebigatda suwuklyklaryň dynçlykda duran ýa-da hereketdäki ýagdaýlaryna köp duş geldik. Aşaky synplarda dynçlyk ýagdaýda duran suwuklyklaryň we gazlaryň gabyň diwaryna berýän basyşyny öwrenipdik.

Suwuklyklaryň we gazlaryň hereketdäki ýagdaýy olaryň dynçlyk ýagdaýyndan tapawutlanýar. Muňa has gowy düşünmek üçin ýapdan akýan suwa gözegçilik edeliň. Suw haýal ýa-da bat bilen akmagy mümkin. Bu iki ýagdaýda suwuň akýşy dürli bolýar. Bu ýagdaýlary aýratyn öwrenýäris.

1. Laminar akym

Giň ýaplarda ýa-da derýalarda haýal akýan suwuň çetki we orta bölekleri aýratyn gatlak-gatlak bolup akýar. Muny suwuň üstünde akyp gelýän çöpleriň hereketinde görýäris.

Suwuklyklaryň ýa-da gazlaryň gatlak-gatlak bolup akmagyna laminar akym diýilýär.



Laminar akym

3.1-nji surat

Laminar (lat. *lamina* – plastinka, gatlak) akymda suwuklyk ýa-da gaz bölekleri bir-biriniň ýollaryny kesmän göni ugurda akýar. Şol sebäpli suwuklyk ýa-da gaz gatlaklary başga gatlaklaryň hereketine täsir etmeýär (3.1-nji surat). Suwuklyk ýa-da gaz bir naýdan akanda suwuklyk ýa-da gazyň naýyň diwarlaryna sürtülmegi netijesinde gatlaklaryň süýşmegi naýyň orta böleginde tizräk, çetki böleklerinde bolsa haýalrak bolýar. Bu ýagdaý laminar akym gatlaklarynyň bir-birinden aýratyn görnüşde akmagyna getirýär. Laminar akyma damarymyzdaky gan akymyny, suwuň agajyň bedenindäki kapillýar naýlar boýunça göterilişini, mylaýym öwüsýän şemaly we şuna meňzeş hadysalary mysal edip görkezmek mümkin.

2. Turbulent akym

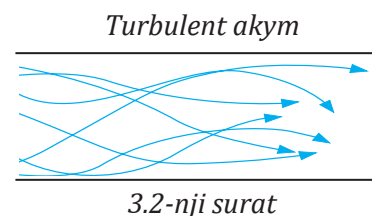
Suwuklyk ýa-da gaz tiz akanda onuň bölekleri aýratyn gatlak görnüşinde bolman, girdap, ýagny tüweleý görnüşindäki hereketleri emele getirýär.



Suwuklyklaryň ýa-da gazlaryň syrgyn, girdap emele getirip akmagyna *turbulent akym* diýilýär.

Turbulent (lat. *turbulentus* – joşgun, tertipsiz) akymda suwuklyk ýa-da gaz bölejikleri dürli ugur boýunça tertipsiz hereket edýär. Şol sebäpden suwuklyk ýa-da gazyň aýratyn gatlaklary täsirleşip özara aralaşyp gidýär (3.2-nji surat).

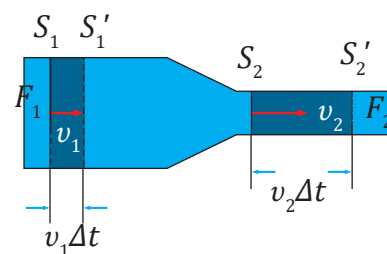
Turbulent akymy deňiz, derýa we ummanlardaky tornadolarda, gumly sähralardaky gum syrgynlarynda, girdaplarda, atmosfera-daky yssy we sowuk howa akymalarynyň çalyşmagy netijesinde emele gelen syrgyn şemallarda we şuňa meňzeş hadysalarda görmegimiz mümkin.



3.2-nji surat

3. Akymyň dowamlylygy

Suwuklyk ýa-da gazyň naýlardaky akymyny öwreneliň. Suwuklyk ýa-da gaz bilen naýyň diwarynyň arasyndaky sürtülme örän kiçi bolsun. Munda sürtülmäni hasaba almaýarys, şol sebäpli naýyň meýdanynyň dürli nokatlarynda, akym tizligi birmeňzeş bolýar. Kesimiň meýdany dürli bolan v_1 naý arkaly gysylmaýan suwuklygy naýyň dürli ýerlerindäki akymyň tizliginiň nämä baglydygyny anyklaýarys 3.3-nji suratda görkezilen naýyň S_1 meýdana eýe bolan bölegine suwuklyk v_1 tizlik bilen girip, S_2 meýdandan v_2 tizlik bilen çykyp gidýär. Belli bir Δt wagt içinde S_1 meýdan m_1 massaly suwuklyk, S_2 meýdandan bolsa m_2 massaly suwuklyk akyp geçýär. Suwuklyk gysylmaýanlygy sebäpli ol naýyň bir ýerinde jemlenip galmaýar we naýyň islendik kesiminiň meýdany arkaly birmeňzeş Δt wagt aralygynda akyp geçýän suwuklyklaryň massasy deň bolýar. Ýagny: $m_1 = m_2$. Suwuklygyň massasyny onuň dykzlygy ρ we göwrümi V arkaly aňladyp ($m = \rho V = \rho S v \Delta t$), aşakdaky deňligi alýarys:



3.3-nji surat

$$\rho_1 S_1 v_1 \Delta t = \rho_2 S_2 v_2 \Delta t$$

bu ýerde $\rho_1 = \rho_2$ bolany üçin

$$S_1 \cdot v_1 = S_2 \cdot v_2 \quad (1)$$

deňlemä eýe bolýarys.

Bu deňlemä suwuklyk akymynyň **üznüksizlik deňlemesi** diýilýär. Wodoprowod şlangasyndan suw sepýän wagtynda suwy uzagrağa sepme üçin şlanganyň uýy gysylýar. Şonda suw uly tizlik bilen atylýp çykýar (3.4-nji surat).



3.4-nji surat

Dürli kesik meýdanly naýda akýan gysylmaýan suwuklygyň tizliginiň san bahasy, suwuklygyň kesik meýdanlaryna ters proporsional bolýar. Muňa *gysylmaýan suwuklyk üçin akymyň üznüksizligi* diýilýär.

III BAP. GIDRO WE AERODINAMIKA

4. Hereketlenýän suwuklyklarda ýa-da gazlarda basyşyň paýlanyşy.

Akýan suwuklygyň gabyň diwaryna berýän basyşy suwuklygyň akym tizligine bagly bolýar. Muny tejribede görmek mümkin. Depe bölegine inçe ölçeň naýlary seplen, dürli meýdanly naýlaryň suwuklyk akymyna gözegçilik edýäris (3.5-nji surat). Suwuklygyň stasionar akymynda her bir ölçeň naýlary boýunça suwuklyk göterilýär. Suwuklygyň sütünleriniň beýikliklerine görä naýyň diwarlaryna berýän basyşyny anyklamak mümkin. Tejribelerden görnüşi ýaly, naýyň giň bölegindäki basyş, onuň dar bölegine görä uly bolýar. Suwuklyk akymynyň üznüksizlik deňlemesine görä naýyň giň böleginde akym tizligi kiçi, dar böleginde uly bolýar. Suwuklyk basyşynyň akym tizligine baglylygynyň matematiki aňlatmasyny 1738-nji ýylda D. Bernulli anyklapdyr.

Bernulliniň deňlemesi aşakdaky ýaly bolýar:

$$p_1 + \rho gh_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} = p_2 + \rho gh_2 + \frac{\rho v_2^2}{2} \quad (2)$$

$$\text{ýa-da } p + \rho gh + \frac{\rho v^2}{2} = \text{const} \quad (3)$$

Bu ýerde p – statik basyş, ρgh – suwuklygyň gidrostatik basyşy, $\frac{\rho v^2}{2}$ – suwuklyk akymynyň gidrodinamiki basyşy.

Bernulli deňlemesine görä, suwuklyk akýan naýyň giň böleginde gidrodinamiki basyş kiçi, gidrostatiki basyş bolsa uly bolýar. Şol sebäpli ýokardaky tejribede (3.6-njy surat) gabyň giň bölegine ornaşdyrylan naý dar bölegine ornaşdyrylan naýa görä ulurak basyş edýär.



Daniýel Bernulli
(1700–1782)

Mesele çözmegiň nusgasy

1. Üýtgeýän kesikli turbanyň kesigi 50 cm² bolan böleginde akýan suwuň tizligi 4 m/s – a deň bolsa, kesigi 10 cm² bolan bölegindäki suwuň tizligini anyklaň.

Berlen:	Formula:	Çözülüşi:
$S_1 = 50 \text{ cm}^2 = 50 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ $S_2 = 10 \text{ cm}^2 = 10 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ $v_1 = 4 \text{ m/s}$ $v_2 = ?$	$S_1 v_1 = S_2 v_2$ $v_2 = \frac{S_1 v_1}{S_2}$	$v_2 = \frac{50 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot 4 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{10 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ Jogaby: $v_2 = 20 \text{ m/s}$.



17-nji gönükme

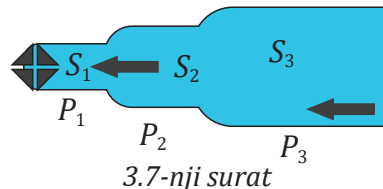


1. Eger bo'lag pultundan 25 m/s tizlik bilen suwuk bo'lag akyp chiqqan bolsa, kompressor bo'lag pultunda nahili basyş emele getirýär? Bo'lagyň dykzlygy $0,8 \text{ g/cm}^3$ -a deň.

2. Bir turbadan ikinji turba geçende suwuklygyň akymynyň tizligi 2,8 gezek artsa, turbanyň kese kesiginiň meýdanynyň nahili üýtgeýändigini anyklaň.

3. 3.7-nji suratda görkezilişi ýaly seplen suw akýan wagtynda K kran ýapyldy. Munda turbanyň dürli diametrli ýerlerindäki basyşlaryň arasynda $p_1 = p_2 = p_3$ gatnaşyk emele geldi. Suw akýan wagtynda bu basyşlaryň arasynda nahili gatnaşyk bolupdyr?

4. Nebit guýusyndan diametri 60 mm bolan turba arkaly göterilýär. Her sagatda 9,12 t nebit göterilýän bolsa, nebitiň akýş tizligini tapyň. Nebitiň dykzlygy 800 kg/m^3 .



1. Suwuklygyň dinamiki basyşy diýende nämäni düşüňärsiňiz?
2. Özünüzniň ýaşaýan ýeriňizde akyp geçýän suwlaryň nahili görnüşde akýanlygyny taryplap beriň.
3. Nämä sebäpden suwuklygyň tizligi artsa, onuň basyşy kemelýär?



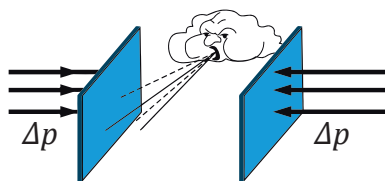
22-nji TEMA

HEREKETLENÝÄN GAZYŇ WE SUWUKLYGYŇ BASYŞYNYŇ TIZLIGE BAGLYLYGYNDAN TEHNIKADA PEÝDALANMAK

1. Uçaryň ganatyny göterýän güýç.
2. Magnus effekti.
3. Gapdaky deşikden atylyp çykyan suwuklygyň tizligini hasaplamak.



*Näme üçin tiz hereketlenýän otlynyň golaýynda durmak howply?
Jogabyňyzy düşündirip beriň.*

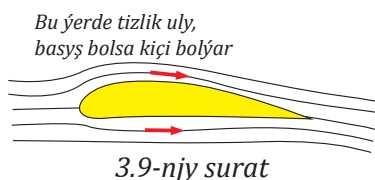


3.8-nji surat

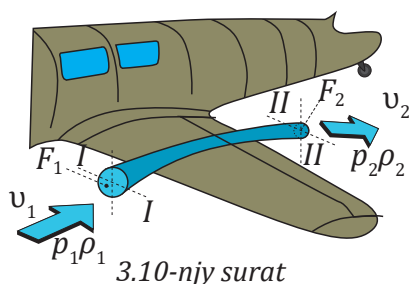
Suwuklyk dynçlyk ýagdaýda duranyna görä hereket ýagdaýynda bolanynda basyşyň üýtgeýändigini bilen tanyşdyk. Basyşyň bu üýtgemegine görä dinamiki basyş, suwuklygyň ýa-da gazyň tizligine bagly bolýanlygyny görmek üçin aşakdaky ýaly tejribe geçirýäris. Iki list kagyz alyp, dik ýagdaýda tutýarys. Soň kagyzlaryň arasynda üfleýäris (3.8-nji surat). Şonda kagyzlar bir-birine ymtylyp golaýlaşýar. Munuň sebäbi, kagyzlaryň arasyndaky howa uflemek netijesinde herekete gelýär we olaryň arasyndaky basyş kemelýär. Kagyzlaryň daşky tarapyndaky basyş, içki tarapyndakydan uly bolup galanlygy sebäpli kagyzlary gysýan güýç peýda bolýar. Bir tarapa hereketlenýän iki sany gäminiň hiç bir sebäpsiz çaknyşyp gidýändigini mälim. Munuň sebäbi hem edil iki sany kagyzlaryň listiniň arasynda üflenende basyşlaryň tapawudynyň emele gelmegine meňzeşdir.

1. Uçaryň ganatyny göterýän güýç

Uçarlaryň perwazy ganatlarynyň ýörite gurluşyna bagly (3.9-nji surat). Uçaryň ganaty süýri görnüşe eýe bolýar. Ganata gelip urulýan şemal iki sany akyma bölünýär. Ganatynyň aşaky we ýokarky taraplary boýunça geçen şemal akymalary ganatdan geçip bir wagtda duşuşýar. Ýokarky böleginde şemal geçmegi gerek bolan ýol aşaky bölegindäki ýoldan ulurak bolanlygy sebäpli ýokarky bölegindäki şemalyň tizligi aşaky bölegindäki şemalyň tizliginden ulurak baha eýe bolýar. Bernulli deňlemesine görä, ganatnyň ýokarky böleginde howanyň statik basyşy (p_1) kiçiräk, aşaky bölegindäki basyş (p_2) bolsa ulurak bolýar. Ganatnyň aşaky we ýokarky böleklerindäki basyş güýçleri $F_1 = p_1 S_1$ we $F_2 = p_2 S_2$ dürli baha eýe bolup, olar aşakdan ýokary ugrugan netijeleşýäni basyş güýjüni emele getirýär. Bu netijeli basyş güýji:



3.9-nji surat



3.10-nji surat



$$F_g = p_2 S_2 - p_1 S_1$$

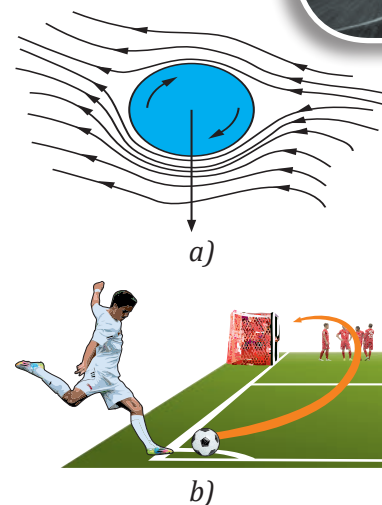
uçary göterýän güýç wezipesini ýerine ýetirýär (3.10-njy surat).

2. Magnus effekti

Futbol meýdanynda burçdan depilen top dogry barýan ugrundan aýlanyp derwezä girýänini gördük. Talantly futbolçylaryň topa beren zarbasy netijesinde ol öňe hereket etmek bilen bir wagtda aýlanma hereket hem edýär. Topuň aýlanma hereket etmegi netijesinde onuň çep we sag taraplaryndan akyp geçýän howa akymynyň tizligi üýtgeýär we basyşlaryň tapawudy emele gelýär. Basyşlaryň tapawudy bolsa topuň derweze tarapa öwrülmegine sebäp bolýar. (3.11-nji surat).

Suwuklygyň ýa-da gazyň aýlanýan jisimiň töwereginden akyp geçende emele gelýän fiziki hadysa **Magnus effekti** diýilýär.

Bu hadysada akyma dik ugrugan jisime täsir edýän güýç peýda bolýar. Şol sebäpden hereketlenip gelýän Jisim bir tarapa garap gysarýar. Bu effekti 1853-nji ýylda nemes fizigi Henrih Magnus açyş edipdir.



3.11-nji surat



Henrih Gustaw Magnus
(1802–1870)

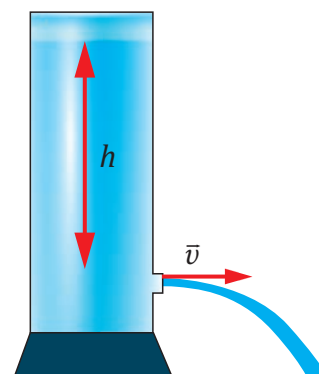
3. Gapdaky deşikden atylyp çykýan suwuklygyň tizligini hasaplamak

Aşagynda deşigi bolan gaba suwuklyk guýlanda deşikden suwuklygyň nähili tizlik bilen atylyp çykýandygyny anyklaýarys. Deşik suwuklyk derejesinden wertikal boýunça h aralykda ýerleşen bolsun (3.12-nji surat). Deşigiň meýdany gabyň kesik meýdanyndan örän kiçi bolanlygy sebäpli gapdaky suwuklygyň üstüniň peselmek tizligi suwuklygyň deşikden atylyp çykmak tizliginden örän hem kiçi bolýar. Şol sebäpli suwuklygyň üstüniň tizligini hasaba almaýarys. Gapdaky suwuklygyň üstki meýdanyndaky basyş, atmosfera basyşy p_0 -a deň. Suwuklygyň deşikden çykandaky basyş hem atmosfera basyşy p_0 -a deň. Deşikden çykýan suwuklygyň tizligini v bilen belgiläp, bu iki ýer üçin Bernulliniň deňlemesini peýdalanýarys:

$$p_0 + \rho \frac{v_1^2}{2} = p_0 + \rho gh \text{ formuladan:}$$

$$v = \sqrt{2gh} \text{ emele gelýär.}$$

Muňa ideal suwuklyk üçin *Torriçelliň formulasy* diýilýär.



3.12-nji surat



1. Magnus efektinden ýene haýsy ýerlerde peýdalanmak mümkin?
2. Batbörek nähili güýçleriň täsirinde ýokara göterilýär?
3. 3.12-nji suratdaky gapdan atylyp çykýan suwuklygyň tizligi deşigiň meýdanyna baglymy?

Taslama işi. Jisimiň swuklyk ýa-da gazlardaky hereketine degişli gurluşlary ýasamak (okuwçylar özbaşdak ýerine ýetirýär).

23-nji TEMA

MESELELER ÇÖZMEK:

Meseleler çözmegiň nusgalary

1. Turbanyň kese kesiginden ýarym sagatda 500 l kömürturşy gazynyň akyp geçýänligi mälim bolsa, turbadaky gazyň akym tizligini tapyň. Turbanyň diametri 2 cm -e deň.

Berlen:	Formula:	Çözülüşi:
$V = 500 \text{ l} = 0,5 \text{ m}^3$ $D = 2 \text{ cm} = 0,02 \text{ m}$ $t = 0,5 \text{ sagat} = 1800 \text{ s}$ $v = ?$	$V = \pi \frac{D^2 l}{4}; \quad v = \frac{l}{t}$ $l = \frac{4V}{\pi D^2}; \quad v = \frac{4V}{\pi D^2 t}$	$v = \frac{4 \cdot 0,5 \text{ m}^3}{3,14 \cdot 4 \cdot 10^{-4} \text{ m} \cdot 1800 \text{ s}} = 0,88 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ Jogaby: $v = 0,88 \text{ m/s}$.

2. Turbanyň kese kesiginden ýarym sagatda 0,51 kg kömürturşy gazynyň akyp geçýänligi mälim bolsa, turbadaky gazyň akym tizligini tapyň. Gazyň dykzlygy $7,5 \text{ kg/m}^3$ -a deň diýip alyň. Turbanyň diametri 2 cm -e deň.

Berlen:	Formula:	Çözülüşi:
$m = 0,51 \text{ kg}$ $\rho = 7,5 \text{ kg/m}^3$ $D = 2 \text{ cm} = 0,02 \text{ m}$ $t = 0,5 \text{ sagat} = 1800 \text{ s}$ $v = ?$	$V = \pi \frac{D^2 l}{4} = \frac{m}{\rho}; \quad v = \frac{l}{t}$ $l = \frac{4m}{\pi \rho D^2}; \quad m = V\rho;$ $v = \frac{4m}{\pi D^2 \rho t}$	$v = \frac{4 \cdot 0,51 \text{ kg}}{3,14 \cdot (0,02 \text{ m})^2 \cdot 7,5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 1800 \text{ s}} = 0,12 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ Jogaby: $v = 0,12 \text{ m/s}$.

3. Boýy 5 m bolan sisternada ýerden 50 cm beýiklikde kran ornaşdyrylan. Kran açylsa, ondan suwuklyk nähili tizlik bilen atylyp çykar (3.12-nji surat)?

Berlen:	Formula:	Çözülüşi:
$H = 5 \text{ m}$ $h = 50 \text{ cm} = 0,5 \text{ m}$ $v = ?$	$v = \sqrt{2g(H-h)}$	$v = \sqrt{2 \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} (5 - 0,5) \text{ m}} =$ $= \sqrt{20 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 4,5 \text{ m}} \approx 9,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ Jogaby: $v \approx 9,5 \text{ m/s}$.

18-nji gönükme



1. Wodoprowod turbasynyň deşiginden suw dik ýokary 1,25 m belentlige atylyp duran bolsa, suwuň turbanyň deşiginden atylyp çykýan tizligini tapyň.

2. Turbanyň dar ýerinde suwuň akýş tizligi 2 m/s. Diametri 2 esse uly bolan böleginde suw nähili tizlik bilen akýar?

3. Suwuň sarpy üýtgemezden turbadaky suwuň akýş tizligi 1,21 gezek kemelen bolsa, turbanyň kese kesiminiň meýdany nähili üýt-gäpdir?

4. Kesimi üýtgeýän, gorizontal ýerleşen turbadan suw akýar. Turbanyň diametri giň ýerinde suwuň tizligi 20 cm/s bolsa, diametri ondan 1,5 gezek kiçi bolan dar ýerinde suwuň tizligini anyklaň.

5. Gorizontal ýerleşen turbanyň giň ýerinde nebitiň akym tizligi 2 m/s. Eger turbanyň giň we dar böleklerindäki statik basyşlaryň tapawudy 6,65 kPa bolsa, turbanyň dar ýerindäki nebitiň tizligini anyklaň.

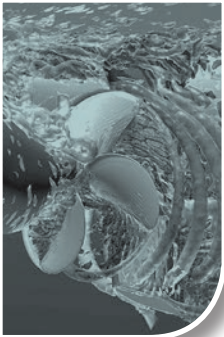
6. Ganatlarynyň meýdany 40 m² -a deň bolan uçar gorizontal uçan wagtynda ganatlarynyň aşagyndaky howanyň basyşy 98 kPa, ganatlarynyň üstündäki bolsa 97 kPa -a deň bolsa, olaryň göteriji güýji näçe (kN) -a deň bolýar?

7. Derýa suwunyň haýsy böleginde suw tiz akýar? Suwuň çetki bölegindemi ýa-da derýanyň belli bir çuňlugyndamy? Derýanyň or-tasyndamy ýa-da kenara ýakyn bölegindemi?

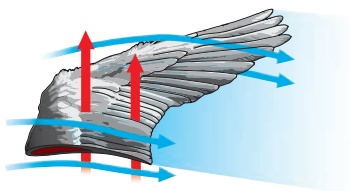
8. Suw turbasy deşilip, ýokara suw atylyp çykyp başlady. Eger deşiğiň meýdany 4 mm², suwuň atylyp çykýş beýikligi 80 cm bolsa, bir sutkada näçe (kg) suw zaýa bolar?

9. Boýy 5 m bolan sisternanyň aşagyna kran ornaşdyrylan. Kran açylsa, suwuklyk nähili tizlik bilen atylyp çykar?





APDA LOGIKI PIKIRLENMÄGE DEĞİŞLİ ÝUMUŞLAR



1. Iki sany ýanyp duran şem biri-birine ýakyn goýulýar, olaryň arasyna naý arkaly üflense ýalynyň ujy biri-birine ýakynlaşýar. Şu tejribäni ýerine ýetiriň we netije çykaryň.

2. Suratdan peýdalanyň guşuň ganatyna täsir edýän faktorlary depderiňize ýazyň.

III BABA DEĞİŞLİ ÖZBAŞDAK ÇÖZMEK ÜÇIN MESELELER

1. Suwuklyk akýan naýyň iki ýerindäki kesimiň meýdanlarynyň gatnaşygy $S_2 = 5S_1$ bolsa, bu kesiklerdäki akymyň tizlikleriniň gatnaşygyny tapyň.

2. Turbanyň giň bölegindäki suwuň akym tizligi 2 m/s bolsa, onuň diametri 2 esse kiçi bolan dar bölegindäki suwuň akym tizligi näçe bolýar (m/s)?

3. Turbadaky suwuň akymynyň tizligi 2 m/s. Turbadan her sagatda 7200 kg suw akyp geçse, onuň kese kesiginiň meýdany näçe cm^2 -a deň?

4. Turbadaky 5 mm^2 deşikden suw ýokara dik atylyp, 80 cm beýiklige göterilýär. Deşikden 10 sagatda näçe kg suw akyp çýkar?

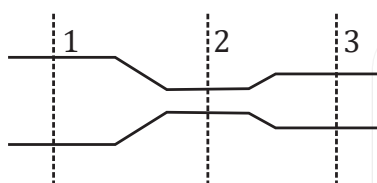
5. Kese kesiginiň meýdany üýtgeýän turbadan suwuklyk akyp dur. Bu suwuklygyň haýsy kesimdäki basyşy iň kiçi (3.13-njy surat) ?

6. Bir turbadan ikinji turba geçende suwuň akym tizligi 5,6 esse artsa, turbanyň kese kesiginiň meýdany nähili üýtgeýär?

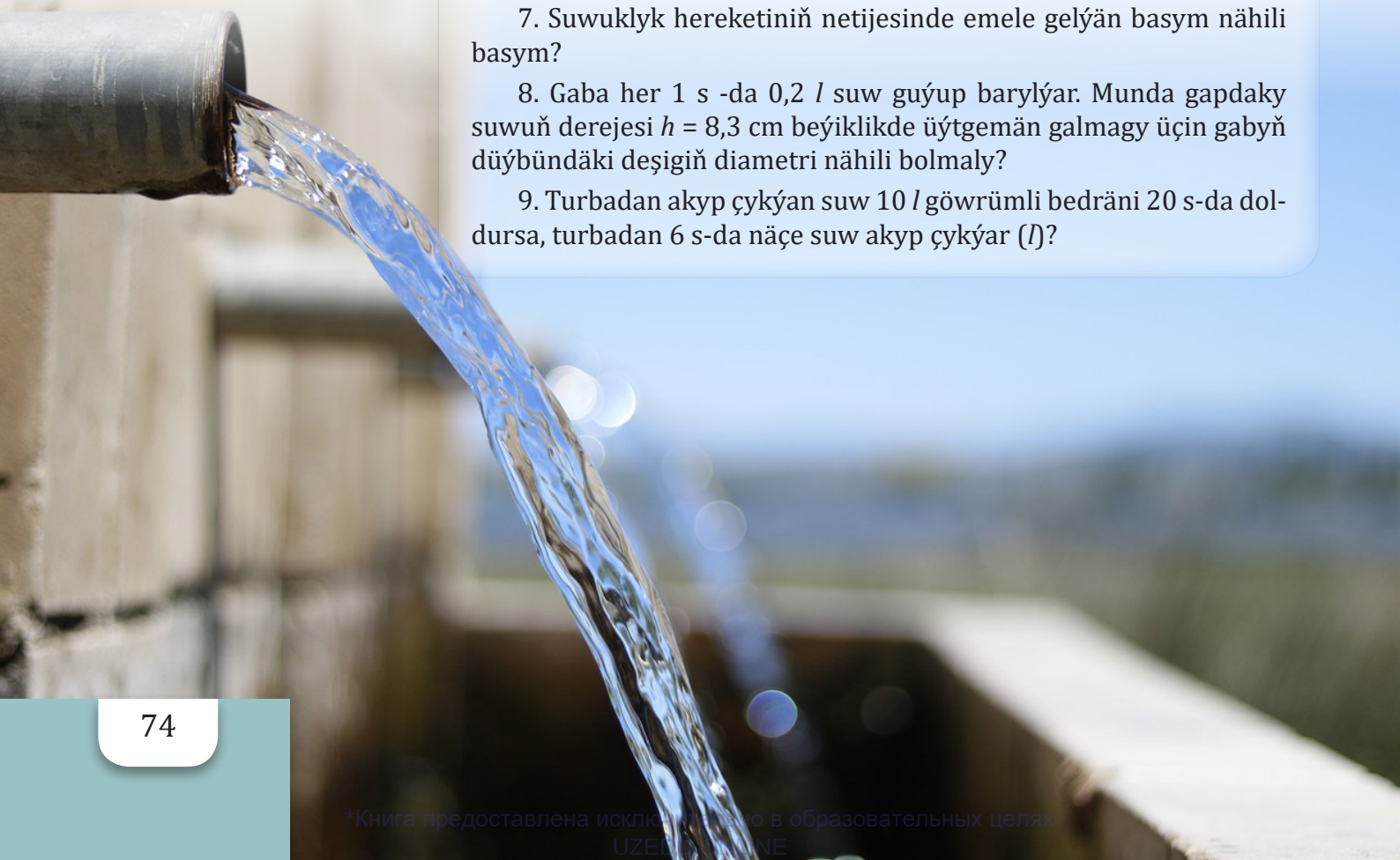
7. Suwuklyk hereketiniň netijesinde emele gelýän basym nähili basym?

8. Gaba her 1 s -da 0,2 l suw guýup barylýar. Munda gapdaky suwuň derejesi $h = 8,3$ cm beýiklikde üýtgemän galmagy üçin gabyň düýbündäki deşigiň diametri nähili bolmaly?

9. Turbadan akyp çykýan suw 10 l göwrümlü bedräni 20 s-da doldursa, turbadan 6 s-da näçe suw akyp çykýar (l)?



3.13-njy surat



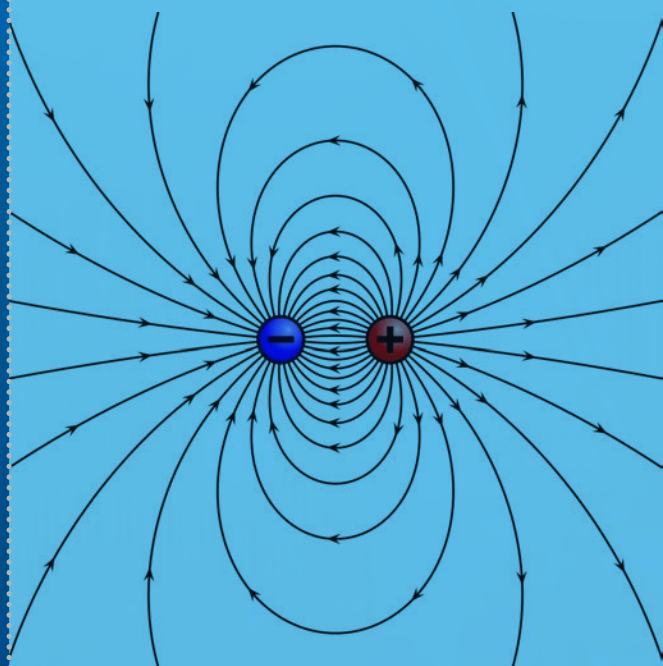
IV BAP



ELEKTROSTATIK MEYDAN

Siz bu bapda aşakdaky temalar boýunça maglumat alarsyňyz:

- elektrik meýdanynyň güýjenmesiniň superpozitsiýa prinsipi;
- zarýadlanan şaryň elektrik meýdany;
- elektrostatik meýdanda nokatlanç zarýadyň ornuny üýtgedende edilen iş;
- elektrik meýdanda ýerleşen nokatlanç zarýadyň potensial energiýasy;
- elektrik meýdanyň energiýasy.



24-nji TEMA

ELEKTRIK MEYDANYNYŇ GÜÝJENMEGINIŇ SUPERPOZISIÝA PRINSIPI

1. Elektrostatik meýdan.
2. Elektrostatik meýdanyň güýjenmesi.
3. Elektrik meýdanyň superpozisiýa prinsipi.
4. Netijeleýji elektrik meýdanyň güýjenmesi.



Sintetik materiallardan taýýarlanan geýimleri çykaranda uçgun çykýandygyny nähili düşündirmek mümkin?

Agyz bilen üfläp çişirilen howa şaryny saçyňyza ýa-da sintetik mata gowuja sürtüp goýberseňiz, ýokary hereket edýändigini göreris. Näme üçin edil ýokary hereketlenýär?



1. Elektrostatik meýdan

Iki zarýadyň özara täsirini, bir-birine degirinde olaryň zarýadlarynyň özara geçýändigini Kulonyň kanunynyň kömeginde öwrenipdiňiz. Bu kanun hat-da zarýadlar bir-birine degirilmedik ýagdayda hem, belli bir aralykda durup hem täsirleşmegi her bir zarýadyň töwereginde meýdanyň barlygyny aňladýar. Bu meýdan elektrik meýdanydyr. Elektrik zarýadlaryň töwereginde elektrik meýdany emele gelýär.

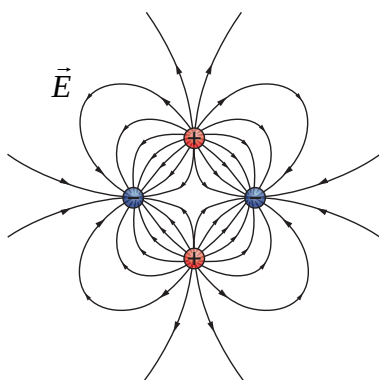
Gozganmaýan zarýadlaryň töwereginde emele gelen elektrik meýdanyna *elektrostatik meýdan* diýilýär.

2. Elektrostatik meýdanyň güýjenmesi

Siz aşaky synplarda elektrik meýdany hakynda umumy maglumatlara eýe bolupdyňyz.

Elektrik meýdanyny güýç taýdan häsiýetlendirýän ululyk hökmünde elektrik meýdanynyň güýçjenme wektory – $\vec{E}$ kabul edilýär.

Meýdan üçin girizilen birligiň položitel synag zarýadyna (q_s) meýdan tarapyndan täsir edýän güýje san taýdan deň bolan ululyga *elektrik meýdanynyň güýjenmesi* diýilýär:



4.1-nji a surat

Ýagny:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_s} \text{ -e deň}$$

Elektrik meýdanyň güýçjenme birligi $[E] = 1 \frac{\text{N}}{\text{C}}$ -e deň.

Elektrik meýdanyň güýjenmesi wektoryň ugry görnüşinde položitel zarýada täsir edýän güýjüň ugry saýlap alnan, otrisatel zarýada täsir edýän güýjüň ugry güýjenme wektorynyň ugruna garşylykly bolýar. Birmeňzeş alamatly zarýadlar bir-biri bilen itekleşýär, dürli alamatly zarýadlar bir-biri bilen dartýşýar (4.1-nji a surat).

4.1-nji b suratdaky $+2q$ zarýaddan çykýan elektrik meýdanyň güýç çyzyklarynyň diňe ýarysy $-q$ zarýadda gutarýar. Galan güýç



çyzyklar çäksizlikde diýip takmyn edilen başga zarýarda gutarýar. Elektrik meýdanyň güýç çyzyklarynyň emele getiren «nagys» nokatlanç zarýadlaryň emele getiren elektrik meýdanyň çyzan çyzyklaryna meňzeýär. Bu çyzyklaryň «nagys»yna seredip meýdanyň nirede güýçli, nirede güýcsiz we zarýadlarynyň ululygy hakynda düşündiriş bermek mümkin.

3. Elektrik meýdanynyň superpozisiýa prinsipi

Elektrik meýdanyny bir sany nokatlanç zarýad hem emele getirýär, emma köplenç elektrik meýdanyny esasan zarýadlar sistemasy emele getirýär. Eger $q_1, q_2, \dots, q_n$ zarýadlar sistemasynyň emele getiren meýdanynyň bir nokadyna q_s synag zarýadyny girizsek, oňa her bir zarýad tarapyndan $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n$ güýçler täsir edýär. Synag zarýadyna täsir edýän ähli güýçleriniň deň täsir edijisi aşakdakylara deň:

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n$$

Onda zarýad girizilen nokatdaky meýdanyň güýjenmesi aşakdaky ýaly bolýar:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_s} = \frac{\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n}{q_s} = \frac{\vec{F}_1}{q_s} + \frac{\vec{F}_2}{q_s} + \dots + \frac{\vec{F}_n}{q_s} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n$$

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n \quad (1)$$

bu formula **elektrik meýdanynyň superpozisiýa prinsipi** diýilýär we ol aşakdaky ýaly kesgitlenýär:

Zarýadlar sistemasynyň haýsydyr bir nokatda emele getiren elektrik meýdanynyň güýjenmesi, sistema girýän her bir zarýadyň şol nokatdaky meýdanyň güýjenmeleriniň wektor jemine deň.

(Superpozisiýa sözünüň leksik manysy goşulmak ýa-da üstme-üst düşme diýen manyny aňladýar).

Nokatlanç zarýadyň elektrik meýdanynyň güýjenmesi aşakdaky formulanyň kömeginde tapylýar:

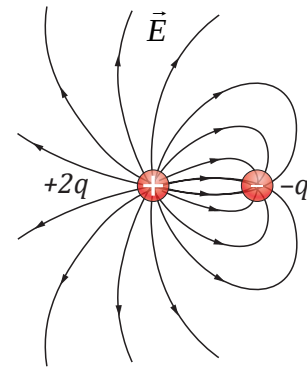
$$E = k \cdot \frac{|q|}{r^2} \quad (2)$$

Bu ýerde: $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$; $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{C}^2/\text{N} \cdot \text{m}^2$.

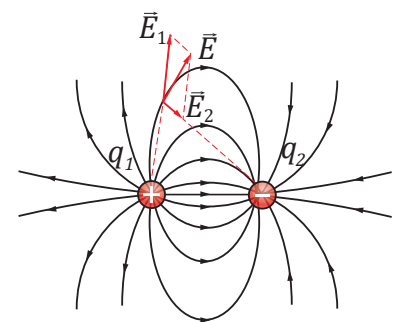
Elektrik meýdanyň güýç çyzyklary, onuň her bir nokadyna geçirilen hereket şu nokatdaky güýjenmesi bilen gabat gelýär (4.2-nji surat).

Elektrik meýdanynyň bir jynsly bolmak şerti koordinata bagly bolman, üýtgemän saklanýar: $\vec{E} = \text{const}$.

Güýçlenme wektory hemme nokatlarda birmeňzeş bolsa, beýle meýdana bir jynsly elektrik meýdan diýilýär.



4.1-nji b surat



4.2-nji surat

IV BAP. ELEKTROSTATIK MEYDAN

4. Netijeleyji elektrik meydanynyň güýjenmesi

Meýdany 2 sany nokatlanç zarýad emele getirýän bolsa, superpo

zisiýa prinsipine görä, netijeli meýdanyň güýjenmesi formula bi-
len aňladylýar: $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$

Umumy ýagdaýda netijeli elektrik meýdanynyň güýjenmesi aşak-
daky formulanyň kömeginde tapylýar:

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2 \cdot E_1 \cdot E_2 \cdot \cos \alpha} \quad (3)$$

Bu ýerde: $E_1 = |\vec{E}_1|$; $E_2 = |\vec{E}_2|$; $E = |\vec{E}|$; α - $\vec{E}_1$ we $\vec{E}_2$ arasyndaky
burç.

α -nyň hususy bahalary üçin (3) formulany ýönekeý görnüşe ge-
tirýäris:

1) $\alpha = 0^\circ$; elektrik meýdanyň güýjenmesi wektorlary birmeňzeş
ugurda bolsa: $E = E_1 + E_2$;

2) $\alpha = \pi/2 = 90^\circ$; elektrik meýdanynyň güýjenmesiniň wektor-
lary özara dik ugurda bolsa: $E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}$;

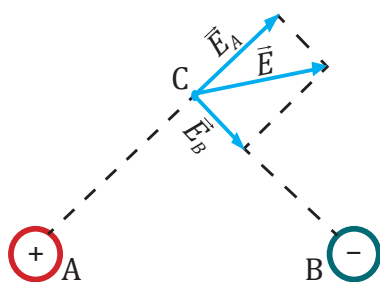
3) $\alpha = \pi = 180^\circ$; elektrik meýdanynyň güýjenmesiniň wektorlary
garşylykly ugrugan: $E = |E_1 - E_2|$;

4.3-nji suratda bolsa A we B nokatlanç zarýadlar C nokatda h emele
getiren netijeli elektrik meýdanynyň güýjenmesi görkezilen.

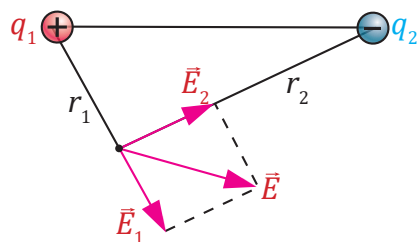
- Položitel zarýad meýdanyna otrisatel zarýad girizilse ýa-da ot-
risatel zarýad meýdanyna položitel zarýad girizilse, netijeleyji elek-
trik meýdanynyň güýjenmesi artýar

- Položitel zarýad meýdanyna položitel zarýad girizilse ýa-da ot-
risatel zarýad meýdanyna otrisatel zarýad girizilse, netijeleyji elek-
trik meýdanynyň güýjenmesi kemelýär.

Elektrik meýdanyna girizilen geçirijiniň içinde netijeleyji meý-
danyň güýjenmesi nola deň bolýar.



4.3-nji surat



Mesele çözmegiň nusgasy

1. Iki sany nokatlanç zarýadyň zarýadlary $q_1 = 6 \text{ nC}$ we $q_2 = -16 \text{ nC}$
howada bir-birinden $r = 5 \text{ cm}$ aralykda ýerleşen. Položitel zarýaddan
 $r_1 = 3 \text{ cm}$ we otrisatel zarýaddan $r_2 = 4 \text{ cm}$ aralykda ýerleşen nokatda
elektrik meýdanynyň güýjenmesiniň modulyny anyklaň.

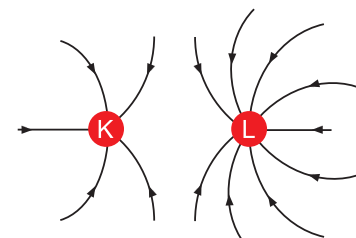
Berlen:	Formula:	Çözülişi:
$q_1 = 6 \text{ nC} = 6 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ $q_2 = -16 \text{ nC} = -16 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ $r = 5 \text{ cm} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ $r_1 = 3 \text{ cm} = 3 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ $r_2 = 4 \text{ cm} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ $k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$	$(r_1)^2 + (r_2)^2 = r^2$ bolýanlygyndan $\alpha = 90^\circ$ $E_1 = k \cdot \frac{ q_1 }{r_1^2}$ $E_2 = k \cdot \frac{ q_2 }{r_2^2}$ $E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}$	$E_1 = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \cdot \frac{ 6 \cdot 10^{-9} \text{ C} }{9 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 6 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}}$ $E_2 = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \cdot \frac{ -16 \cdot 10^{-9} \text{ C} }{16 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 9 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}}$ $E = \sqrt{(6 \cdot 10^4)^2 + (9 \cdot 10^4)^2} \approx 10,8 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}} = 108 \frac{\text{kN}}{\text{C}}$ Jogaby: $E \approx 108 \frac{\text{kN}}{\text{C}}$
$E = ?$		



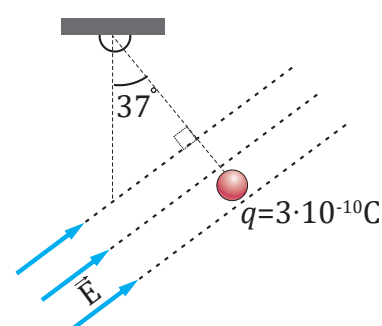
19-njy gönükme



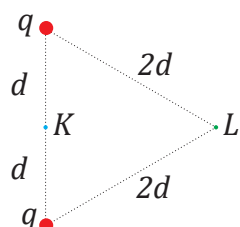
1. K we L zarýadlaryň alamatyny anyklaň. (4.4-nji surat).
2. Agramsyz ýüpe asylan zarýadlanan şar 4.5-nji suratda görkezilişi ýaly üýtgemeyän elektrik meýdanynynda deňagramlylykda dur. Şaryň agyrlygyny tapyň. Elektrik meýdanynyň güýjenmesi 50 N/m -a, şaryň zarýady bolsa $3 \cdot 10^{-10} \text{ C}$ -a deň. $\sin 37^\circ = 0,6$; $\cos 37^\circ = 0,8$.
3. 4.6-njy suratda L nokatdaky netijeýji meýdanyň güýjenmesini tapyň. Çyzgyny çyzýň.
4. Dürli alamatly, absolyút bahasy birmeňzeş bolan nokatlanç q_1 we q_2 zarýadlar elektrik meýdanlarynyň A nokatdaky netijeýji elektrik meýdanynyň güýjenmesiniň ugruny anyklaň. (4.7-nji surat).
5. Zarýadlary 2 nC -a deň bolan iki sany nokatlanç zarýad bir-birinden 1 m aralykda dur. Zarýadlaryň arasyndaky aralygyň ortasyndaky nokatda meýdanyň güýjenmesini tapyň.



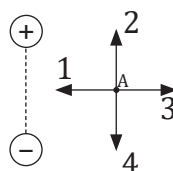
4.4-nji surat



4.5-nji surat



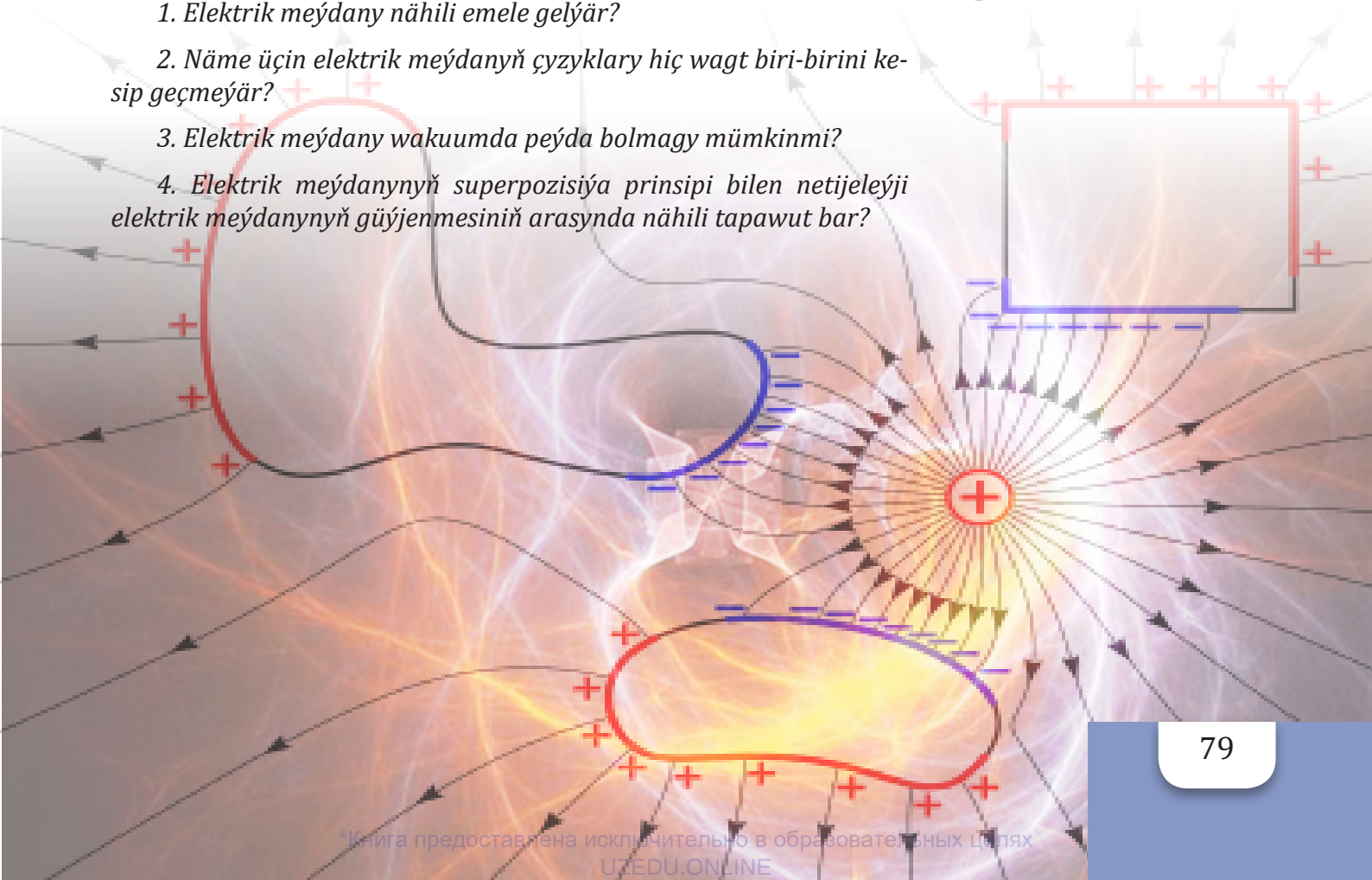
4.6-nji surat



4.7-nji surat



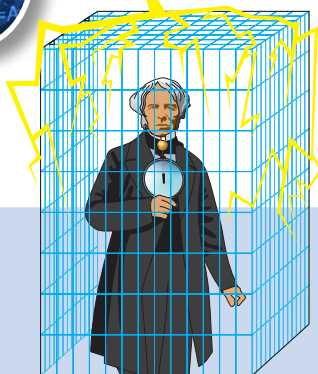
1. Elektrik meýdany nähili emele gelýär?
2. Näme üçin elektrik meýdanyň çyzyklary hiç wagt biri-birini kesip geçmeýär?
3. Elektrik meýdany wakuumda peýda bolmagy mümkinmi?
4. Elektrik meýdanynyň superpozisiýa prinsipi bilen netijeýji elektrik meýdanynyň güýjenmesiniň arasynda nähili tapawut bar?



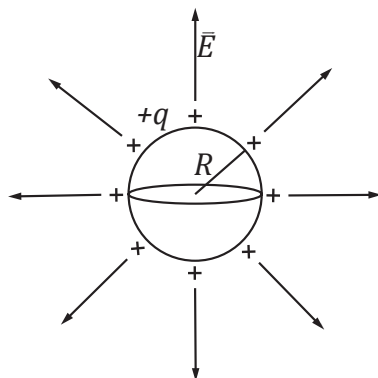
25-nji TEMA

ZARÝADLANAN ŞARYŇ ELEKTRIK MEYDANY

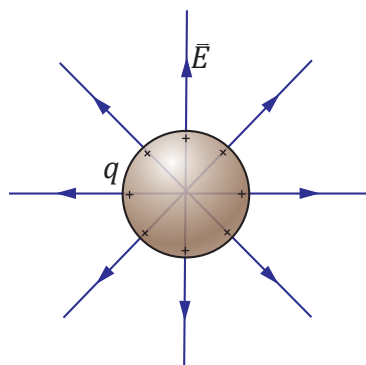
1. Zarýadlanan metal şaryň elektrik meýdany
2. Şaryň ýa-da sferanyň üstünden x aralykdaky meýdanyň güýjenmesi.
3. Zarýadyň üstüniň dykzlygy.
4. Gurşawyň elektrik siňdirijiligi.



Daşky tarapdan zarýadlanan metal kapasanyň içinde duran Faradeýiň elindäki elektrikoskopyň ýapraklary näme üçin açylmady? Jogabyňyzy esaslandyryň.



4.8-nji surat



4.9-nji surat

1. Zarýadlanan metal şaryň elektrik meýdany

Siz nokatlanç zarýad ýa-da göni geçirijiniň içindäki zarýadly bölejikleriň elektrik meýdany bilen tanyşdyňyz. Indi şar ýa-da sfera görnüşindäki jisimi zarýadlandyryp, onuň töweregindäki elektrik meýdany hakynda tanyşýarys.

Radiusy R bolan elektrik geçiriji şar k zarýad bilen zarýadlanan bolsun (4.8-nji surat). Zarýadlanan beýle şaryň (sfera)emele getirýän elektrik meýdanynyň güýjenmesini onuň merkezinde, üstünde we daşyndaky bir nokatda nähili bolýanlygyny anyklaýarys.

Eger şar bir jynsly bolsa, zarýad şaryň üstüne birtekiz paýlanýar. Şol sebäpden şaryň (sfera) üstünden daşardaky elektrik meýdanynyň güýç çyzyklarynyň giňişlikdäki aýlanyşy edil nokatlanç zarýadyň güýjenmesiniň çyzyklarynyň paýlanyşy ýaly bolýar (4.9-nji surat). Onda zarýadlanan şar we sfera emele getiren elektrik meýdanyň güýjenmesi nokatlanç zarýadyň emele getiren elektrik meýdanynyň güýjenme formulasy ýaly aňladylýar, ýagny:

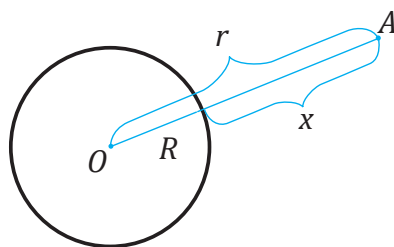
$$E = k \cdot \frac{|q|}{R^2} \quad (1)$$

2. Şaryň ýa-da sferanyň üstünden x aralykdaky meýdanyň güýjenmesi

Şar ýa-da sfera berlen zarýadyň özara itekleşme güýji sebäpli diňe olaryň üsti boýunça ýaýranlygy üçin olaryň içindäki ($r < R$) elektrik meýdanynyň güýjenmesi hemişe nola deň ($E_{\text{ічки}} = 0$). Şardan ýa-da sferadan daşarda ($r > R$) ýerleşen islendik nokatdaky meýdanyň güýjenmesi edil şaryň ýa-da sferanyň merkezinde ýerleşen q zarýadyň meýdany ýaly bolýar we aşakdaky ýaly hasaplanýar (4.10-nji surat):

$$E = k \cdot \frac{|q|}{r^2} \quad r = R + x$$

$$E = k \cdot \frac{|q|}{(R + x)^2} \quad (2)$$



4.10-nji surat



3. Zarýadyň üstüniň dykzlygy

Eger käbir ΔS üst boýunça Δq zarýad tekiz paýlanan bolsa, şu üstüň birlik meýdana dogry gelyän zarýad mukdary bilen ölçenýän ululyga *zarýadyň üstüniň dykzlygy* diýilýär. Zarýadyň üstüniň dykzlygy σ (sigma) harpy bilen belgilenýär.

$$\sigma = \frac{\Delta q}{\Delta S} \text{ ýa-da } \sigma = \frac{q}{S} \quad (3)$$

Şar ýa-da sferanyň üstüniň dykzlygy

$$\sigma = \frac{q}{S} = \frac{q}{4\pi R^2} \quad (4)$$

HBS -a zarýadyň üst dykzlygynyň birligi üçin C/m^2 kabul edilen. 4.11-nji suratda tekiz zarýadlanan çäksiz tekizlik emele getiren meýdanyň güýjenmesi şekillendirilen:

Tekiz zarýadlanan çäksiz tekizlik bir jynsly elektrik meýdany emele getirýär, onuň meýdanynyň güýjenmesi:

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \quad (5)$$

bolýar we ululygy tekizlige çenli bolan aralyga bagly däl, ýagny q_s synag zarýadyny bir jynsly zarýadlanan tekizlikden dürli uzaklykdaky aralyklara ýerleşdirsek, oňa täsir edýän elektrik güýjüniň san bahasy birmeňzeş bolýar.

(4) formula görä R radiusly tekiz položitel zarýadlanan sferik üsti (σ) üst dykzlygy bilen aňladýarys. Sferanyň üstündäki zarýadyň umumy mukdary aşakdaka deň bolýar:

$$q = 4\pi R^2 \cdot \sigma$$

Bu ýerde $S = 4\pi R^2$ – sferanyň ýa-da şaryň üstüniň meýdany. Onda şaryň üstündäki elektrik meýdanynyň güýjenmesi:

$$E = \frac{\sigma \cdot 4\pi R^2}{4\pi R^2 \epsilon_0}; \quad E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \quad (6)$$

-a deň bolýar (4.12-nji surat).

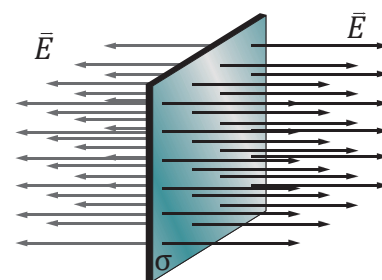
Şaryň ýa-da sferanyň üstünden islendik aralykdaky nokatda elektrik meýdanynyň güýjenmesi:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \cdot \frac{R^2}{r^2} \quad (7)$$

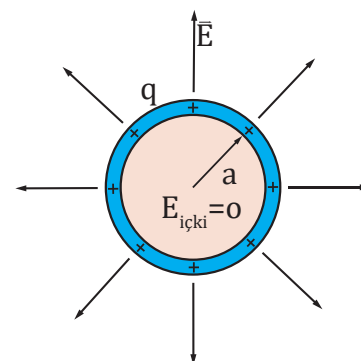
-a deň bolýar . Mundan görnüşi ýaly, tekiz zarýadlanan sferik üstüň elektrik meýdanynyň güýç çyzyklary sferadan daşarda ýerleşýän eken.

4. Gurşawyň elektrik siňdirijiligi

Gurşawyň otnositel dielektrik siňdirijiligi maddanyň elektrik häsiýetlerini häsiýetlendirýän we zarýadlaryň şu gurşawdaky elektrik meýdanynyň güýjenmeleri olaryň wakuumdaky elektrik meýdany güýjenmesinden näçe esse kiçidigini görkezýän fiziki ululykdyr.



4.11-nji surat



4.12-nji surat



IV BAP. ELEKTROSTATIK MEYDAN

Gurşawnyň elektrik häsiýetini görkezýän koeffisiýent *gurşawnyň ot-nositel dielektrik siňdirijiligi* diýlip atlandyrylýar we grekçe ε (epsilon) harpy bilen belgilenýär.

Dielektrik siňdirijilik ölçegsiz ululykdyr.

Kesgitlemä görä:

$$\varepsilon = \frac{E_0}{E} \quad (8)$$

deňlikden bir jynsly dielektrigiň içine ýerleşdirilen nokatlanç zarýadyň elektrik meýdanynyň güýjenmesi

$$E = \frac{E_0}{\varepsilon}$$

bolup, ε gezek kemelýär. Çünki zarýadlanmadyk dielektrik özüniň içinde daşky meýdanyna garşy ugrugan meýdan emele getirýär. Dielektrigiň içinde emele gelen içki meýdan daşky meýdany gowşadýar. Netijede, dielektrigiň içinde ýerleşdirilen nokatlanç zarýaddan r aralykda duran nokatdaky meýdanyň güýjenmesi aşakdaky ýaly hasaplanýar:

$$E = k \frac{|q|}{\varepsilon \cdot r^2} \quad (9)$$

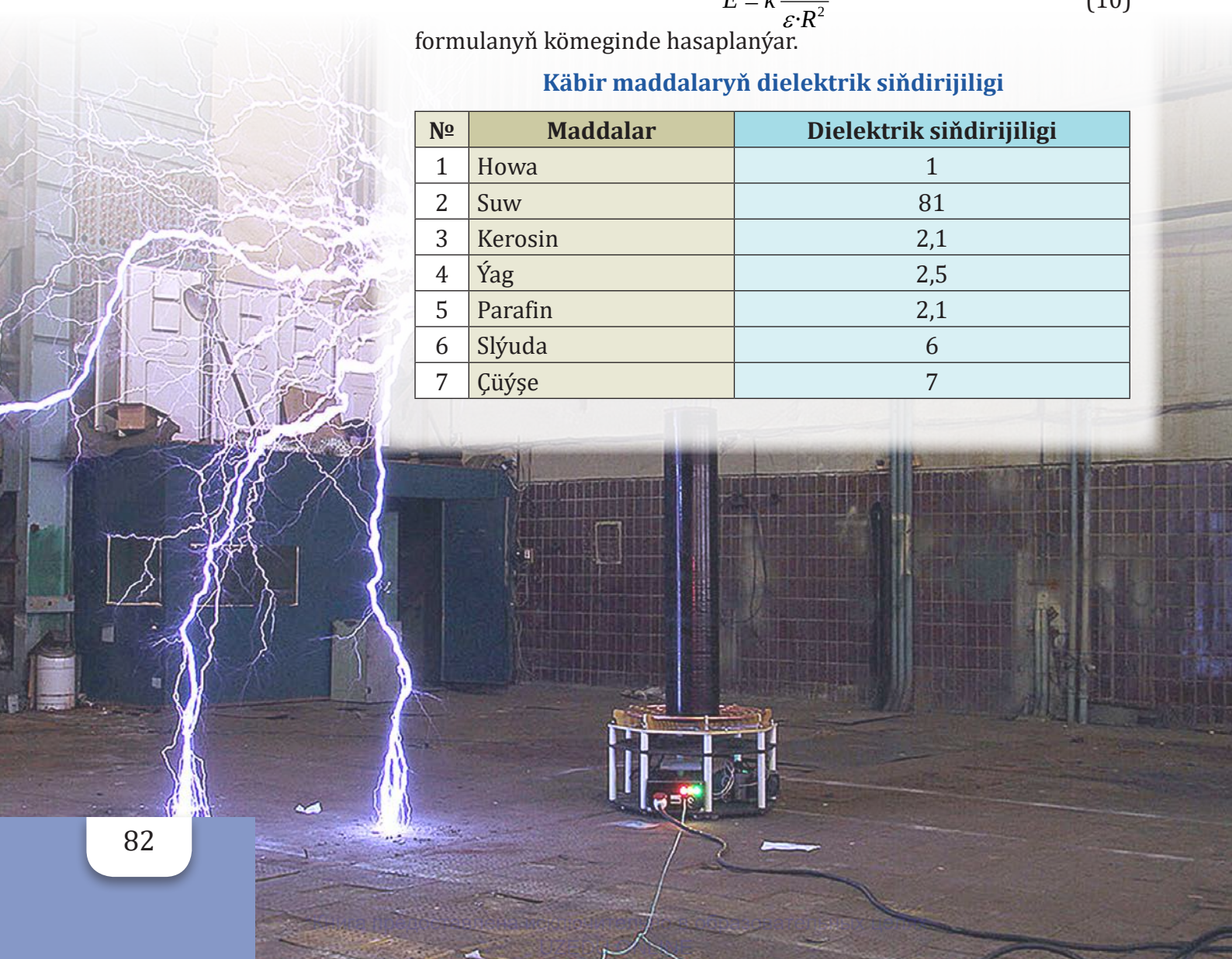
Käbir gurşawda duran şaryň elektrik meýdanynyň güýjenmesi:

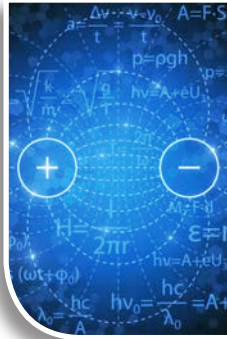
$$E = k \frac{|q|}{\varepsilon \cdot R^2} \quad (10)$$

formulanyň kömeginde hasaplanýar.

Käbir maddalaryň dielektrik siňdirijiligi

№	Maddalar	Dielektrik siňdirijiligi
1	Howa	1
2	Suw	81
3	Kerosin	2,1
4	Ýag	2,5
5	Parafin	2,1
6	Slýuda	6
7	Çüýşe	7





1. Zarýadlanan metal şaryň içinde, üstünde we üstünden nähilidir aralykda elektrik meýdanynyň emele gelendigini nähili barlamak mümkin?
2. Şaryň meýdanynyň güýjenmesi onuň üstüniň dykzlygyna nähili bagly?
3. Nähili görnüşdäki geçirijide elektrik zarýady tekiz paýlanýar?
4. Näme sebäpden zarýadlanan şaryň içinde elektrik meýdany nola deň bolýar?
5. Zarýadlanan şaryň üstünde we daşynda elektrik meýdany nähili hasaplanýar?

Mesele çözmegiň nusgasy:

Islendik şertde duran radiusy 4 cm -e deň bolan şaryň üstünden onuň diametrine deň aralykda elektrik meýdanynyň güýjenmesi 123 V/m -a deň. Eger şara 16 nC zarýad berlen bolsa, şertiň dielektrik siňdirijiligini tapyň.

Berlen:	Formula:	Çözülişi:
$E = 123 \text{ V/m}$ $q = 16 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ $R = 4 \text{ cm} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ $r = 3R = 12 \cdot 10^{-2} \text{ m}$	$E = k \cdot \frac{ q }{\varepsilon r^2}$ $\varepsilon = k \cdot \frac{ q }{E \cdot r^2}$	$\varepsilon = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \cdot \frac{16 \cdot 10^{-9} \text{ C}}{144 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot 123 \frac{\text{V}}{\text{m}}} \approx 81$ Jogaby: $\varepsilon = 81$.
$E = ?$		

20-nji gönükme.

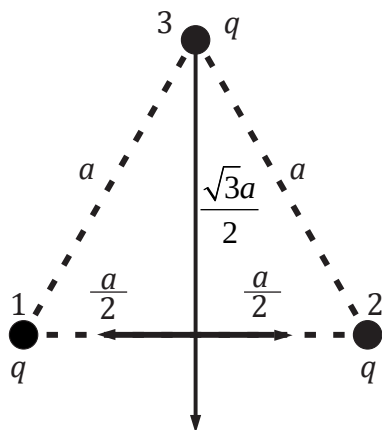


1. Radiusy 50 cm bolan metal şara 5 nC zarýad berildi. Şaryň üstüniň ýakynyndaky elektrik meýdanynyň güýjenmesini tapyň.
2. Eger kerosinde duran sfera zarýadynyň üstüniň dykzlygy 4,2 esse kemelse, sferanyň üstündäki elektrik meýdanynyň güýjenmesi nähili üýtgeýär? Kerosiniň degişli dielektrik siňdirijiligi 2,1-e deň.
3. Ýere birikdirilen we polatdan ýasalan sferik üstüň içine q zarýada eýe bolan şaryň üstüne degirmän ýerleşdirildi. Üstüň içindäki (E_1) we onuň daşyndaky (E_2) elektrik meýdanynyň güýçlenmeleri nämä deň?
4. Zarýadynyň üstüniň dykzlygy σ bolan şaryň üstünden onuň diametrine deň uzaklykdaky meýdanynyň güýjenmesini tapyň.
5. Tarapy a bolan kwadratynyň depelerine birmeňzeş nokatlanç q zarýadlar ýerleşdirilen. Kwadratynyň merkezindäki we käbir tarapyynyň arasyndaky elektrik meýdanynyň güýjenmesini tapyň.

26-njy TEMA

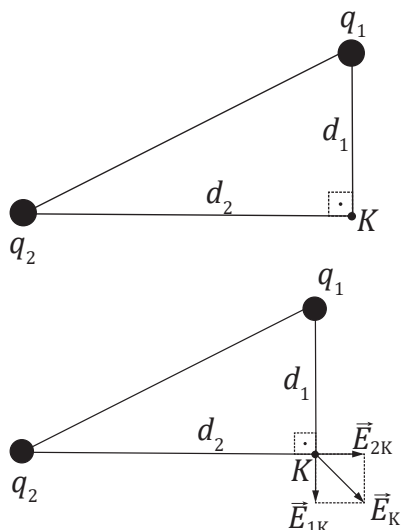
MESELELER ÇÖZMEK Mesele çözmegiñ nusgasy

1. Tarapy a bolan deñ taraply üçburçlugyñ depelerine üç sany birmeñzeş q zarýadlar ýerleşdirilen. Üçburçlugyñ islendik tarapynyñ arasyndaky elektrik meýdanynyñ güýjenmesini we onuñ ugruny anyklañ.



Berlen:	Formula:	Çözülüşi:
$q_1 = q_2 = q_3 = q$ $r_1 = r_2 = a/2$ $E = ?$	$E = \frac{k \cdot q}{r^2}$	$E_1 = E_2$ $r = \sqrt{a^2 - \frac{a^2}{4}} = \frac{\sqrt{3}a}{2}$ $E = \frac{k \cdot q}{\left(\frac{\sqrt{3}}{2}a\right)^2} = \frac{k \cdot q}{\frac{3a^2}{4}} = \frac{4kq}{3a^2}$ Jogaby: $E = \frac{4kq}{3a^2}$; üçburçlugyñ tarapyna dik we daşyna gönükdirilen.

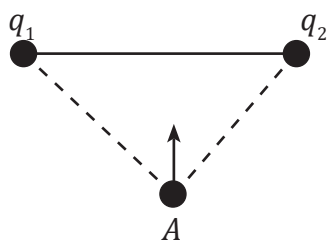
2. Biriniñ zarýady $3q$, ikinjisiniñki $16q$ bolan zarýadlar suratda görkezilişi ýaly ýerleşen. K nokatdaky meýdanyñ güýjenmesini tapyñ.



Berlen:	Formula:	Çözülüşi:
$q_1 = 3q$ $q_2 = +16q$ $d_1 = d$ $d_2 = 2d$ $E_K = ?$	$E_K = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}$ $E = k \cdot \frac{q}{d^2}$	$E_1 = k \cdot \frac{3q}{d^2} = 3E$ $E_2 = k \cdot \frac{16q}{(2d)^2} = k \cdot \frac{16q}{4d^2} = 4E$ $E_K = \sqrt{(3E)^2 + (4E)^2} = \sqrt{25E^2} = 5E$ Jogaby: $E_K = 5E = \frac{5kq}{d^2}$



21-nji gönükme



1. Aşakdaky çyzgyda A nokatdaky q_1 we q_2 zarýadlary emele getiren netijeleşji meýdanyñ güýjenmesiniñ wektory görkezilen. q_1 we q_2 zarýadlaryñ almatyny anyklañ.

2. 16 nC we 36 nC zarýadlar bir-birinden 4 cm aralykda ýerleşen. Şu zarýadlary birleşdirýän kesimde meýdanyñ güýjenmesi nola deñ bolan nokat birinji zarýaddan näçe aralykda ýerleşipdir?

3. Suwdaky nokatlanç zarýaddan 10 m aralykdaky güýjenmesi 1 N/C -a deñ bolsa, zarýadyñ mukdaryny anyklañ.

4. Suwda elektron bir jynsly elektrik meýdanynyñ täsirinde $1,6 \cdot 10^{13} \text{ m/s}^2$ tizlenme aldy. Elektrik meýdanynyñ güýjenmesini tapyñ.

5. Wertikal ýüpe dañlan položitel zarýadlanan şarjagaz bir jynsly elektrik meýdanynda wertikaldan sag tarapa gysardy. Elektrik meýdanyndaky güýjenmäniñ ugruny anyklañ.

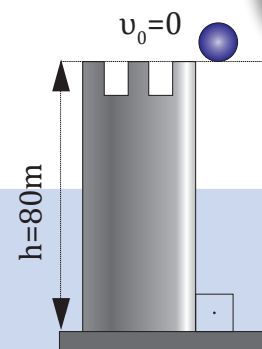


ELEKTROSTATIK MEYDANDA NOKATLANÇ ZARÝADYŇ ORNUNY ÜYTGEDENDE EDILEN IŞ

27-nji TEMA

1. Konserwatiw we konserwatiw däl güýçler .
2. Elektrostatik meýdanda nokatlanç zarýadyň ornuny üytgedende edilen iş.

*Mehanika kursunda käbir belentlikden erkin taşlap goýberilen jisim ýere gaçanda nähili energiýalary bar bolýar?
Mehanika kursunda iş nähili aňladylýar?*



1. Konserwatiw we konserwatiw däl güýçler

Mehanika kursundan mälim bolşy ýaly, edilen iş jisime täsir edýän güýjüň we şu güýjüň ugrunda jisimiň orun üýtgemesiniň köpeltmek hasyly bilen aňladylýar. Bu ýerde täsir güýji jisimi hereketlendirýän güýçlerdir. Bu güýçler iki topara bölünýär: konserwatiw we konserwatiw däl güýç.

Eger güýjüň eden işi traýektorıyanyň görnüşine bagly bolmasa, bu güýje **konserwatiw güýç** diýilýär. Agyrlyk güýji, maýyşgaklyk güýji, grawitasion güýç, elektrostatik güýç ýalylar konserwatiw güýçlere mysal bolup biler.

Eger güýjüň eden işi traýektorıyanyň görnüşine bagly bolsa, bu güýje **konserwatiw däl güýç** diýilýär. Konserwatiw däl güýje sürtülme güýji, elektrik meýdanyndaky tüweleýli güýçler we başgalar mysal bolýar.

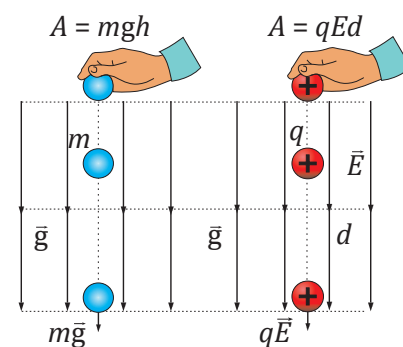
2. Elektrostatik meýdanda nokatlanç zarýadyň ornuny üytgedende edilen iş

Elektrostatik meýdanda nokatlanç zarýadyň ornuny üytgedende edilen iş grawitasion meýdanda, ýagny islendik bir belentlikden herekete getirilen jisim Ýeriň grawitasiýasynyň täsirinde ornuny üytgedende edilen iş hasaplanýar. Jisim islendik bir belentlikden erkin gaçanda onuň potensial energiýasynyň üýtgemegi, Ýeriň grawitasiýasynyň eden işine deň. Elektrik meýdanynda zarýadyň ornuny üytgedende edilen iş hem edil şuna meňzeş bolýar (4.13-nji surat).

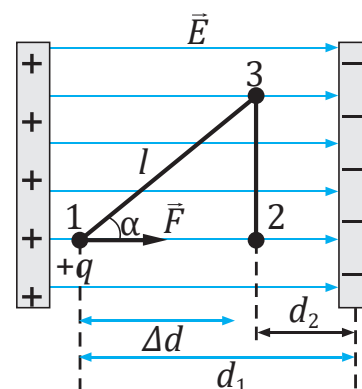
Elektrik meýdanyna girizilen zarýada meýdan tarapyndan elektrik güýji täsir edýär. Bu güýjüň täsirinde zarýad elektrik meýdanyň ugrunda ($q>0$ bolanda) ýa-da oňa ters ugurda ($q<0$ bolanda) ornuny üytgedýär we munda elektrik meýdany iş edýär. Elektrik zarýady bir jynsly elektrik meýdanynda ýerleşen bolsun. Zarýadyň hereket traýektorıyasyny anyklamak maksadynda 4.14-nji suratdan peýdalanyň elektrik meýdandaky zarýad $\vec{F} = q \cdot \vec{E}$ güýjüň täsirinde gorizonta ok boýunça 1-nji nokatdan 2-nji nokada orun üytgedende elektrik meýdanynyň eden işi aşakdaky ýaly hasaplanýar:

$$A = F \cdot l \cdot \cos \alpha = q \cdot E \cdot \Delta d; \quad \Delta d = l \cdot \cos \alpha$$

4.14-nji suratda (1-2-3) nokatlaryň arasyndaky edilen işler aşakdaka deň: Δd -zarýadyň meýdan ugry boýunça orun üytgetmesi.



4.13-nji surat



4.14-nji surat



IV BAP. ELEKTROSTATIK MEYDAN

$$\begin{aligned} A_{1-2} &= q \cdot E \cdot \Delta d; \cos \alpha = 1 \\ A_{2-3} &= 0; (\cos \alpha = 0) \\ A_{1-2-3} &= A_{1-2} + A_{2-3} = q \cdot E \cdot \Delta d \\ A_{2-1} &= -q \cdot E \cdot \Delta d; (\cos \alpha = -1) \\ A_{1-2-3-1} &= 0 \text{ J} \end{aligned}$$

Diymek, mundan aşakdaky ýaly netije gelip çykýar:

Bir jynsly elektrik meýdanynda nokatlanç zarýadyň orun üýtgetmekde edilen iş zarýadyň hereket traýektoriyasynyň görnüşine bagly bolman, diňe zarýadyň meýdan ugrundaky başlangyç we ahyrky ýagdaýlary bilen anyklanýar. Bu netije islendik elektrostatik meýdanlar üçin ýerlikli bolýar.

Konserwativ güýçleriň täsir meýdany potensial meýdan ýaly ýüze çykýar. Şonuň üçin elektrostatik meýdanda zarýady ýapyk kontur boýunça orun üýtgedende edilen iş hemişe nola deň bolýar. Elektrostatik meýdanyň nokatlanç zarýada täsir güýji grawitasion güýç ýaly konserwativ güýç hasaplanýar.



1. Grawitasion we elektrostatik meýdanda edilen işiň meňzeş tapralary nämede?
2. Elektrostatik meýdanda nokatlanç zarýadyň ornuny üýtgedende edilen iş traýektoriyanyň görnüşine nähili baglanan?
3. Elektrostatik meýdan näme üçin konserwativ güýç hasaplanýar?

Mesele çözmegiň nusgasy:

Nokatlanç zarýad meýdanyň güýjenmesi 4 kN/C bolan bir jynsly elektrik meýdanda 100 µC zarýadly bölejik 4 cm-e orun üýtgedende elektrostatik meýdan 8 mJ iş etdi. Meýdanyň güýç çyzyklarynyň we orun üýtgetme wektoryň arasyndaky burçy tapyň.

Berlen:	Formula:	Çözülişi:
$q = 100 \text{ µC} = 100 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ $E = 4 \text{ kV/m} = 4 \cdot 10^3 \text{ V/m}$ $S = 4 \text{ cm} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ $A = 8 \text{ mJ} = 8 \cdot 10^{-3} \text{ J}$ $\alpha = ?$	$A = q \cdot E \cdot S \cdot \cos \alpha$ $\cos \alpha = \frac{A}{q \cdot E \cdot S}$	$\cos \alpha = \frac{8 \cdot 10^{-3} \text{ J}}{10^{-4} \text{ C} \cdot 4 \cdot 10^{-2} \text{ m} \cdot 4 \cdot 10^3 \frac{\text{V}}{\text{m}}} = \frac{1}{2}$ $\alpha = 60^\circ$ Jogaby: $\alpha = 60^\circ$.



22-nji gönükmä

1. Iki sany 8 nC we -6 nC nokatlanç zarýadlary birleşdirýan kesimiň arasyndaky elektrik meýdanyň güýjenmesini tapyň. Zarýadlaryň arasyndaky aralyk 10 cm -e deň, $\epsilon = 1$.
2. Zarýadlary 2 nC -e deň bolan iki sany nokatlanç zarýad bir-birinden 1 m aralykda dur. Zarýadlaryň arasyndaky aralygyň arasyndaky meýdanyň güýjenmesini anyklaň (V/m).
3. Radiusy 6 cm bolan metal şara 24 nC zarýad berlen. Şaryň merkezinden 24 cm aralykdaky nokatda güýjenme näçä deň (kV/m)?



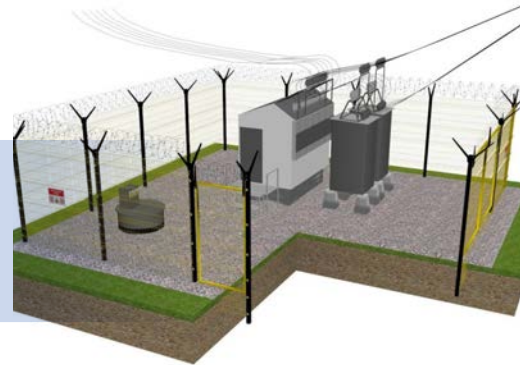
ELEKTRIK MEYDANYNDA YERLEŞEN NOKATLANÇ ZARÝADYŇ POTENSIAL ENERGIÝASY

28-nji TEMA

1. Elektrik meýdanynda ýerleşen nokatlanç zarýadyň potensial energiýasy.
2. Nokatlanç zarýadyň meýdanynyň potensialy.
3. Potensiallaryň tapawudy.
4. Ekwipotensial üstler.

Ýokary naprýaženiýeli (10000 V we ondan uly) transformatorlaryň töweregi metal tor bilen gurşap goralýar.

Sorag: Bu goralan germew nähili maksatda we nähili howply hadysalaryň öňüni almak üçin goýulýar?



1. Elektrik meýdanynda ýerleşen nokatlanç zarýadyň potensial energiýasy

Elektrik meýdanyna synag zarýadyny girizmäge esasy zarýad elektrik meýdany garşylyk edýär. Şoňa görä, esasy zarýad elektrik meýdanynyň güýçlerine garşy iş edýär.

Elektrik meýdanynyň eden işiniň hasabyna zarýadyň potensial energiýasy kemelýär. Şonuň üçin hem elektrik meýdanda q_0 zarýady bir nokatdan ikinji nokada orun üýtgetmek üçin edilen iş şu nokatlardaky zarýadlaryň potensial energiýalarynyň tapawudyna deň bolýar, ýagny:

$$A_{1,2} = -\Delta W_p = -(W_{p2} - W_{p1}) = (W_{p1} - W_{p2}) \quad (1)$$

Grawitasion potensial energiýa we elektrik potensial energiýasy örän meňzeş. q_1 we q_2 zarýadlaryň özara täsir potensial energiýasy:

$$W = k \frac{q_1 q_2}{r} \quad (2)$$

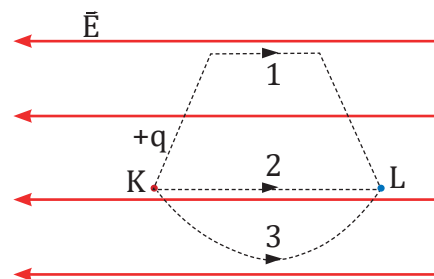
q zarýaddan r_1 aralykda duran q_0 zarýady r_2 aralyga orun üýtgedende edilen aşakdaky ýaly tapylýar:

$$A = k \frac{qq_0}{r_1} - k \frac{qq_0}{r_2} \quad (3)$$

2. Nokatlanç zarýad meýdanynyň potensialy

Elektrik meýdany häsiýetlendirýän fiziki ululyklardan ýene biri meýdanyň potensialydyr. Bu düşünje bilen tanyşanda elektrik meýdanynyň energetik häsiýetde bolýanlygyndan peýdalanýarys. Elektrik meýdanyna girizilen zarýadyň meýdan bilen özara täsir energiýasy diňe meýdana bagly bolmazdan, girizilen zarýadyň mukdaryna hem bagly bolýar.

Elektrik meýdanyň käbir nokadyna ýerleşen her bir synag zarýadlarynyň potensial energiýalary hem dürli, emma potensial energiýanyň synag zarýadyna bolan gatnaşygy meýdanyň hut şu nokady üçin üýtgemeyän fiziki ululykdan ybarat bolýar. Bu fiziki ululyga **potensial** diýilýär we ol φ harpy bilen belgilenýär. Ýagny:





IV BAP. ELEKTROSTATIK MEYDAN

$$W_p = \varphi \cdot q_0$$

Ўшунга кўра электрик мейданын потенциалыни ашакдакы ылы кес-
гитлемек мўмкин:

**Электрик мейданын кўбир нокadyндакы потенциалы мейданын шу нокadyна гиризилen
bir birlik položitel synag zarýadynyñ potensial energiýasyna san taýdan deñ bolan fiziki
ululykdyr.**

Ýagny:

$$\varphi = \frac{W_p}{q_0} \quad (4)$$

Nokatlanç q k zarýad emele getiren мейданын кўбир нокadyн-
дакы потенциал ашакдакы formula bilen anyklanýar:

$$\varphi = k \cdot \frac{q}{r} \quad (5)$$

3. Potensiallaryñ tapawudy

Energiýa hem, zarýad hem skalýar ululyk, şol sebäpden potensial
hem skalýar ululyk bolýar.

(3) we (4) formulalara kўra, elektrostatik мейданда q_0 zarýadyñ
ornuny ўýtgetmekde edilen iş ашакдакы ылы аñladylýar:

$$A = W_1 - W_2 = q_0 \cdot \left(k \cdot \frac{q}{r_1} - k \cdot \frac{q}{r_2} \right) = q_0 \cdot (\varphi_1 - \varphi_2) \quad (6)$$

Mundan электрик мейданын iki нокadyнñ arasyndaky poten-
siallaryñ tapawudy:

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \Delta\varphi = \frac{A}{q_0} \quad (7)$$

bolýar.

(7) formula kўra potensiallaryñ tapawudyny ашакдакы ылы кес-
гитлемек мўмкин:

**Birlik položitel zarýady мейданын bir нокadyndan ikinji нокadyна orun ўýtgedende
edilen işe mukdar taýdan deñ bolan fiziki ululyga elektrk мейданын iki нокadyнñ
arasyndaky potensiallar tapawudy diýilýar.**

Potensiallar tapawudynyñ birligi hem potensial ылы Wolt (V)
birliginde аñladylýar.

$$[\Delta\varphi] = \frac{[W]}{[q_0]} \text{ dan } 1 \text{ V} = \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ C}} \text{ -a deñ.}$$

Eger электрик мейданын bir däl, eýsem birnäçe zarýadlar sis-
temasy emele getiren bolsa, netijeleýji мейданын islendik нокadyн-
дакы потенциалы zarýadlaryñ özbaşdak emele gelen мейданlaryнñ
potensiallaryнñ algebraik jemine deñ:

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \dots + \varphi_n$$

Bu gatnaşyk мейданlarñ superpozisiýa prinsipiniñ gönűden-gö-
ni netijesidir.



4. Ekwipotensial üstler

Nokatlanç zaryaddan birmeñzeş uzaklykda ýerleşen nokatlaryň potensiallary deň bolýar. Eger bu nokatlar birleşdirilip çykylsa, emele gelen üste **ekwipotensial üst** diýilýär.

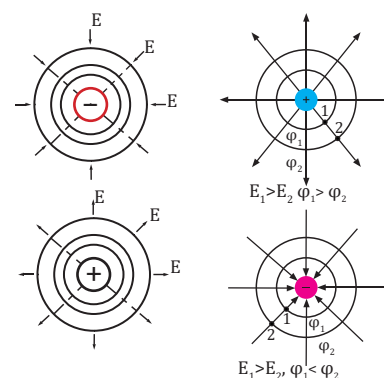
Potensiallary birmeñzeş bolan nokatlaryň geometrik ornuna ekwipotensial üstler diýilýär.

Nokatlanç zaryad emele getiren meýdanyň ekwipotensial üstleri merkezi zaryadda ýerleşen konsentrik sferalardan ybarat bolup, onuň islendik nokadynda elektrik meýdanyň güýç çyzyklary şu sferalara perpendikulýar görnüşde ugrugandyr (4.15-nji surat).

Elektrik meýdanynyň güýjenmesiniň we potensiallar tapawudynyň arasyndaky gatnaşyk aşakdaky ýaly:

$$E = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{d}$$

Bu ýerde d – potensiallary φ_1 we φ_2 bolan nokatlaryň arasyndaky aralyk. Mundan meýdanyň güýjenmesiniň birligi [V/m] -e deň bolýandygy gelip çykýar.



4.15-nji surat



1. Elektrostatik güýjüň eden işi bilen elektrik meýdanynda orun üýtgedýän zaryadyň potensial energiýasynyň arasyndaky baglanyşygy ýazyň.

2. Elektrik meýdanynda duran zaryadyň potensial energiýasy nähili anyklanýar?

3. Elektrik meýdany konserwatiw bolmasa potensial energiýasy mazmuna eýe bolýarmy?

Mesele çözmegiň nusgasy

Howada duran 5 cm radiusly metal sfera 30 nC zaryad berildi. Zaryadlanan sferanyň merkezinden 2 cm, sferanyň üstünde we sferanyň üstünden 5 cm aralykdaky nokatdaky meýdan potensialyny anyklaň.

Berlen:	Formula:	Çözülişi:
$q = 30 \text{ nC} = 30 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ $r = 5 \text{ cm} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ $r_1 = 2 \text{ cm} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ $r_2 = 5 \text{ cm} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ $k = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$	$\varphi_{\text{içinde}} = \varphi_{\text{üstünde}} = k \cdot \frac{q}{r}$ $\varphi_{\text{daşarda}} = k \cdot \frac{q}{r + r_2}$	$\varphi_{\text{içinde}} = \varphi_{\text{üstünde}} = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{C}^2} \cdot \frac{30 \cdot 10^{-9} \text{ C}}{5 \cdot 10^{-2} \text{ m}} = 5400 \text{ V}$ $\varphi_{\text{daşarda}} = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{C}^2} \cdot \frac{30 \cdot 10^{-9} \text{ C}}{(5 \cdot 10^{-2} + 5 \cdot 10^{-2}) \text{ m}} = 2700 \text{ V}$ Jogaby: 5400 V; 2700 V.
$\varphi_{\text{içinde}} - ?$ $\varphi_{\text{üstünde}} - ?$ $\varphi_{\text{daşarda}} - ?$		

IV BAP. ELEKTROSTATIK MEYDAN



23-nji gönükme

1. Protodan $5,3 \cdot 10^{-11}$ m uzaklykdaky elektrik meýdanynyň potensialyny tapyň. Protodan şeýle uzaklykda ýerleşen elektronyň potensial energiýasyny tapyň.

2. Massasy 1 g bolan şarjagaz potensialy 600 V bolan A nokatdan potensialynola deň B nokatda orun üýtgetdi. Şarjagazyň zarýady 10 nC, A nokatdaky tizligi 20 cm/s bolsa, B nokatdaky tizligini anyklaň.

3. Diametri 2 cm bolan metal şar -150 V potensiala çenli zarýadlanan. Şaryň üstündäki artykmaç elektronlaryň sanyny tapyň.

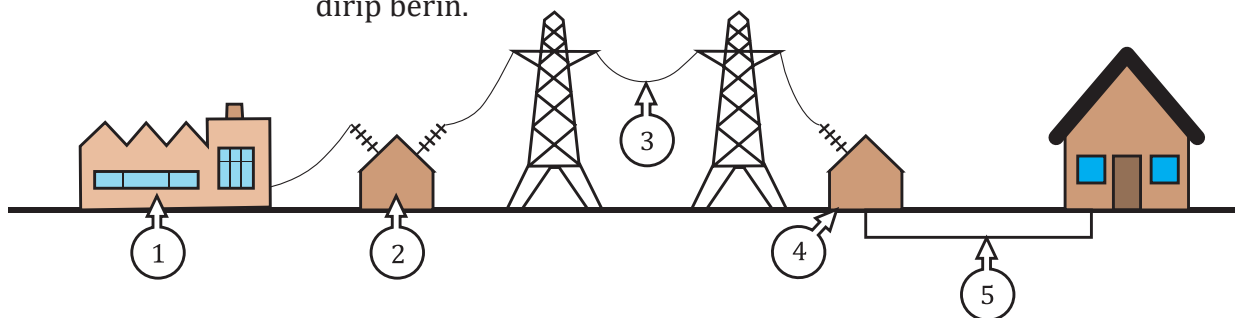
4. Zarýadlary 20/3 nC we 40/3 nC bolan iki sany şarjagaz bir-birinden 40 cm aralykda dur. Olary bir-birine 25 cm-e çenli ýakynlaşdyrmak üçin nähili iş etmeli?

5. Massasy 40 mg, zarýady 1 nC bolan şarjagaz 10 cm/s tizlik bilen hereketlenip, 4 nC -a deň bolan nokatlanç zarýada minimal näçe aralyga çenli ýakynlaşmagy mümkin?



Goşmaça ýumuşlar

1. Suratda elektrik togunyň işläp çykarylyşyndan başlap elektrik energiýasyny peýdalanyja ýetip barýança bolan hadysalar 1, 2, 3, 4, we 5 sanlary bilen belgiläp görkezilen. Olaryň wezipelerini düşündirip beriň.



2. Elektrowoz üýtgeýän elektrik togy bilen üpjün bolan howa kabellerinden akýan elektrik energiýasynyň kömeginde hereketlenýär. Lokomotiwiň maksimal tizligi 140 km/h, dwigateli-niň kuwwaty bolsa 4,7 MW bolsa, lokomotiwiň dwigateli-de akýan tok güýjünü hasaplaň. Howa kabellerindäki naprýaženiýe 25 kV -a deň.



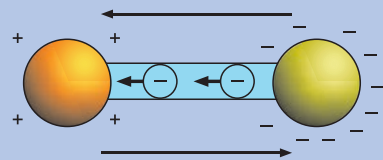


ELEKTRIK MEYDANYNYŇ ENERGIYASY

29-njy TEMA

1. Elektrik meýdanynyň energiýasy.
2. Kondensatoryň elektrik meýdanynyň energiýasy.
3. Elektrik meýdanynyň energiýasynyň dykzlygy.

Bu zarýadlanan şarlar özara geçiriji sim arkaly birikdirilende nähili hadysa bolup geçýär? Jogabyňyzy düşündiriň.



1. Elektrik meýdanynyň energiýasy

Öňki temalarda aýdyp geçişimiz ýaly, geçirijini zarýadlamak üçin zarýadlaryň arasyndaky özara itekleşme güýjüni ýeňmekde iş edilýär. Bu işiň hasabyna zarýadlanan her bir geçiriji belli bir energiýa eýe bolýar. Zarýadсызlanan wagtynda bolsa geçiriji şu energiýany sarp-laýar. Zarýadlanan geçirijiniň alan energiýasy mukdar taýdan (W_{el} - bu energiýa *elektrik meýdanyň energiýasy* diýip atlandyrylýar) ony zarýadlanda edilen işiň mukdaryna deň bolýar, ýagny

$$W_{el} = A$$

Geçitijini zarýadlamakda edilen iş nähili hasaplanýar?

Ilki jisim zarýadlanmadyk bolsa, onuň potensialy nola deň bolýar. Oňa q zarýad berilse, onuň potensialy noldan φ -a çenli üýtgeýär. Geçirijini zarýadlamakda edilen iş mukdar taýdan 4.16-njy suratdaky belgilenen meýdana deň bolýar. Jisimi zarýadlamakda edilen iş:

$$A = q \cdot \varphi_{ort} \quad (1)$$

bolýar. Jisimiň potensialynyň ortaça bahasy onuň başlangyç we ahyr-ky bahalarynyň orta arifmetik bahalaryna deň bolýar, ýagny:

$$\varphi_{ort} = \frac{0 + \varphi}{2} = \frac{\varphi}{2} \quad (2)$$

φ_{ort} -nyň bahasyny (1) deňlige goýup, aşakdaky formulany alýarys

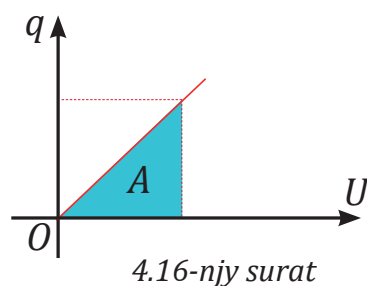
$$A = \frac{q \cdot \varphi}{2} \quad (3)$$

Diýmek, jisimi zarýadlamakda edilen iş onuň zarýady bilen potensialynyň köpeltmek hasylynyň ýarymyna deň bolýan eken.

2. Ýekelenen geçirijiniň elektrik meýdanynyň energiýasy

$A = W_{el}$ gatnaşygyna görä ýekelenen geçirijiniň elektrik meýdany-nyň energiýasyny aşakdaky ýaly ýazýarys:

$$W_{el} = \frac{q \cdot \varphi}{2} = \frac{C \cdot \varphi^2}{2} = \frac{q^2}{2C} \quad (4)$$



2. Kondensatoryň elektrik meýdanynyň energiýasy

Eger zarýadlanan jisim kondensatordan ybarat bolsa, onuň elektrik meýdanynyň energiýasyny (W_{el}) hasaplamakda (4) formula-daky zarýadyň mukdaryny kondensatoryň zarýady bilen, potentsialy-ny bolsa onuň plastinalarynyň arasyndaky potentsiallaryň tapawudy bilen çalşyrmaly, ýagny:

$$W_{el} = \frac{q(\varphi_1 - \varphi_2)}{2} = \frac{C \cdot (\varphi_1 - \varphi_2)^2}{2} = \frac{q^2}{2C} \quad (5)$$

bolanlygy üçin zarýadlanan kondensatoryň elektrik meýdanynyň energiýasynyň formulasyny

$$W_{el} = \frac{qU}{2} = \frac{CU^2}{2} = \frac{q^2}{2C} \quad (6)$$

görnüşinde ýazmak mümkin.

Zarýadlanan jisimiň energiýasy onuň töwereginde emele gelen elektrik meýdanında jemlenen bolup, energiýanyň bahasy elektrik meýdany ýaýran giňişligiň göwrümine we meýdanyň güýjenmesine bagly bolýar. Hususy ýagdaýda zarýadlanan tekiz kondensatora du-rup geçeliň. Tekiz kondensator plastinalaryndaky zarýadlaryň emele getiren elektrik meýdany onuň plastinalarynyň arasynda jemlenen bolýar. Kondensator plastinalarynyň arasyndaky göwrümini $V=S \cdot d$ formula arkaly aňladýarys.

Zarýadlanan tekiz kondensatoryň sygymy $C = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon \cdot S}{d}$ we kon-densatoryň meýdanynyň güýjenmesi bilen plastinalaryň arasyndaky potentsiallaryň tapawudynyň arasyndaky baglanyşyk hem-de (6) for-mula laýyklykda aşakdaka eýe bolýarys:

$$W = \frac{CU^2}{2} = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon \cdot S \cdot d^2 \cdot E^2}{2d} = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon \cdot E^2}{2} \cdot V \quad (7)$$

Zarýadlanan tekiz kondensatoryň energiýasy onuň emele getiren elektrik meýdanynyň güýjenmesiniň kwadratyna we şu meýdan eýelän giňişligiň göwrümine göni proporsionaldyr.

3. Elektrik meýdanynyň energiýasynyň dykzlygy

Meýdanyň göwrüm birligine dogry gelýän energiýasyna **ener-giýanyň dykzlygy** diýilýär. Kesgitlemä görä:

$$\omega = \frac{W}{V} = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon \cdot E^2}{2V} \cdot V = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon \cdot E^2}{2} \quad (8)$$

Her bir kondensator özünde zarýad bilen bile elektrik meýda-nynyň energiýasyny toplamak aýratynlygyna hem eýe. Bu energiýany kondensatorda uzak wagtyň dowamynda saklap bolmaýar. Kondensator alan zarýadyny wagtyň geçmegi bilen ony gurşap duran plasti-nalaryň arasynda zarýadsyzlanýar.



1. Zarýadlanan jisimiň elektrik energiýasy nähili ululyklara bagly?
2. Kondensatory zarýadlamakda nähili iş edilýär?
3. Zarýadlanan kondensatoryň energiýasy nirede toplanýar?

Mesele çözmegiň nusgasy

Tekiz howa kondensatorynyň sygymy $0,1 \mu\text{F}$ -a deň bolup, 200 V potentsiallar tapawudyna eýe. Kondensatordaky elektrik meýdanyň energiýasyny hasaplaň.

Berlen:	Formula:	Çözülişi:
$C = 0,1 \mu\text{F} = 1 \cdot 10^{-7} \text{ F}$ $\varphi_2 - \varphi_1 = 200 \text{ V}$ $W = ?$	$W = \frac{C \cdot (\varphi_2 - \varphi_1)^2}{2}$	$W = \frac{10^{-7} \text{ F} \cdot 4 \cdot 10^4 \text{ V}}{2} = 2 \cdot 10^{-3} = 2 \text{ mJ}$ Jogaby: 2 mJ.

24-nji gönükme

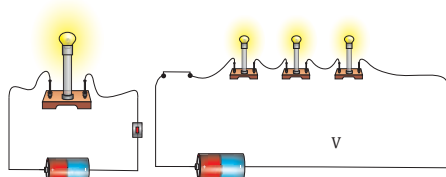


1. Massasy 10^{-8} g bolan zarýadlanan çañ bölejikleriniň potentsiallarynyň tapawudy 5 kV bolan iki sany parallel plastinkalaryň arasyndaky bir jynsly elektrostatik meýdanda asylyp dur. Eger plastinkalaryň arasyndaky aralyk 5 cm bolsa, bölejigiň zarýadyny tapyň.

2. Zarýadlanan çäksiz tekizligiň ýakynyndaky 2 nC nokatlanç zarýad meýdanynyň täsirinde güýç çyzyklary boýunça 2 cm süýşdi. Munda elektrik meýdan $5 \mu\text{J}$ iş etdi. Tekizlikdäki zarýadyň üstüniň dykzlygyny tapyň.

3. 40 mg massaly, 1 nC položitel zarýadly şarjagaz 10 cm/s tizlik bilen hereketlenýär. Bu şarjagaz 8 nC -a deň bolan nokatlanç zarýada minimal näçe aralyga çenli ýakynlaşmagy mümkin?

4. Her biri $\varphi_0 = 25 \text{ V}$ -a çenli zarýadlanan 64 sany birmeňzeş şar şekilli simap damjalarynyň goşulmagyndan emele gelen uly simap damjasynyň potentsialyny φ tapyň.



Goşmaça ýumuşlar



1. *a* suratdaky lampoçkanyň ýanyna edil şeýle lampoçkadan ýene iki sanysy yzygider birikdirilse, *b* suratdaky ýaly bolýar. Birinji lampoçkanyň ýagtylygy nähili üýtgeýär? Jogabyňyzy esaslandyryň.

2. Welosipediň tigrine ornaşdyrylan gurluşyň (dinam)nyň aýlanýan bölegi aýlananda oňa simler arkaly birikdirilen lampoçka nämäniň hasabyna ýanýar? Eger welosiped tizräk ýörese lampoçkanyň ýagtylygy üýtgeýärmik? Jogabyňyzy düşündirip beriň.

30-njy TEMA

AMALY SAPAK

ENERGIYANYŇ BIR GÖRNÜŞDEN BAŞGA GÖRNÜŞE ÖWRÜLMEGI

Howpsuzlyk düzgünleri:

- Elektrik galaýylama prosesinde serasap boluň.
- Ýelimlemekde serasap boluň.

Işň maksady: energiýanyň saklanma we öwrülme kanunyny öwrenmek.

Gerekli enjamlar: 2 sany ağaç bölegi (biriniň esasynyň ölçegleri $25 \times 5 \times 2$ cm, birine çyzgyjy peýdalansa hem bolýar), 2 sany DVD disk, 2 sany plastik gabyň (baklaşka) gapagy, 2 sany bolt-gaýka we şaýba, ruçkanyň üstki plastmassa bölegi, 1 sany elektrik dwigatel, ýagtylyk diody, termoyelim, elektrik paýalnik, karton.

Işň ýerine ýetirilişi:

1. Çyzgyjyň bir tarapyndan 5 cm aralykda nokat belgiläň we şu nokatdan bolt sygýan giňlikde deşik deşiň.
2. Ýelimiň kömeginde çyzgyjy ağaç brusoga berkidiň.
3. Kartony disk görnüşinde gyrkyp, iki sany diskiň arasyna ýelimläň (munda kartondan gyrkyp alnan diskiň diametri DVD disk diametrinden kiçiräk bolýar).
4. Iki diskiň daşky tarapynyň ortasyna plastik gabyň gapagyny ýelimläň.
5. Gapagyň ortasyndan deşik deşiň we bolt-gaýkanyň kömeginde çyzgyja berkidiň.
6. Diski islendik ýerinden deşip, ikinji bolt-gaýkany berkidiň. Boltuň artykmaç ýeriniň üstüne ruçkanyň plastmassa bölegini geýdirip, gaýkanyň kömeginde berkidiň (munda plastmassa bölegi boltuň üstünde ýeňiljek aýlanyp bilsin).
7. Elektrik dwigateli ağaç brusogyň ikinji tarapyna ýelimläň.
8. Birikdiriji simleriň kömeginde elektrik dwigateliň iki polýusyna ýagtylyk diodyny elektrik paýalnigiň kömeginde birleşdiriň.
9. Rezin halkanyň bir tarapyny elektrik dwigateliň şifli tigirine, ikinji tarapyny bolsa diskleriň arasyndaky karton diskiň üstüne geýdiriň.
10. Boltuň üstüne ruçkanyň plastmassa bölegi geýdirilen tutgujyndan tutup aýlaň.
11. Diskleri aýlanda dwigatele berkidilen ýagtylyk diodynyň ýanyşyna gözegçilik ediň we netije çykaryň.

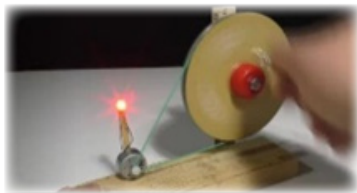
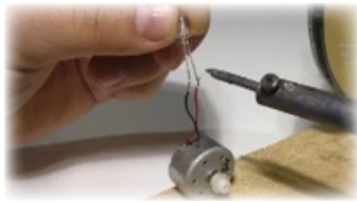


1. Siz energiýanyň bir görnüşden başgasyna geçýändigini ýene nähili amaly iş bilen görkezip bilersiňiz?

2. Nähili energiýanyň başga nähili görnüşdäki energiýa öwürüleni ni gördüňiz?

3. Ýokarda ýerine ýetirilen amaly işiň enjamlaryndan haýsy birini başga enjamlardan haýсылaryny başga enjam bilen çalşyrsa hem, amaly işi ýerine ýetirse bolýar?

4. Ýokardaky amaly sapakda nähili energiýa başga nähili energiýa öwürüldi?





MESELELER ÇÖZMEK:

31-NJI TEMA

Mesele çözmegiñ nusgasy

1. Massasy 10 g bolan şarjagaz potentsialy 100 V bolan A nokatdan potentsialy nola deñ B nokada göçürilýär. Şarjagazyñ zarýady 10 nC, A nokatdaky tizligi 2 cm/s. Şarjagazyñ B nokatdaky tizligini anyklaň.

Berlen:	Formula	Çözülişi
$m = 10 \text{ g} = 10^{-2} \text{ kg}$ $\varphi_A = 100 \text{ V}$ $\varphi_B = 0$ $q = 10^{-8} \text{ C}$ $v_A = 2 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$	$A = q(\varphi_A - \varphi_B)$ $\Delta E_k = \frac{mv_A^2}{2} - \frac{mv_B^2}{2}$	Zarýadlanan şarjagaz elektrik meýdanyñ güýjüniñ täsirinde göçürildi. Elektrik güýçleriñ şarjagazy göçürmekdäki eden işi şarjagazyñ kinetik energiýasynyñ üýtgemegine deñ, ýagny: $A = \Delta E_k$. Eger $A = q(\varphi_A - \varphi_B)$ va $\Delta E_k = \frac{mv_A^2}{2} - \frac{mv_B^2}{2}$ gatnaşyklardan peýdalansak, B nokatdaky $v_B = \sqrt{v_A^2 - \frac{2q(\varphi_A - \varphi_B)}{m}};$ $v_B = \sqrt{4 \cdot 10^{-4} - \frac{2 \cdot 10^{-8}(100 - 0)}{10^{-2}}} \approx 1,4 \text{ cm/s}.$ Jogaby: $v_B \approx 1,4 \text{ cm/s}$.
$v_B = ?$		

25-nji gönükme



1. $2,22 \cdot 10^{-10} \text{ C}$ zarýada eýe bolan sabyn köpürjigi gorizonta tekiz kondensatoryñ meýdanynda sallanyp dur. Köpürjigiñ massasy 0,01 g we plastinkalaryñ aralygy 5 cm. Kondensator plastinkalarynyñ arasyndaky potentsiallaryñ tapawudyny anyklaň.

2. 792 V potentsiala çenli zarýadlanan şarjagazyñ zarýadynyñ üstüniñ dykzlygy $3,33 \cdot 10^{-7} \text{ C/m}^2$. Şarjagazyñ radiusyny anyklaň.

3. Elektrik meýdanyñ täsiri astynda elektron hereketlenip, tizligini $v_1 = 10 \text{ Mm/s}$ -dan $v_2 = 30 \text{ Mm/s}$ -a çenli artdyrdy. Orun üýtgetmäniñ başlangyç we ahyrky nokady arasynda $\varphi_1 - \varphi_2$ potentsiallar tapawudy tapyň. Elektronyñ massasy $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, zarýady bolsa $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ -a deñ

4. Plastinkalarynyñ meýdany 1 m^2 , arasyndaky aralyk 1,5 mm bolan tekiz howa kondensatorynyñ sygymyny anyklaň.

5. Ýer şarynyñ sygymyny anyklaň. Ýer şarynyñ radiusyny 6400 km diýip alyň.



IV BAP. ELEKTROSTATIK MEYDAN

IV BABA DEGIŞLI MESELELER

1. Radiusy 20 cm bolan ýekelenen metal şaryň wakuumdaky ($\epsilon_1 = 1$) we suwa ($\epsilon_2 = 81$) düşürilen ýagdaýdaky elektrik sygymlyry C_1 we C_2 -ni tapyň

2. -16 nC we 36 nC zarýadlar bir-birinden 10 cm aralykda ýerleşen. Meýdan güýjenmesi nola deň bolan nokat 2-nji zarýaddan näçe aralykda ýerleşen?

3. Taraplary 10 cm bolan dogry üçburçlugyň iki depesinde -4 nC we 4 nC bolan iki sany zarýad ýerleşen. Üçburçlugyň üçünji depesindäki elektrik meýdanynyň güýjenmesini tapyň.

4. Potensiallaryň tapawudy 100 V bolan iki nokadyň arasynda nokatlanç ornuny üýtgetmekde meýdan $5 \text{ }\mu\text{J}$ iş eden bolsa, zarýadynyň mukdaryny anyklaň.

5. Elektrostatik meýdanyň islendik nokadyndaky 50 nC zarýad $7,5 \text{ }\mu\text{J}$ potensial energiýasyna eýe. Şu nokatdaky elektrik meýdanynyň potensialyny tapyň.

6. Iki sany $0,4 \text{ }\mu\text{C}$ we $-0,6 \text{ }\mu\text{C}$ nokatlanç zarýadlar bir-birinden 12 cm aralykda ýerleşen. Zarýadlary birleşdirýän kesimiň arasyndaky elektrik meýdanynyň potensialyny tapyň.

7. Zarýady 3 nC bolan iki nokatlanç zarýad howada bir-birinden 50 cm aralykda dur. Olary 20 cm-e çenli ýakynlaşdyrmak üçin edilen işi tapyň.

8. Eger zarýadlanan iki sany parallel plastinkanyň arasyndaky aralyk 12 cm, potensiallaryň tapawudy 180 V bolsa, plastinkalaryň arasyndaky meýdan güýjenmesini anyklaň.

9. Güýjenmesi 6000 V/m bolan bir jynsly elektrik meýdanda alnan iki nokadyň arasyndaky aralyk 2 cm -a deň bolsa, potensiallaryň tapawudyny tapyň.

10. Tekiz kondensator plastinalaryň arasyndaky güýjenme 150 V , zarýady bolsa $80 \text{ }\mu\text{C}$ bolsa, kondensatordaky elektrik meýdanynyň energiýasyny tapyň.

11. Tekiz kondensatora $40 \text{ }\mu\text{C}$ zarýad berlende onuň energiýasy 20 mJ -a deň boldy. Kondensatoryň plastinalarynyň arasyndaky güýjenmäni tapyň.

12. Dielektrik siňdirijiligi 4 we güýjenmesi $3 \cdot 10^3 \text{ V/m}$ bolan şertdäki elektrik meýdanynyň energiýa dykzlygyny tapyň. Şertiň dielektrik siňdirijiligi 4 -e deň.

13. Güýjenmesi $27,3 \text{ kV/m}$ bolan elektrik meýdanynda hereket edýän elektronyň tizlenmesi nämä deň (m/s^2)?

14. Radiusy 6 cm bolan metal şara 24 nC zarýad berlen. Şaryň merkezinden 3 cm, üstünden 4 cm uzaklykdaky güýjenmäni tapyň (kV/m).

V BAP



HEMIŞELIK TOGUŇ KANUNLARY

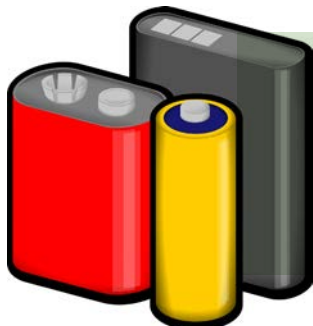
Siz bu bapda aşakdaky temalar boýunça maglumat alarsyňyz:

- tok güýji we toguň dykzlygy;
- doly zynjyr üçin Omuň kanuny;
- metallarda elektronlaryň tertipli hereket tizligi;
- metal geçirijileriň garşylygynyň temperatura baglylygy.

32-nji TEMA

TOGUŇ GÜÝJI WE TOGUŇ DYKYZLYGY

1. Toguň güýji we onuň birligi.
2. Toguň dykyzlygy we onuň birligi.
3. Senagatda we tehnikada toguň dykyzlygynyň ähmiýeti.



1. Elektrik togunyň emele gelşini aýdyp beriň.
2. Gündelik durmuşda peýdalanylýan galwanik elementlere we akkumulýatorlara mysallar getiriň.
3. Öýüňizde peýdalanylýan elektrik enjamlardan haýsylary hemişelik, haýsylary üýtgeýän tokda işleýär?

1. Toguň güýji we onuň birligi

Gündelik durmuşymyzy elektrik togusyz göz önüne getirmek kyn. Ir bilen turup, elektrik çyrasyny ýakýarys, elektrik ütükde eşiklerimizi ütükleyäris, buzhanada duran önümleri alyp, mikrotolkunly pejiň kömeginde gyzdýrýarys, öýjükli aragatnaşyk serişdelerimizi we noutbuklarymyzy kuwwatlaýarys, mekdebe barsak, sapaga girmek we çykmak üçin jaň kakylýar, ýagty otaglarda okaýarys. Häzirki günde elektrik togunyň kömeginde hereketlenýän awtomobillere (elektromobil) bütin dünýäde talap barha artýar. Üns beren bolsaňyz, ýokardakylaryň ählisinde elektrik togunyň hyzmaty bar.



Elektrik togy metallarda, elektrolitlerde, ýarymgeçirijilerde gazlarda, wakuumda hereketlenýän elektronlar ýa-da ionlar ýaly zarýadlanan bölejikleriň akymyndan ybarat bolýar.

Erkin hereketlenýän zarýadlanan bölejiklere zarýad daşajyýlar diýilýär. Dürli gurşawlarda elektrik toguny dürli bölejikler daşajýar.

Şol sanda, metallarda erkin elektronlar, gazlarda erkin elektronlar hem-de položitel we otrisatel ionlar, ýarymgeçirijilerde elektronlar we köwekler, elektrolitlerde ionlardyr.

Elektrik togunyň bardygyny onuň täsirleri arkaly bilmek mümkin. Toguň täsirinde ýüze çykýan hadasalara seredip olary aşakdaky görnüşlere bölýäris:

- a) toguň ýylylyk täsiri – geçirijiden elektrik togy geçende ol gyzyýar (5.1-nji *a* surat);
- b) toguň himiki täsiri – elektrolit arkaly tok geçende madda bölünýär (5.1-nji *b* surat);
- d) toguň magnit täsiri – tokly geçirijiniň daşynda ýerleşen magnit strelkasy gysarýar (5.1-nji *d* surat).

Wakuumdan we güýçli geçirijilerden elektrik togy geçende onuň ýylylyk täsiri gözegçilik edilmeýär.

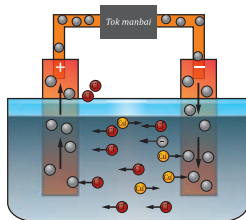
Elektrik togunyň himiki täsiri diňe elktrolitlerde bolýar.



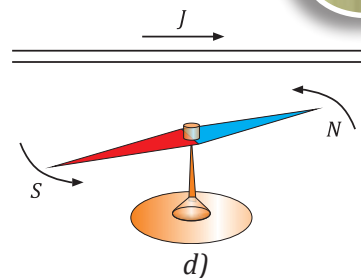
Elektrik togunyň magnit täsiri islendik gurşawda tok geçende bolýar.



a)



b)



d)

5.1-nji surat

Toguň täsirini mukdar taýdan häsiýetlendirmek üçin tok güýji diýen fiziki ululyk girizilýär. Toguň güýji geçiriji arkaly geçýän zarýadyň mukdary bilen anyklanýar we aşakdaky ýaly kesgitlenýär:

Geçirijiniň kese kesiginiň meýdanyndan birlik wagtyň içinde akyp geçen zarýadyň mukdaryna san taýdan deň bolan ululyga *toguň güýji* diýilýär.

Toguň güýji I harpy bilen belgilenýär. Toguň güýjüniň HBS-daky birligi amper (A).

Kesgitlemä görä toguň güýji:

$$I = q/t$$

formulanyň kömeginde anyklanýar.

Toguň güýji hem elektrik zarýady ýaly skalýar ululyk.

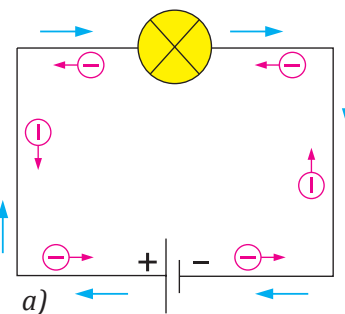
Elektrik togunyň ugry hökmünde položitel zarýadly bölejikleriň tertipli hereket ugry kabul edilen. Tok daşky zynjyrdaky çeşmäniň položitel polýusyndan otrisatel polýusyna tarap ugurda bolar. Diýmek, toguň ugry elektronlaryň tertipli hereketiniň ugruna garşylykly ugurda bolýar (5.2-nji a surat).

Eger zynjyrdaky toguň güýji we ugry wagtyň geçmegi bilen üýtge, beýle tok hemişelik tok, eger özgerse, üýtgeýän tok diýilýär. Tok üýtgeýän bolanda tok güýjüniň ortaça bahasyndan peýdalanýarys.

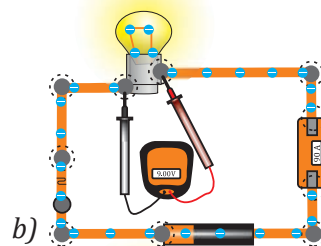
Meselem, toguň güýji çyzykly ýagdaýda üýtge, ortaça toguň güýji aşakdaky ýaly tapylýar.

$$I_{ort} = \frac{I + I_0}{2}$$

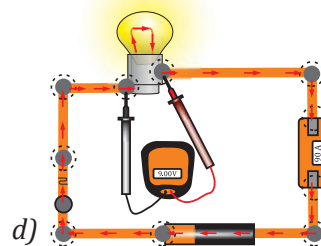
(1)



a)



b)



d)

5.2 -nji surat

Bu ýerde: I_0 – başlangyç wagtdaky, I – t wagtdan soňky toguň güýji.

Geçirijiden t wagtda akyp geçen zarýadyň mukdary $q = I_{ort} \cdot t$ formula arkaly anyklanýar.

5.2-nji b surat we 5.2-nji d suratlarda siz aşakdaky (salgylanma) arkaly wertual görnüşde gönüden-göni ýerine ýetirip, toguň we elektronlaryň hereket ugruny görüp bileris.





V BAP. HEMIŞELIK TOGUŇ KANUNLARY

2. Toguň dykzlygy we onuň birligi

Metallardan elektrik togunyň geçişine durup geçeliň.

Kese kesiginiň meýdany S , uzynlygy Δl bolan geçirijiniň bölegini bölüp alýarys (5.3-nji surat). Tok daşajy bir sany bölejigiň zaryady q_0 -a deň.

Bölüp alnan 1-nji we 2-nji üstleriň arasyndaky bölejikliriň sany:

$$N = n \cdot V = n \cdot S \cdot \Delta l \quad (3)$$

-e deň. Munda n – zaryadly bölejikliriň konsentrasiýasy. Bölü-nen bölekde tok emele getirýän umumy zaryadyň mukdary aşakdaka deň bolýar:

$$q = q_0 \cdot N = q_0 \cdot n \cdot S \cdot \Delta l \quad (4)$$

Tok güýjüniň kesgitlemesiniň formulasyna esasan aşakdaka eýe bolýarys:

$$I = \frac{q}{t} = \frac{q_0 \cdot N}{t} = \frac{q_0 \cdot n \cdot S \cdot \Delta l}{t} = n \cdot S \cdot v \cdot q_0 \quad (5)$$

Bu ýerde v – zaryadly bölejigiň tertipli hereket (dreýf) tizligi. Geçirijide toguň ýaýraýyş tizligi diýlende zaryadly bölejikliriň tertipli hereket tizligi däl, eýsem elektrik meýdanynyň gurşawdaky ýaýraýyş tizligi barada aýdylýardy. Elektrik meýdanynyň ýaýraýyş tizligi ýag-tylygyň wakuumdaky tizligine ($c = 3 \cdot 10^8$ m/s) ýakyn bahada bolýar.

Geçirijiniň kese kesiginiň meýdanından akyp geçýän tok güýjüne san taýdan deň bolan ululyga elektrik togunyň dykzlygy diýilýär. Toguň dykzlygy (j) harpy bilen belgilenýär.

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

Toguň dykzlygy $[j] = \frac{A}{m^2}$ -lerde ölçenýär:

$$j = \frac{I}{S} = \frac{n \cdot q_0 \cdot v \cdot S}{S} = n \cdot q_0 \cdot v$$

Toguň dykzlygy wektor ululyk bolup, položitel zaryadly böleji-giň tizligi $\vec{v}$ wektor ugry bilen gabat gelýär.

3. Senagatda we tehnikada toguň dykzlygynyň ähmiýeti

Geçirijidäki tok dykzlygy geçirijiniň nähili derejede elektrik ener-giýasy bilen üpjün bolandygyny görkezýär. Geçirijide zaýaýlyklara ýol bermezlik, ýagny harajatlary kemeltmek üçin ondaky toguň dykzly-gyny optimal ýagdaýda saýlamaly bolýar.

Tok dykzlygy ululygyna geçiriji materialy täsir etmese-de, teh-nikada geçirijiniň udel garşylygyna we uzynlygyna seredip saýlanýar. Hojalyk maksatlarda peýdalanylýan geçirijiler toguň tygşytly režimine gabatlap saýlanýar.



1. Elektrik togy näme?
2. In yönekey tok çeşmesi barada düşünje beriň.
3. Nämäniň täsirinde zaryadlar geçiriji boýunça hereketlenýär?
4. Elektrik togunyň täsirlerini düşündirip beriň.
5. Elektrik zynjyrynda energiýa nähili üýtgeýär?
6. Elektrik zynjyrynyň shemalaryndaky şertli belgiler hakynda nämeleri bilýärsiňiz?
7. Toguň dykzlygynyň hojalyk hyzmatyndaky we senagatdaky ähmiýeti nämede?

Mesele çözmegiň nusgasy

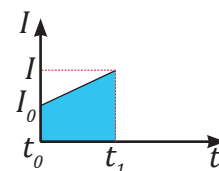
1. Diametri 1 mm bolan geçirijiden 5 A tok geçýär. Geçirijidäki toguň dykzlygyny hasaplaň.

Berlen:	Formula:	Çözülişi:
$D = 1 \text{ mm} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ $I = 5 \text{ A}$	$j = \frac{I}{S}$ $S = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$	$S = \frac{3,14 \cdot (1 \cdot 10^{-3} \text{ m})^2}{4} = 0,785 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$ $j = \frac{5 \text{ A}}{0,785 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2} \approx 6,37 \cdot 10^6 \frac{\text{A}}{\text{m}^2}$ Jogaby: $j \approx 6,37 \cdot 10^6 \text{ A/m}^2$.
$j = ?$		

2. Kese kesiginiň meýdany 1 mm^2 bolan geçirijiden 1 A tok geçýän bolsa, elektronlaryň dreýf hereketiniň tizligi nähili? Geçirijidäki erkin elektronlaryň konsentrasiýasyny $n = 10^{28} \text{ m}^{-3}$ diýip alyň.

Berlen:	Formula:	Çözülişi:
$S = 1 \text{ mm}^2 = 1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$ $I = 1 \text{ A}$ $n = 10^{28} \text{ m}^{-3}$	$v = \frac{I}{enS}$	$v = \frac{I}{enS} = \frac{1}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^{28} \cdot 10^{-6}} = 6,25 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$ Jogaby: $v = 6,25 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$.
$v = ?$		

3. Geçirijiden geçýän toguň güýji $I = 4 + 3t$ kanun boýunça üýtgeýän bolsa, 2 s wagtyň içinde geçirijiniň kese kesiginiň meýdanından näçe elektron akyp geçer?



Berlen:	Formula:	Çözülişi:
$I_0 = 4 \text{ A}$, $k = 3 \text{ A/s}$, $t_0 = 0 \text{ s}$ $t_1 = 2 \text{ s}$	$I = I_0 + k \cdot t$ $I_{\text{ort}} = (I + I_0)/2$ $q = I_{\text{ort}} \cdot t$	$I = (4 + 3 \cdot 2) \text{ A} = 10 \text{ A}$ $I_{\text{ort}} = (4 + 10)/2 = 7 \text{ A}$ $q = 7 \cdot 2 = 14 \text{ C}$ Jogaby: $q = 14 \text{ C}$.
$q = ?$		



26-njy gönükme

1. Eger galwanometrden $1,6 \mu\text{A}$ tok geçýän bolsa, ondan 10 s -da näçe elektron akyp geçer?
2. Zaryady 7 nC bolan nokatlanç zaryad kerosiniň içinde dur. On-dan 10 cm uzaklykdaky elektrik meýdanynyň güýjenmesini tapyň. Kerosiniň dielektrik siňdirijiligi 2,1 -e deň diýip alyň.
3. Elektrik zynjyryndaky lampoçkadan 5 minutda 30 C zaryad geçýän bolsa, zynjyrdaky togüň güýji nämä deň?
4. Elektrik zynjyryna birikdirilen lampoçkadan 0,1 A tok geçýär. Lampoçkanyň spiraly arkaly 8 minutda näçe zaryad geçýär? Şu wag-tyň dowamynda lampoçkadan geçen elektronlar sanyny hasaplaň.
5. Akkumulýator 25 minudyň dowamynda 4 A tok berip bilýär. Şeýle akkumulýator näçe elektrik zaryadyny toplam biler?

Öýe ýumuşlar

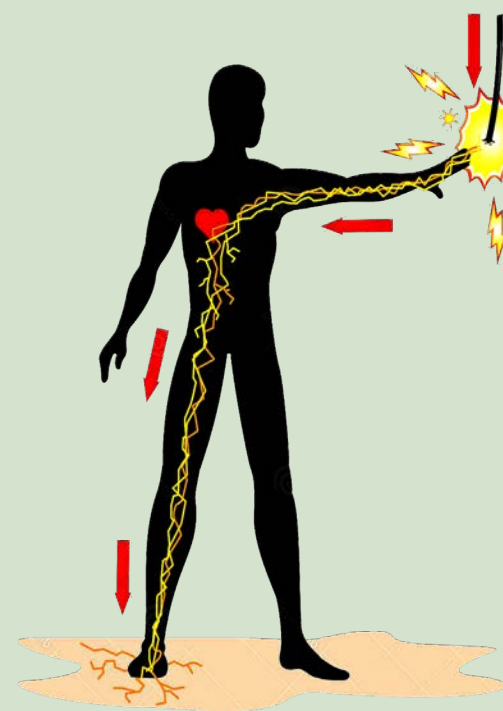
Howpsuzlyk çärelerini pugta berjaý ediň!

1. Kalkulýator, jübi fonary, oýnawaç tüpeň, dolandyrylýan maşyn we şular ýalylaryň galwanik elementlerini (batareýa) alyp görüň we näçe amper tok we näçe wolt naprýaženiýe berýändigini depderiňi-ze ýazyň.
2. Galwanik element we iki sany lampoçkany geçirijiler arkaly ilki yzygider, soň parallel birleşdiriň. Iki ýagdaýda hem lampoçkala-ryň ýanyşyna üns beriň. Sebäbini düşündirmäge synanyşyň.

PEÝDALY MAGLUMAT

Tokdan şikeslenmek 1862-nji ýylda ilkinji gezek bolup geçdi. Munda adam tok geçýän simiň açyk ýerine degip, heläk bolupdyr. Käte elektrik simlerine degip, heläkçilikli zarba almagyňyz mümkin. Munuň sebäbi gury deriniň garşylygy 100000Ω ýa-da ondan hem ulu-rak. Sonuň üçin, 100000Ω garşylykly deri 9 woltly galwanik elemente degmegi howpsuz bolmaýarmy? Omuň kanunyna görä, $9\text{V} \div 100000\Omega$ dan diňe 0,00009 amper akym (tok) geçýär. Bu zyýan bermegi üçin ýeterli akym däl. Diwardaky rozetkada 120 V naprýaženiýeli tok deri arkaly howply 0,0012 amper akymyny ($120\text{V} \div 100000\Omega$) emele ge-tirýär. Bu bolsa galwanik elementde emele gelýän tokdan 13 esse köp

Käte deriňize suw düşýär. Yzgar deri gury derä garanda örän az garşylyga eýe. Az garşylyk islendik naprýaženiýede bedeniňizden köpräk akym (tok) geçmegine mümkinçilik berýär. Suw we 120 wolt-ly elektrik togunyň kombinasiýasy has hem howpludyr. Çünki bedeniňizden ýokary naprýaženiýe we pes garşylyk köp (ähtimal heläk-çilikli) tok akmagyna sebäp bolýar. Şu sebäpli ondan peýdalanmak üçin esbaplary tok çeşmelerine dogry birikdirmegi öwrenmelidiris. Amalyýetde 42 V-dan ýokary bolan naprýaženiýe adamyň bedeni üçin howply hasaplanýar.





DOLY ZYNJYR ÜÇIN OMuŇ KANUNY

33-nji TEMA

1. Tok çeşmesinde daşary güýçleriň zarýadynyň orun üýtgetmekde eden işi.
2. Çeşmäniň elektrik hereketlendiriji güýji.
3. Tok çeşmesiniň içki garşylygy.
4. Doly zynjyr üçin Omuň kanuny.
5. Tok çeşmesinde gysga utgaşma.

1. Zynjyryň bir bölegi üçin Omuň kanunynyň formulasyny aýdyň.
2. Woltmetr we ampermetr zynjyra nähili birikdirilýär?
3. Eger woltmetr tok çeşmesiniň polýuslaryna birikdirilse, nämäni görkezýär?



1. Tok çeşmesinde daşary güýçleriň zarýadynyň orun üýtgetmekde eden işi.

Geçirijilerde elektrik toguny emele getirmek üçin geçirijiniň içinde elektrik meýdanyny döretmeli. Bu wezipäni tok çeşmeleri ýerine ýetirýär. Tok çeşmeleri dürli bolup, olaryň ählisinde položitel we otrisatel zarýadlary bölünmek işleri edilýär. Bölünen zarýadlar tok çeşmesiniň polýuslarynda jemlenýär.

Polýus çeşmäniň klemma (gysgyçlar) arkaly geçirijilere birleşdirýän ýerleridir. Tok çeşmesiniň bir polýusy položitel, ikinji polýusy otrisatel zarýadlanyp, olaryň arasynda içki elektrik meýdany emele gelýär. Diýmek, çeşmäniň içinde tebigaty bilen elektrostatik güýçlerden tapawutlanýan güýçler bar bolmaly. Bu güýçlere *daşary güýçler* diýip aýdylýar. Olar zarýada tok çeşmesiniň içinde täsir edip, şu güýçler energiýany elektrik zynjyryna ýetirip berýär. Daşary güýçleriň täsirinde tok çeşmesiniň özünde zarýadlar bir-birinden aýrylýar, muny biz çeşmäniň polýuslarynda görýäris. Ýagny, položitel polýusa položitel zarýad, otrisatel polýusa otrisatel zarýad toplanýar.

Eger tok çeşmesiniň polýuslary geçiriji bilen birikdirilse, geçirijide daşky güýçleriň emele getiren elektrik meýdanynyň täsirinde geçirijiniň ugrunda erkin elektronlar hereketlenýär we elektrik togy emele gelýär. Daşky güýçleriň tebigaty dürli bolmagy mümkin.

Tok çeşmesinde zarýadlary bölünen wagtynda mehaniki, himiki, içki we başga görnüşdäki energiýalar elektrik energiýasyna öwrülýär. Şeýlelikde, islendik tok çeşmelerinde elektrik energiýa başga görnüşdäki energiýanyň hasabyna emele gelýär.

Meselem, elektrofor maşynynda mehaniki energiýa termoelementde içki energiýa, fotoelementde ýagtylyk energiýasy, galwanik elementde we akkumulýatorda himiki energiýa elektriik energiýasyna öwrülýär.

Galwanik elementleriň işi dowamynda elektrodlar dargap, ergin sarp bolýar. Şonuň üçin mälum wagt geçensoň, olary çalşyrmaly bolýar.





V BAP. HEMIŞELIK TOGUŇ KANUNLARY

Akkumulýatorlarda bolsa elektrodlar dargamaýar. Iň ýönekeý akkumulýator kükürt kislotasynyň erginine bartyrylan iki gurşun plastinkasyndan ybarat.

Akkumulýator zaryadlanýan wagtynda elektrik togy iş edýär, sonuň netijesinde akkumulýatoryň himiki energiýasy artýar. Akku mulýator zaryadsyzlanan wagtynda bolsa himiki energiýa elektrik energiýasyna öwrülýär.

2. Çeşmäniň elektrik hereketlendiriji güýji

Tok çeşmesinde daşary güýçler erkin zaryadlary elektrostatik meýdan güýçlerine garşy orun üýtgetmekde ($A_{\text{daş}}$) iş edýär. Ýapyk elektrik zynjyrynda tok bolmagy üçin daşary güýçler geçirijiniň içindeki zaryadyň ornuny üýtgetmekde hökman iş etmeli.

Daşary güýçleriň berk zynjyr boýunça birlik položitel zaryadyň ornuny üýtgedende eden işine deň bolan fiziki ululyk çeşmäniň elektrik hereketlendiriji güýji (EHG) diýip atlandyrylýar. EHG $\mathcal{E}$ (epsilon) harpy bilen belgilenýär.

Kesgitlemä görä EHG-ni aşakdaky ýaly ýazýarys:

$$\mathcal{E} = A_{\text{daş}} / q$$

Munda: $\mathcal{E}$ – EHG, $A_{\text{daş}}$ – daşary güýçleriň eden işi, q – zaryad. Çeşmäniň EHG zynjyry açyk bolanda onuň polýuslaryndaky potensiallarynyň tapawudyna deň bolýar. Şonuň üçin hem elektrik hereketlendiriji güýjüň birligi potensiallaryň tapawudy ýaly wolt (V) birliginde ölçenýär, ýagny $1 \text{ V} = 1 \text{ J} / 1 \text{ C}$

3. Tok çeşmesiniň içki garşylygy

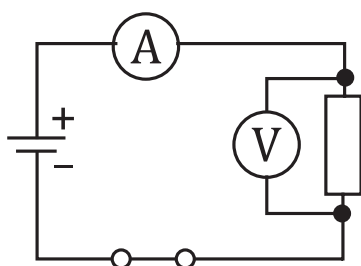
Elektrik zynjyr bir-birinden düýpden tapawutlanýan bölümlerden düzülen. Elektrik togundan peýdalanýanlar, elektrik ölçeg esbaplary, tok geçiriji simler zynjyryň daşky bölegini, tok çeşmesiniň özi bolsa zynjyryň içki bölegini düzýär. Ýapyk elektrik zynjyryň daşky böleginiň garşylygyny R bilen, onda täsir edýän tok çeşmesiniň EHG-ny $\mathcal{E}$ bilen, onuň içki garşylygyny r bilen belgileýäris (5.4-nji surat).

4. Doly zynjyr üçin Omuň kanuny

Tok çeşmesine käbir R garşylykly rezistor birikdirip, ýapyk zynjyr alýarys. Tok çeşmesiniň EHG $\mathcal{E}$, onuň içki garşylygy r bolsun. Generatorlarda r içki garşylyk diýip sargylaryň garşylygy galwanik elementde bolsa elektrolit erginiň we elektrodalaryň garşylygy düşünilýär.

Ýapyk zynjyr üçin Omuň kanuny zynjyrdaky toguň güýjü I -i, EHG $\mathcal{E}$ we zynjyryň doly garşylygyny ($R+r$) bir-birine baglanyşdyrýar. Ýapyk elektrik zynjyrynyň bölümlerine Omuň kanunyny peýdalansak, zynjyryň daşky we içki böleklerindäki naprýaženiýeleriň jemi çeşmäniň elektrik hereketlendiriji güýjüne deň bolýar, ýagny:

$$\mathcal{E} = I \cdot R + I \cdot r = U_R + U_r$$



5.4-nji surat



Munda

$$I = \mathcal{E} / (R + r)$$

Bu deňlik **ýapyk (doly) zynjyr üçin Omuň kanunynyň** matematika aňlatmasy bolup, ol aşakdaky ýaly kesgitlenýär:

Ýapyk zynjyrdan geçýän tok güýji elektrik hereketlendiriji güýjüne göni proporsional we zynjyryň ýapyk garşylygyna ters proporsionaldyr.

5. Tok çeşmesinde gysga utgaşma

Eger daşky zynjyry üzüp, çeşmäniň polýuslary özara birikdirilse ($R = 0$ bolanda), gysga utgaşma emele gelýär. Gysga utgaşma togy $I_{g.u}$ EHG-i $\mathcal{E}$ we içki garşylygy r bolan tok çeşmesini berip bilýän in uly tokdyr:

$$I_{g.u} = \mathcal{E} / r$$



1. EHG näme?
2. Tok çeşmesiniň içki garşylygy nämäni aňladýar?
3. Zynjyryň bir bölegi we doly zynjyr üçin Omuň kanunynyň tapawudy nämede?
4. Elektrik hereketlendiriji güýjini nämä meňzetmek mümkin?
5. Gysga utgaşma bolanyňy gördüňizmi?
6. Tok çeşmesiniň içki garşylygy ähmiýete eýe ululykmy?

Mesele çözmegiň nusgasy

Çeşmäniň EHG-ni we içki garşylygyny anyklamak üçin ilki onuň gysgyçlaryna 2Ω , soň 4Ω garşylykly rezistorlar gezegi bilen birikdirildi. Birinji ýagdaýda tok güýji $0,5 \text{ A}$, ikinji ýagdaýda bolsa $0,3 \text{ A}$ -a deň bolan bolsa, çeşmäniň içki garşylygy we EHG-i nämä deň?

Berlen:	Formula:	Çözülişi:
$R_1 = 2 \Omega$ $R_2 = 4 \Omega$ $I_1 = 0,5 \text{ A}$ $I_2 = 0,3 \text{ A}$	$I_1 = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + r}$ $I_2 = \frac{\mathcal{E}}{R_2 + r}$	$0,5 = \frac{\mathcal{E}}{2 + r}; \quad 0,3 = \frac{\mathcal{E}}{4 + r}$ Bu aňlatmalardan: $r = 1 \Omega; \mathcal{E} = 1 + 0,5 r = 1,5 \text{ V}$ bolýandygyny tapýarys. Jogaby: $r = 1 \Omega; \mathcal{E} = 1,5 \text{ V}$.
$r = ? \mathcal{E} = ?$		

V BAP. HEMIŞELIK TOGUŇ KANUNLARY

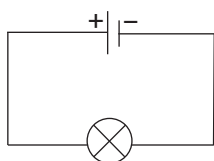


27-nji gönükme

1. Eger akkumulýatoryň içki garşylygy $0,2 \Omega$, EHG-i 5 V , oňa birikdirilen geçirijidäki güýçlenmäniň düşüwi $4,5 \text{ V}$ bolsa, geçitijiniň garşylygy (Ω) näçä deň bolýar?
2. İçki garşylygy 2Ω bolan tok çeşmesine 5Ω daşky garşylyk birikdirilende çeşme gysgyçlaryndaky güýçlenme 10 V -a çenli peseldi. Çeşmäniň EHG -ini tapyň.
3. Zynjyryň daşky garşylygy $1,5 \Omega$ bolanda tok güýji I -a, 4Ω bolanda bolsa $I/2$ -a deň boldy. Çeşmäniň içki garşylygyny tapyň (Ω).
4. Zynjyr garşylygy 4Ω bolan rezistordan we EHG-i 6 V , içki garşylygy 2Ω bolan tok çeşmesinden düzülen. Rezistordaky güýçlenmäniň düşüwi näçä (V) deň?
5. EHG-i 3 V we içki garşylygy $0,6 \Omega$ bolan batareýanyň gysgyçlaryny garşylygy örän geçiriji bolan metal geçiriji bilen birleşdirsek, ondan nähili tok güýji (A) geçýär?

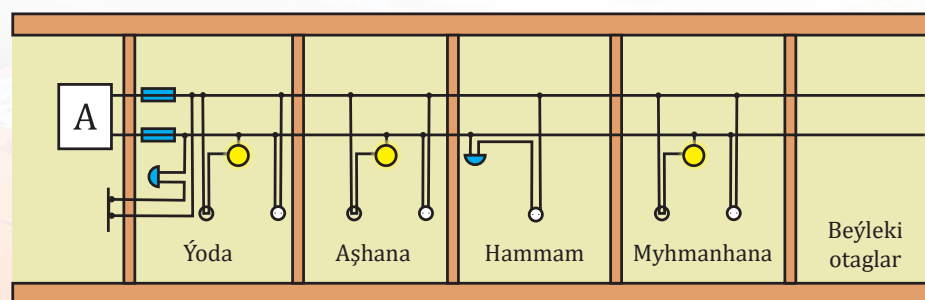


Goşmaça ýumuşlar



1. Bu shemany gaýtadan çyzyň we oňa togy ölçemek üçin ampermetri, lampoçkadaky güýçlenmäni ölçeyän woltmetri goşuň.

2. Bu öýde elektrik esbaplarynyň birikdiriliş shemalaryna sere dip, olaryň nähili çatylandygyny, şertli belgiler arkaly bolsa haýsy elektrik esbaplarynyň peýdalanylanlygyny aýdyp beriň!





MESELELER ÇÖZMEK

34-nji TEMA

Mesele çözmegiň nusgasy:

1. Tok çeşmesi $R_1 = 1,8 \Omega$ daşky garşylyga birikdirilende $I_2 = 1,7 \text{ A}$ tok berýär. Daşky garşylyk $R_2 = 2,3 \Omega$ bolanda tok güýji kemelýär, $I_2 = 0,56 \text{ A}$ bolan bolsa, çeşmäniň EHG $\mathcal{E}$ -ni we içki garşylygy r -i tapyň.

Berlen:	Formula:	Çözülüşi:
$R_1 = 1,8 \Omega$ $I_1 = 1,7 \text{ A}$ $R_2 = 2,3 \Omega$ $I_2 = 0,56 \text{ A}$	$\mathcal{E} = I_1 R_1 + I_1 r$ $\mathcal{E} = I_2 R_2 + I_2 r$	$I_1 R_1 + I_1 r = I_2 R_2 + I_2 r \quad r = \frac{I_2 R_2 - I_1 R_1}{I_1 - I_2}$ $r = \frac{(0,56 \cdot 2,3 - 0,7 \cdot 1,8) \text{ A} \cdot \Omega}{(0,7 - 0,56) \text{ A}} = 0,2 \Omega$ $\mathcal{E} = I_1 R_1 + I_1 r = I_1 (R_1 + r) = 0,7 \text{ A} \cdot (1,8 + 0,2) \Omega = 1,4 \text{ V}$ Jogaby: $r = 0,2 \Omega$; $\mathcal{E} = 1,4 \text{ V}$.

2. Diametri 2 mm bolan geçirijiden 3,14 A tok geçýän bolsa, ondaky toguň dykzlygyny tapyň (A/m^2).

Berlen:	Formula:	Çözülüşi:
$D = 2 \text{ mm}$ $I = 3,14 \text{ A}$	$j = \frac{I}{S}$ $S = \pi R^2$; $D = 2R$	$j = \frac{I}{\pi \cdot \frac{D^2}{4}} = \frac{3,14 \text{ A}}{3,14 \cdot \frac{(2 \cdot 10^{-3})^2}{4} \text{ m}^2} = \frac{4000000 \text{ A}}{4 \text{ m}^2} = 1000000 \frac{\text{A}}{\text{m}^2}$
$j = ?$	$j = \frac{I}{\pi \cdot \frac{D^2}{4}}$	Jogaby: $j = 1 \cdot 10^6 \text{ A/m}^2$.

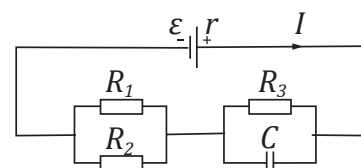
28-nji gönükme



1. Batareýanyň polýuslaryna birikdirilen $R = 2 \Omega$ içki garşylykly ampermetr $I = 5 \text{ A}$ togy görkezýär. Şu batareýanyň polýuslary $R = 150 \Omega$ içki garşylykly woltmetr $U = 12 \text{ V}$ naprýaženiýäni görkezse, gysga utgaşma toguny tapyň.

2. Mis simdäki erkin elektronlar konsentrasıasy $8 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3}$ we olaryň tertipli hereket tizligi $5 \cdot 10^5 \text{ m/s}$ bolsa, tok dykzlygy nämä deň (A/m^2)?

3. İçki garşylygy $r = 3 \Omega$ bolan galwanik element üpjün edip duran zynjyr 5.5-nji suratda görkezilişi ýaly özara parallel birikdirilen. $R_1 = R_2 = 28 \Omega$ garşylykly iki sany rezistor we $R_3 = 40 \Omega$ garşylykly rezistorlardan ybarat bolup, R_3 rezistora $C = 5 \mu\text{F}$ sygymly kondensator parallel birikdirilende $q = 4,2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ elektrik zarýady bilen zarýadlanypdyr. Elementiň EHG – $\mathcal{E}$ -ny tapyň.



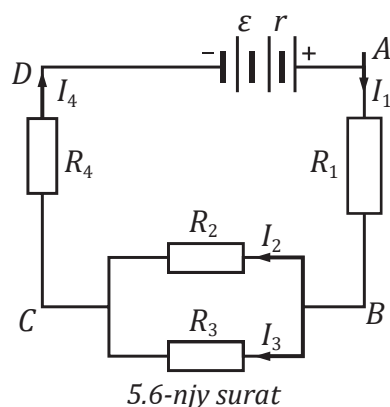
5.5-nji surat



V BAP. HEMIŞELIK TOGUŇ KANUNLARY

4. Her biriniñ EHG $\mathcal{E}=1,5$ V, içki garşylygy $r = 0,5 \Omega$ bolan 3 sany elementden alnan batareýa 5.6-njy suratda görkezilişi ýaly daşky zynjyra birikdirilen. Eger daşky zynjyrdaky garşylyklary $R_1= 1,2 \Omega$, $R_2=1 \Omega$, $R_3= 4 \Omega$, $R_4= 1 \Omega$ bolsa, her bir garşylykdan geçýän I_1 , I_2 , I_3 , I_4 toklar we olardaky naprýaženiýe U_1 , U_2 , U_3 , U_4 -leri tapyň.

5*. Her biriniñ EHG-i $\mathcal{E} = 1,2$ V, içki garşylygy $r = 0,5 \Omega$ bolan 2 element özara parallel birikdirilip emele getirilen batareýa 5.7-nji suratda görkezilişi ýaly daşky zynjyra birikdirilen. Zynjyrdaky garşylyklar $R_1=2,75 \Omega$, $R_2=6 \Omega$, $R_3=3 \Omega$, we $R_4=20 \Omega$ -a deň bolsa, R_3 garşylykdan geçýän toguň güýjüni tapyň.



6. EHG-i 12 V, içki garşylygy 1 Ω bolan hemişelik tok çeşmesi ne garşylygy 2 Ω bolan rezistor birikdirilen. Çeşmeden geçýän toguň güýjüni hasaplaň (A).

7. Elektrik zynjyryň daşky garşylygy çeşmäniň içki garşylygynan 4 esse uly. Eger çeşmäniň EHG-i 12,5 V bolsa, daşky garşylykdaky naprýaženiýäniň peselişini anyklaň (V).

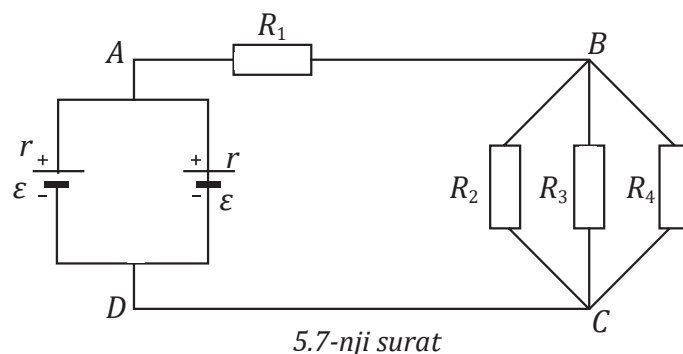
8. EHG-i 5 V, içki garşylygy 0,5 Ω bolan akkumulýatora garşylygy 19,5 Ω bolan lampočka birikdirilen. Gysga utgaşma ýüze çykça, toguň güýji näçä deň bolar?

9. İçki garşylygy 0,01 Ω bolan tok çeşmesi gysga utgaşanda toguň güýji 1200 A boldy. Tok çeşmesiniň EHG-ini tapyň (V).

10. İçki garşylygy 2 Ω , EHG-i 12 V bolan akkumulýatora garşylygy 4 Ω bolan lampa birikdirildi. Akkumulýatoryň polýuslaryndaky naprýaženiýäni tapyň.

11. Kese kesiginiň meýdany 4 mm² bolan geçirijidäki toguň güýji 5 μ A bolsa, toguň dykzyzygyny tapyň.

12. Kese kesiginiň meýdany 10 mm² bolan simdäki geçirijilik elektronlaryň konsentrasiýasy $5 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3}$. Toguň güýji 10 A bolanda elektronlar öňe gitme hereketiniň ortaça tizligi nähili bolar?





LABORATORIYA IŞI

35-nji TEMA

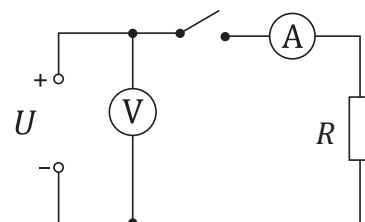
TOK ÇEŞMESINIŇ ELEKTRIK HEREKETLENDIRIJI GÜYJÜNI WE IÇKI GARŞYLYGYNÝ KESGITLEMEK

Işniň maksady: ampermetriň we woltmetriň kömeginde tok çeşmesiniň elektrik hereketlendiriji güýjüni we içki garşylygyny kesgitlemek.

Gerekli esbaplar: laboratoriya uniwersal tok çeşmesi ýa-da akkumulýator, ampermetr, woltmetr, açar, birikdiriji simler, 10 Ω we 20 Ω garşylyga eýe bolan rezistorlar.

Işniň ýerine ýetirilişi

Suratda berlen elektrik zynjyryny ýygnaň. Zynjyra 10 Ω garşylykly rezistor birikdiriň.



2. Açar açyk ýada woltmetriň görkezijişi U_V -ni bellik ediň. $U_V = \mathcal{E}$ deň diýip alyň.

3. Açary birikdiriň we ampermetriň görkezijisi I_A -ny bellik ediň.

4. Netijeleri jedwele ýazyň.

Nº	U_V (V)	U_2 (V)	I_A (A)	$\mathcal{E}$ (V)	r (Ω)

5. Tok çeşmesiniň içki garşylygyny $r = \frac{\mathcal{E} - U_2}{I}$ formuladan hasaplaň we netijäni jedwele göçüriň.

6. Zynjyra 20 Ω garşylykly rezistor birikdiriň we tejribäni gaýtalaň.

7. 1-nji we 2-nji tejribede tapylyan r_1 we r_2 -lary deňeşdiriň.

1. Elektrik zynjyrynyň haýsy bölegine içki, haýsy bölegine daşky zynjyr diýilýär?

2. Çeşmäniň EHG-i diýende nämä düşüňýärsiňiz?

3. Çeşmäniň içki garşylygy nämäniň hasabyna emele gelýär?



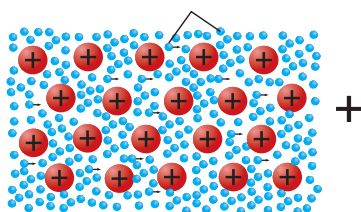
36-njy TEMA

METAL GEÇIRIJILERIŇ GARŞYLYGYNYŇ
TEMPERATURA BAGLYLYGY

1. Metal geçirijileriň garşylygynyň temperatura baglylygy.
2. Aşa geçirijilik.



1. Elektrik energiýasyny öndürýän nähili çeşmeleri bilýärsiňiz?
2. Elektrik toguny geçiriji liniýalarynda nähili geçirijilerden (simlerden) köpräk peýdalanylýar?
3. Sim agaçlarynda nähili geçirijileri gördüňiz we olary başga görnüşdäki geçiriji bilen çalşyrmak bolarmy?



5.8-nji surat

1. Metal geçirijileriň garşylygynyň temperatura baglylygy

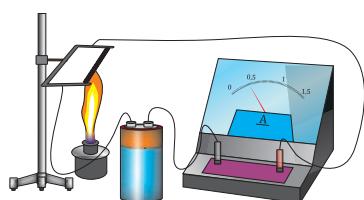
Aşaky synplarda fizikany öwrenende siz metal geçirijileriň garşylygynyň (R) maddanyň görnüşine we onuň geometrik ölçeglerine (uzynlygy l we kese kesiginiň meýdanyna S) baglydygyny öwrendiňiz. Metallarda temperaturanyň artmagy erkin elektronlaryň tizliginiň we garşylyklaryň sanynyň artmagyna getirýär. Mundan daşary, kristallik gözenegiň düwünlerindäki ionlaryň yrgyldy amplitudasy we onuň hereketlenýän elektronlar bilen çaknyşmalarynyň sany artýar. Netijede zarýadlanan bölejikleriň tertipli hereket tizligi kemelýär, bu bolsa toguň güýjüniň kemelmegine alyp gelýär (5.8-nji surat).

Garşylyk geçirijiniň temperaturasynda hem baglymy?

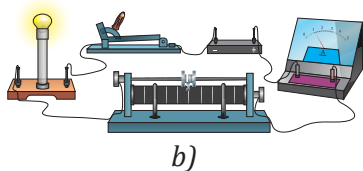
Geliň, bir tejribe geçireliň. Galwanometr, metal simli spiral we tok çeşmesinden ybarat bolan elektrik zynjyryny ýygnaýyň (5.9-njy *a* surat). Bu tejribe spiral gyzdyrylanda onuň garşylygynyň artýandygyny görkezýär. Tejribe ýene, metal geçirijini gyzdyranymyzda galwanometriň görkezijisiniň peselýändigini görkezýär.

Ýa-da 5.9-njy *b* suratdaky elektrik zynjyryny ýygnaý, tejribe geçirsek hem bolýar. Ilki lampoçka ýagty ýanýar. Spiral gyzdyrylsa, lampoçkanyň ýagtylygy peselýär. Eger olara ampermetr yzygider birikdirilse, geçýän tok güýjüniň kemelýändigini görkezýär. Bu tejribelerden netije çykarsak, temperaturanyň artmagy bilen metallaryň garşylygy artýar. Metal geçiriji maddasynyň udel garşylygy erkin zarýad daşajyklaryň konsentrasiýasyna we olaryň durnukly deňagramlylyk pozisiýalarynyň töwereginde yrgyldaýan kristallik gözenegiň ionlary bilen çaknyşyklarynyň sanyna bagly.

Metal geçirijilerde erkin elektronlaryň konsentrasiýasy belli bir geçiriji üçin amalda hemişelik bolup, temperatura bagly däl. Emma kristallik gözenegiň ionlary bilen erkin elektronlaryň çaknyşyklarynyň sany temperaturanyň artmagy bilen artýar. Bu temperaturanyň artmagy bilen metal geçirijiniň garşylygynyň artmagyna getirýär.



a)



b)

5.9-nji surat



Geçirijileriň garşylygynyň temperatura baglylygyny kesgitlemekde garşylygyň temperaturasynyň koeffisiýenti (α) girizilýär. Munda α – garşylygyň temperatura koeffisiýenti diýilýär.

α – koeffisiýent, temperatura 1 °C –a üýtgände geçirijiniň garşylygynyň üýtgemegi 0 °C daky garşylygyň nähili bölegini düzýänligini görkezýär:

$$\alpha = \frac{\rho - \rho_0}{\rho_0 \cdot (T - T_0)} \quad (1)$$

Bu ýerde ρ_0 we ρ geçiriji maddasynyň $T_0 = 273 \text{ K}$ (0 °C) we berlen (T) temperaturadaky udel garşylygy. Anyk işleýän elektron shemalarda geçirijiniň garşylygynyň temperatura baglylygyny hasaba almak zerur bolýar. Ony hasaba almazlyk goşmaça ýalňyşlyklaryň ýüze çykmagyna sebäp bolmagy mümkin.

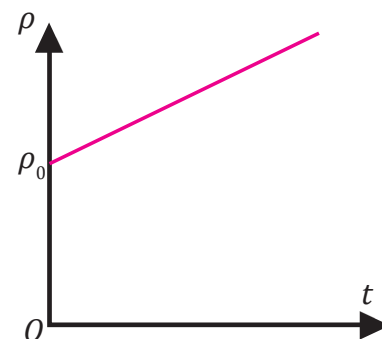
Formuladan geçirijiniň maddasynyň (T) temperaturadaky udel garşylygyny (ρ) tapsak:

$$\rho = \rho_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T) \quad (2)$$

formula eýe bolýarys. Munda $\Delta T = T - T_0$. Geçirijiniň absolýut temperaturadaky ösüşi Selsiý şkalasy boýunça temperaturanyň artmagy bilen birmeňzeş bolýar, ýagny: $\Delta T = \Delta t$. Şeýlelikde, metal geçiriji maddasynyň garşylygy temperaturanyň artmagy bilen artýar.

Bu baglanyşygyň grafigi 5.10-njy suratda görkezilen.

Aşadaky jedwelde käbir metallaryň udel garşylygynyň temperatura koeffisiýenti getirilen:



5.10--njy surat

Metal ýa-da garyndy	α, K^{-1}	Metal ýa-da garyndy	α, K^{-1}
Alýuminiý	0,0042	Nikel	0,0065
Wismut	0,0046	Niobiý	0,003
Wolfram	0,0045	Nihrom	0,0002
Demir	0,0062	Galaýy	0,0044
Altyn	0,0040	Platina	0,0039
Indiý	0,0047	Simap	0,0010
Kadmiý	0,0042	Gurşun	0,0042
Kobalt	0,0060	Kümüş	0,0040
Mis	0,0039	Hrom	0,0059
Molibden	0,0050	Hromal	0,000065
Natriý	0,0055	Sink	0,0042

V BAP. HEMIŞELIK TOGUŇ KANUNLARY



5.11-rasm

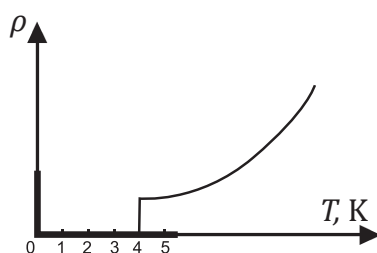
Geçirijiler gyzdyrylanda olaryň geometrik ölçegleri kem üýtgeýär. Geçirijiniň garşylygy esasan udel garşylygyň üýtgemegi sebäpli üýtgeýär. Geçirijiniň $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ temperaturadaky garşylygy $R_0 = (\rho_0 \cdot l)/S$, $t\text{ }^{\circ}\text{C}$ temperaturadaky garşylygy $R = (\rho \cdot l)/S$ bolmagyndan peýdalanyp, iki formulany agzama-agza bölüp, R -y tapsak:

$$R = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T) \quad (3)$$

formula eýe bolýarys.

Metal geçirijiler üçin bu formulalar $T > 140\text{ K}$ temperaturada peýdalanylýar. Ähli metallar üçin olaryň garşylygy temperaturanyň artmagy bilen artýar, ýagny garşylygyň temperatura koeffisiýenti α položitel bahada bolýar. Ençeme metallar üçin (emma garyndylar däl) 0 -dan $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ -a çenli bolan temperaturada garşylygyň termik koeffisiýentiniň ortaça bahasy: $\alpha \approx 1/273\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.

Metallar garşylygynyň temperatura baglylygyny ölçemekde ýörite esbaplar – garşylyk termometrleri peýdalanylýar (5.11-nji surat).



5.12-nji surat

2. Aşa geçirijilik

Metallaryň udel garşylygy ρ temperaturanyň peselmegi bilen (2) formula görä 5.12-nji suratdaky egri çyzyk boýunça kemelmeli. Emma tejribäniň netijeleri ρ -nyň T -a baglylygy 5-nji suratdaky egri çyzyk boýunça bolup geçýänligini görkezdi. Käbir sap metallaryň (Al, Pb, Zu we başgalar) udel garşylygy absolýut nola ýakyn temperaturada eýýäm ($T_k = 0,14 - 20\text{ K}$) böküp, nola çenli kemelýändigini (5.12-nji surat) we olar aş geçiriji bolup galýar. Bu hadysany birinji gezek 1911-nji ýylyň 28-nji aprelinde gollandiýaly fizik G. Kamerling Onnes tejribe esasynda açyş etdi. Ol simaby suwuk geliýde sowadanda simabyň garşylygy ilki ýuwaş-ýuwaş kemelip, soň temperatura $4,1\text{ K}$ -a ýetende böküp birdenkä nola düşýänligini anyklady. Eger aş geçirijilik ýagdaýynda bolan halka görnüşindäki geçirijide tok emele gelse, soňra çeşme üzüp goýulsa, islendik uzak wagtyň dowamynynda bu toguň güýji üýtgemän galyberýär. Hakykatdan hem Kamerling Onnes 7 K temperaturadaky gurşunda EHG täsiri togtandan soň 4 sutkanyň dowamynynda elektrik togy geçip duranlygyny görýär. Aş geçirijilik hadysasyndan amalda peýdalanmak kritik temperaturanyň pesligi netijesinde kynçylyk döredýär. Soňky barlaglarda beýle ýagdaý ençeme metallarda we garyndylarda 25 K -dan pes temperaturalarda görmek mümkin. 1957-nji ýylda Kollinz tarapyndan geçirilen tejribede tok çeşmesi bolmadyk ýapyk zynjyrdaky tok $2,5$ ýylyň dowamynynda dyngysyz akyp durupdyr. 1986-njy ýylda metallokeramika materiallarynda ýokary temperaturaly (100 K) aş geçirijilik hadysasy anyklandy. Aş geçirijilik hadysasyny amalda peýdalanmagyň örän köp serişdäni tygşytlaýandygyny hasaba alyp, bu ugurda ençeme barlag işleri alyp barylýar. Garşylyk termometrleriniň iş prinsipi metallaryň elektrik garşylygynyň temperatura baglylygyna



esaslanan. Beýle termometrler temperaturany 0,003 K –a çenli anyklykda ölçemäge mümkinçilik berýär. Aýratyn hem, suwuklyk termometrlerini ulanmak kyn bolan ýerlerde olaryň hyzmaty uludyr.



1. Metallarda temperaturanyň artmagy bilen olaryň garşylygy nähili üýtgeýär?
2. Metallaryň garşylygynyň temperatura baglylykda üýtgemegin-den nähili peýdalanylýar?
3. Aşa geçirijilik ýagdaýyndan senagatda, transportda peýdalanmagyň gelejegi nähili?
4. Geçirijiniň garşylygy nähili ululyklara bagly?
5. Geçirijiniň garşylygy nähili hasaplanýar?

Mesele çözmegiň nusgasy

Elektrik lampoçkasyndaky wolframdan ýasalan spiralyň 20 °C daky garşylygy 30 Ω -a deň. Lampoçka 220 V üýtgemeýän tok çeşmesine birikdirilende ondan geçýän toguň güýji 0,6 A -a deň boldy. Lampoçka ýanan wagtyndaky spiralyň temperaturasyny anyklaň. Wolfram üçin temperaturanyň termik koeffisiýenti $\alpha = 0,005 \text{ } 1/^{\circ}\text{C}^{-1}$.

Berlen:	Formula:	Çözülişi:
$t_1 = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $R_1 = 30 \text{ } \Omega$ $U = 220 \text{ V}$ $I = 0,6 \text{ A}$ $\alpha = 0,005$	$R_1 = R_0 (1 + \alpha \cdot t_1)$ $R = \frac{U}{I}$ $R = R_0 (1 + \alpha \cdot \Delta t)$	$R_0 = \frac{30 \text{ } \Omega}{1 + 0,005 \cdot \frac{1}{^{\circ}\text{C}} \cdot 20^{\circ}\text{C}} \approx 27 \text{ } \Omega$ $R = \frac{220 \text{ V}}{0,6 \text{ A}} \approx 367 \text{ } \Omega$ $\Delta t = \frac{(367 - 27) \text{ } \Omega}{27 \text{ } \Omega \cdot 0,005 \cdot \frac{1}{^{\circ}\text{C}}} \approx 2518 \text{ }^{\circ}\text{C}$
$\Delta t = ?$		Jogaby: $\Delta t = 2518 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

29-njy gönükme



11. Mis sterženden 0,5 s dowamynda dyklyzlygy 9 A/mm² bolan tok geçende onuň temperaturasy nähili üýtgeýär? Misiň udel garşylygy $1,7 \cdot 10^{-8} \text{ } \Omega \cdot \text{m}$, dyklyzlygy 8900 kg/m³, udel ýylylyk sygymy 380 J/(kg·K).

2. Niobiýden ýasalan spiral 100 °C -a gyzdyrylsa, onuň udel garşylygy näçe esse üýtgär? Niobiý üçin $\alpha = 0,003 \text{ } ^{\circ}\text{C}^{-1}$.



V BAP. HEMIŞELIK TOGUŇ KANUNLARY

3. Nikelin simiň 20°C -daky garşylygy $20\ \Omega$ -a deň. Ol 120°C -a çenli gyzdrylsa, garşylygy nämä deň bolýar? Nikelin üçin $\alpha = 0,0001\ ^{\circ}\text{C}^{-1}$.

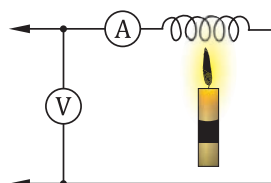
4. Mis simli tegegiň sargylarynyň garşylygy 20°C -da $10\ \Omega$ -a deň. Toga birikdirilenden soň sargynyň garşylygy $16,2\ \Omega$ -a deň boldy. Sargy näçe temperatura çenli gyzýar? Misiň garşylygynyň temperatura koeffisiýenti $4,15 \cdot 10^{-3}\ ^{\circ}\text{C}^{-1}$ -a deň.

5. 0°C temperaturadaky alýuminiýniň garşylygyny 2 esse artdyrmak üçin ony nähili temperatura çenli gyzdymaly ($^{\circ}\text{C}$). Alýuminiý üçin garşylygyň termik koeffisiýenti $\alpha = 4 \cdot 10^{-3}\ ^{\circ}\text{C}^{-1}$.



Goşmaça ýumuşlar

1. Ýokardaky maglumatlara daýanyp 5.13-nji suraty düşündiriň.



5.13-nji surat.

2. Elektrostansiyalardan şäherler we uzak aralyklara elektrik energiýasy geçirilýär. Adatda elektrik energiýasy howa elektrik geçiriji liniýalarynda amala aşyrylýar. Ýöne soňky ýyllarda elektrik kabelleri ýeriň aşagyna gömüp goýmak talaplary köpeliýär.

Sorag:

a) Ýerasty elektrik geçiriji kabelleriň gömülmegi mümkin bolan iki çägi aýdyň.

b) Ýerasty kabelleri bilen deňeşdirende howa elektrik geçiriji liniýalarynyň iki amatlylygyny aýdyň.

d) Howa elektrik geçiriji liniýalaryna garanda ýerasty kabelleriň iki amatlylygyny aýdyp beriň.



MESELELER ÇÖZMEK

37-nji TEMA

MESELELER ÇÖZMEK

1. Nakal lampočkada wolfram süýüminiň garşylygy $t_1 = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ temperaturada $R = 40\text{ }\Omega$ -a, onuň $t_0 = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ temperaturadaky garşylygy R -y tapyň. Nakal lampočka $U = 120\text{ V}$ naprýaženiýeli tok çeşmesine birikdirilende wolfram süýüminden $I = 0,3\text{ A}$ tok geçse, galan wolfram süýümiň R_2 garşylygyny we t temperaturasyny tapyň. Wolfram üçin garşylygyň tempuratura koeffisiýenti $\alpha = 4,6 \cdot 10^{-3}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.

Berlen:	Formula:	Çözülüşi:
$t_1 = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ $R_1 = 40\text{ }\Omega$ $U = 120\text{ V}$ $t_0 = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ $I = 0,3\text{ A}$ $\alpha = 4,6 \cdot 10^{-3}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$	$R = R_0 (1 + \alpha \Delta t)$	$R_0 = \frac{R_1}{1 + \alpha t_1} = \frac{40\text{ }\Omega}{1 + 4,6 \cdot 10^{-3}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1} \cdot 20\text{ }^{\circ}\text{C}} = 36,63\text{ }\Omega$ $R_2 = \frac{U}{I} = \frac{120\text{ V}}{0,3\text{ A}} = 400\text{ }\Omega$ $t_2 = \frac{R_2 - R_0}{R_0 \cdot \alpha} = \frac{(400 - 36,63)\text{ }\Omega}{36,63\text{ }\Omega \cdot 4,6 \cdot 10^{-3}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}} = 2157\text{ }^{\circ}\text{C}$ Jogaby: $R_0 = 36,63\text{ }\Omega$, $R_2 = 400\text{ }\Omega$, $t_2 = 2157\text{ }^{\circ}\text{C}$.
$R_0 = ?$ $R_2 = ?$ $t_2 = ?$		

2. Elektrik lampočkadaky wolfram süýüminiň garşylygy $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ temperaturada $35,8\text{ }\Omega$ -a deň. Lampočka 120 V naprýaženiýeli tok çeşmesine birikdirilende süýümden $0,33\text{ A}$ tok akyp geçse, süýümiň temperaturasyny anyklaň.

Berlen:	Formula	Çözülüşi
$t_1 = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ $R_1 = 35,8\text{ }\Omega$ $I = 0,33\text{ A}$ $\alpha = 4,6 \cdot 10^{-3}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ $U = 120\text{ V}$	$R_1 = R_0 (1 + \alpha t_1)$ $R = R_0 (1 + \alpha \Delta t_2)$ $R_2 = U/I$	$R_0 = \frac{R_1}{1 + \alpha t_1}$ $\frac{U}{I} = \frac{R_1}{1 + \alpha t_1} (1 + \alpha t_2)$ $t_2 = \frac{U(1 + \alpha t_1) - IR_1}{\alpha IR_1}$ $t_2 = \frac{120\text{ V} (1 + 4,6 \cdot 10^{-3}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1} \cdot 20\text{ }^{\circ}\text{C}) - 0,33\text{ A} \cdot 35,8\text{ }\Omega}{4,6 \cdot 10^{-3}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1} \cdot 0,33\text{ A} \cdot 35,8\text{ }\Omega} = 1935\text{ }^{\circ}\text{C}$ Jogaby: $t_2 = 1935\text{ }^{\circ}\text{C}$.
$t_2 = ?$		



30-njy gönükme

1. Elektrik lampoçkadaky wolfram süýüminiň $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ -daky garşylygy $300\ \Omega$, lampoçkanyň ýanmagyndaky onuň garşylygy $2400\ \Omega$ bolýar. Süýümiň gyzdurma temperaturasyny anyklaň. Wolfram üçin garşylygyň termik koeffisiýenti $0,005\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.

2. Mis simden edilen elektromagnit sargynyň garşylygy $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -da $2\ \Omega$ -di, uzak möhlet işländen soň $2,4\ \Omega$ bolup galdy. Munda sargy nähili temperatura çenli gyzyppdyr?

3. Demir simden edilen reostat, milliampermetr we tok çeşmesi yzygider birikdirilen. Temperatura $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ bolanda reostatyň garşylygy $R = 200\ \Omega$ -a deň. Milliampermetriň garşylygy $r = 20\ \Omega$ -a, görkezijisi $I_0 = 30\text{ mA}$ -a deň. Eger reostat $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ -a gyzdorylsa, milliampermetr nähili bahany görkezýär? Demriň garşylygynyň termik koeffisiýenti $\alpha = 6 \cdot 10^{-3}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ -a deň. Çeşmäniň içki garşylygyny hasaba almaň.

4. Temperatura $t_1 = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ -dan $t_2 = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ -a çenli üýtgände sargysy mis simden edilen elektromagnitiň ulanýan kuwwaty näçe göterime üýtgeýär? Misiň garşylygynyň termik koeffisiýenti $\alpha = 4,3 \cdot 10^{-3}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ -a deň.

5. Mis simli tegegiň sargylarynyň garşylygy $14\text{ }^{\circ}\text{C}$ -da $10\ \Omega$ -a deň. Toga birikdirilenden soň sargynyň garşylygy $12,2\ \Omega$ -a deň boldy. Sargy nähili temperatura çenli gyzyr? Misiň garşylygynyň temperatura koeffisiýenti $4,15 \cdot 10^{-3}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ -a deň.

6. Elektrik lampanyň ballonyňa 220 V , 100 W ýazgysy ýazylan. Sowuk ýagdaýda ($0\text{ }^{\circ}\text{C}$) gyzdurma süýüminiň garşylygyny ölçemek üçin lampa 2 V naprýaženiýe berildi, munda tok güýji 54 mA -a deň boldy. Gyzdurma temperaturasyny tapyň. Wolfram üçin garşylygyň termik koeffisiýenti $\alpha = 4,8 \cdot 10^{-3}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.

7. Platina simiň $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ temperaturadaky garşylygy $20\ \Omega$, $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ daky garşylygy bolsa $59\ \Omega$ -a deň. Platina üçin garşylygyň termik koeffisiýentini tapyň.

8. $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ temperaturadaky alýuminiýniň garşylygyny 3 esse artdyrmak üçin ony nähili temperatura çenli gyzdyrmaly ($^{\circ}\text{C}$). Alýuminiý üçin garşylygyň termik koeffisiýenti $\alpha = 4 \cdot 10^{-3}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.



TASLAMA IŞI

GARŞYLYKLY ELEKTRIK ÇEŞMELER

Maksady: garşylykly energiýa çeşmelerini öwrenmek.

Elektrik energiýasyny emele getirýän «adaty bolmadyk» energiýa çeşmeleri: Gün, ýel, geotermal, wodorod we başgalar.

Günüň energiýasy. Günüň energiýasy – Günde bolup geçýän ýadro reaksiýalary sebäpli emele gelýän şöhlelenmäniň energiýasydyr.

Gün şöhlelerinden elektrik we ýylylyk energiýasyny almagyň usullary.

1. Fotoelementiň kömeginde elektrik energiýasyny almak.
2. Geliotermal energiýasy – gün şöhleleriniň täsirinde jisimiň üstüniň gyzmagy.
3. «Gün ýelkenleri» – howasyz boşlukda gün şöhleleriniň kinetik energiýasyna öwrülmegi.

4. Gün aerostat elektrostansiýasy – aerostat üstüniň gyzmagy netijesinde aerostat ballonyň içindeki howany generasiýalamak.

Gün paneliniň modullary.

Ýeliň energiýasy. Ýeliň energiýasy – howa massasynyň hereketi sebäpli emele gelen energiýa.

Ýelliň täsirinde aýlanýan wentilýatorlar wal arkaly hereketi elektrik generatora geçirýär. Bu ýerde öz nobatynda elektrik energiýasy işläp çykarylýar.



Standart panel



Çeýe panel

Aşakda ýeliň energiýasynyň kömeginde elektrik energiýasyny almagy öwrenýäris.

Gerekli esbaplar: konserw gaby, elektrik dwigatel, agaç çyzygyç, penoplast esas, birikdiriji simler, saç guradýan (fen), elektrik lampoçka, termoýelim, gaýçy, elektrik kebşirleýji.

Işni ýerine ýetirilişi

1. Gaýçynyň kömeginde konserw gaby ýa-da ýerine plastik gapdan üç ýa-da dört sany aýlanýan bölegini ýasaň.
2. Elektrik dwigateli çyzygyja ýelimiň kömeginde ýelimläň.
3. Perrigini elektrik dwigateliň aýlanma okuna ýelimiň kömeginde ýapyşdyryň.
4. Çyzygyjy penoplast esasa dik ýagdaýda ýelimiň kömeginde berkidil.



V BAP. HEMIŞELIK TOGUŇ KANUNLARY



5. Elektrik dwigatelini iki sany polýusyna birikdirilen simleri elektrik paýalniginiň kömeginde birikdiriň. Eger elektrik paýalnik bolmasa, gysgyjyň kömeginde birikdiriň.

6. Birikdiriji simleriň ikinji ujuna gysgyjyň kömeginde ýagtylyk diodyny birikdiriň.

7. Taýýar bolan gurluşy ýelde synap görüň we ýagtylyk diodynyň ýanyşyna gözegçilik ediň.

8. Eger ýel bolmasa, saç guradyjynyň kömeginde emeli ýel döredip, perrigi aýlaň we netje çykaryň.

Tejribede haýsy görnüşdäki energiýa başga nähili görnüşdäki energiýa öwrüldi?

Ýeliň kömeginde bir energiýany almak üçin nämelere üns bermek mümkinligini anyklaň.

Aşakda berlen grafiklerde 4 dürli ýerde bir ýylyň dowamynda ýeliň ortaça tizliginiň bahalary berlen.

1-nji weziye. Haýsy grafikde ýelden energiýa alynýan generator gurmak üçin iň amatly ýer saýlanan?

2-nji weziye. Nebit, daşkömür we başga gazylp alynýan energiýa çeşmelerine seredende ýelden energiýa almagyň bir sany amatly tarapyny we bir sany kemçiligini ýazyň.

Amatly tarapy: _____

Kemçiligi: _____

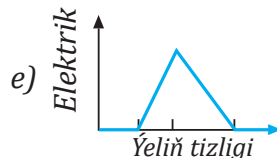
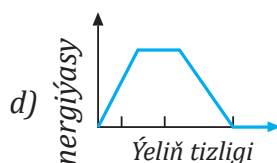
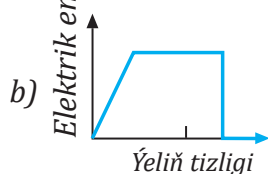
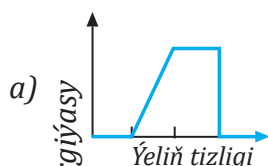
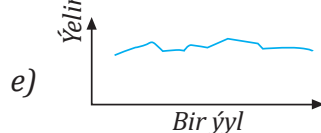
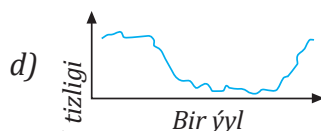
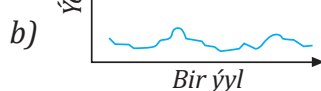
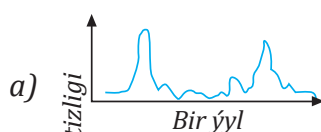
3-nji weziye. Ýel nähili güýçli bolsa, ýel generatorynyň perrigi tiz aýlanýar we köpräk elektrik energiýasyny işläp çykaryr. Emma ýeliň tizliginiň işläp çykarylan elektrik energiýasynyň kuwwaty bilen gönüden-göni baglanyşygy ýok.

Aşakda ýeliň kömeginde energiýa işläp çykarylan dört sany şert bar.

- Ýeliň tizligi v_1 -a deň bolanda wentilýator aýlanýar.
- Ýeliň tizligi v_2 -dan ýokary bolanda howpsuzlyk nuktaýnazyndan perrigiň aýlanma tizligi artmaýar.
- Ýeliň tizligi v_2 -a deň bolanda elektrik energiýasy maksimal bolýar.
- Ýeliň tizligi v_3 -a deň bolanda perrik togtaýar.

Haýsy grafikde şemalyň tizligi we işläp çykarylan elektrik energiýasynyň ortasyndaky gatnaşyklar gowurak görkezip berlen?

4-nji weziye. Ýel generatorlary Ýeriň derejesinden näçe belentde bolsa, olaryň ähli ganatlary bir deň tizlikde aýlanýar?





Ўрниң derejesinden ýokary belentliklerde ýerleşen ýel genera-
torlarynyň ganatlary näme üçin birmeňzeş tizlikde aýlanýanlygyny
düşündirýän iň dogry jogaby belläň.

a) Ўрниң derejesinden näçe beýikde bolsa, howanyň dykzlygy
pes bolýar.

b) Ўрниң derejesinden näçe beýikde bolsa, temperatura pes
bolýar.

d) Ўрниң derejesinden näçe beýikde bolsa, howanyň çyglylygy
ulurak bolýar.

e) Ўрниң derejesinden näçe beýikde bolsa, tiz-tiz ýagyş ýagýar.



1. Ўел degirmenlerinde nädip energiýa bir görnüşden başgasyna
öwrülýär?

2. Alynýan energiýa ýeliň tizligine nähili baglanyşan?

3. Siziň ýaşayán ýeriňizde ýelden energiýa alýan generator gur-
mak üçin laýyk ýer barmy?

4. Siziň pikiriňize görä, Özbekistanyň haýsy çäkleri ýelden ener-
giýa alynýan generatorlary gurmak üçin amatly?

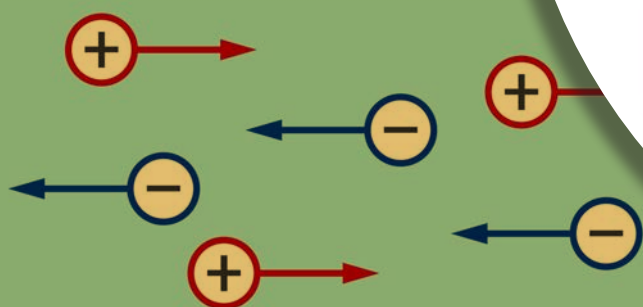
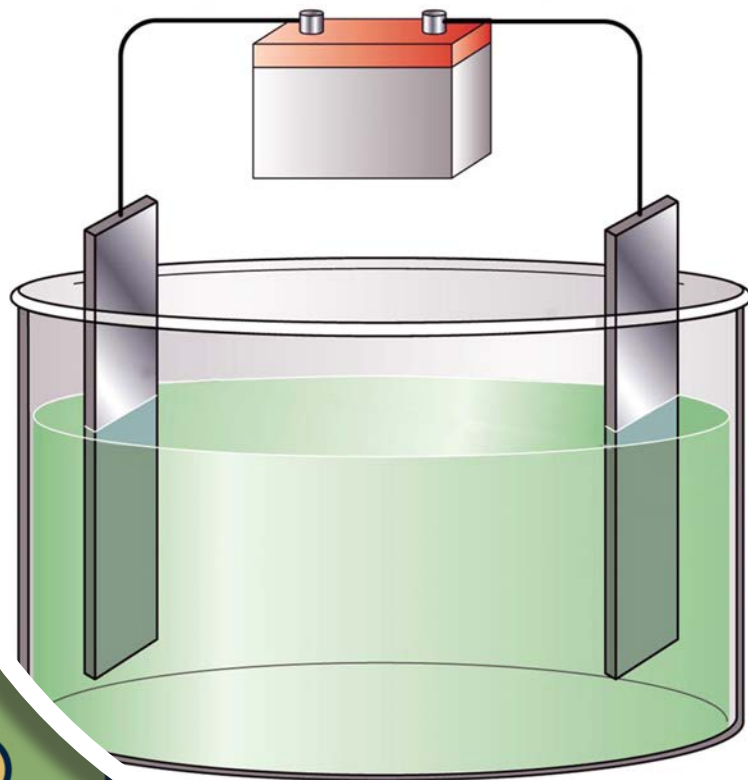
5. Ўelden energiýa alýan generator gurmak döwletimiziň gülläp
ösmegine nähili goşant goşýar diýip oýlaýarsyňyz?



V BABA DEGIŞLI ÖZBAŞDAK ÇÖZMEK ÜÇIN MESELELER

1. Meýdanyň güýjenmesi 800 V/m bolan nokatda ýerleşen $5 \text{ } \mu\text{C}$ zaryada nähili elektrostatik güýç (N) täsir edýär?
2. Radiusy 6 cm bolan metal şara 24 nC zaryad berlen. Şaryň merkezinden 9 cm uzaklykdaky nokatda güýçlenme näçä deň bolar (kV/m)?
3. Radiusy 12 cm bolan şaryň üstünde $0,18 \text{ } \mu\text{C}$ položitel zaryad tekiz bölünen. Şaryň merkezindäki meýdanyň potensialyny tapyň (V)
4. Nokatlanç q zaryad potensiallaryň tapawudy 100 V bolan iki nokadyň arasynda orun üýtgedende, 5 mJ iş edilýär. q zaryadyň mukdary (μC) näçä deň bolupdyr?
5. Batareýanyň EHG-i $1,55 \text{ V}$. Ol garşylygy $3 \text{ } \Omega$ bolan daşky garşylyga birikdirilende batareýanyň gysgyçlaryndaky naprýaženiýe $0,95 \text{ V}$ -a deň boldy. Batareýanyň içki garşylygy nämä deň?
6. EHG-i 30 V bolan batareýa birikdirilen tok zynjyryndaky toguň güýji 3 A -a deň. Batareýanyň gysgyçlaryndaky naprýaženiýe 18 V . Batareýanyň içki garşylygyny we daşky zynjyryň garşylygyny tapyň.
7. Tok çeşmesi $5 \text{ } \Omega$ -li garşylykda birikdirilende zynjyrdaky toguň güýji 5 A ga, $2 \text{ } \Omega$ -li garşylykda birikdirilende zynjyrdaky toguň güýji 8 A deň boldy. Çeşmäniň içki garşylygyny we EHG-ini tapyň.
8. Tok çeşmesiniň EHG-i $1,5 \text{ V}$. Gysga utgaşma togy 30 A . Elementiň içki garşylygy nämä deň? Eger elementiň garşylygy $1 \text{ } \Omega$ bolan tegege birikdirilse, elementiň polýuslaryndaky naprýaženiýe näçä deň bolar?
9. EHG-i $1,5 \text{ V}$ we 2 V bolan elementler birmeňzeş alamatly polýuslary bilen birikdirilen. Batareýanyň polýuslaryna birikdirilen woltmetr $1,7 \text{ V}$ naprýaženiýäni görkezdi. Çeşmeleriň içki garşylyklarynyň m gatnaşygyny tapyň.
10. EHG-i $1,3 \text{ V}$ we 2 V bolan elementleriň içki garşylyklary degişlilikde $0,1 \text{ } \Omega$ we $0,25 \text{ } \Omega$ -a deň. Olar parallel birikdirilen. Zynjyrdaky toguň güýjüni we elementleriň gysgyçlaryndaky naprýaženiýäni tapyň.
11. Tekiz kondensator plastinalaryndaky naprýaženiýe 150 V , zaryady $80 \text{ } \mu\text{C}$ bolsa, kondensatordaky meýdan energiýasy nämä deň?
12. Tekiz kondensator $2 \text{ } \mu\text{C}$ zaryad alyp, $0,5 \text{ } \mu\text{J}$ meýdan energiýasyna eýe boldy. Kondensatoryň sygymy nähili bolýar?
13. Tekiz kondensatora $4 \cdot 10^{-5} \text{ C}$ zaryad berlende onuň energiýasy 20 mJ -a deň boldy. Kondensator plastinalarynyň arasyndaky naprýaženiýäni tapyň.
14. Güýjenmesi $3 \cdot 10^3 \text{ V/m}$ bolan nokatdaky elektrik meýdanynyň energiýa dykzlygyny tapyň ($\mu\text{J/m}^3$). Şertiň dielektrik siňdirijiligi 4 -e deň.

VI BAP



DÜRLI GURŞAWLARDAKY ELEKTRIK TOGY

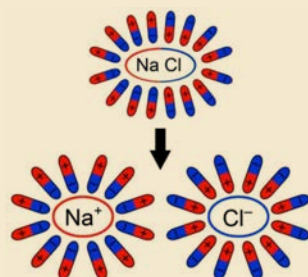
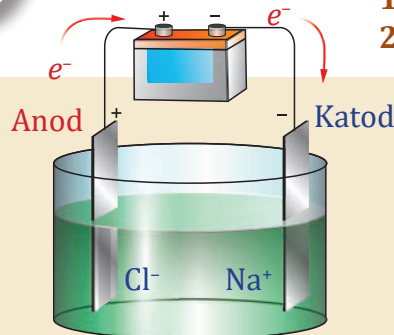
Siz bu bapda aşakdaky temalar boýunça maglumat alarsyňyz:

- suwuklyklarda elektrik togy;
- Faradeýiň birinji we ikinji kanuny;
- elektrolizden durmuşda we tehnikada peýdalanmak;
- gazlarda elektrik togy;
- ýarymgeçirijiler we olaryň metallardan tapawudy;
- ýarymgeçirijileriň elektrik geçirijiligi;
- ýarymgeçirijili esbaplar we olaryň tehnikada peýdalanylmagy.

38-nji TEMA

SUWUKLYKLARDA ELEKTRIK TOGY.

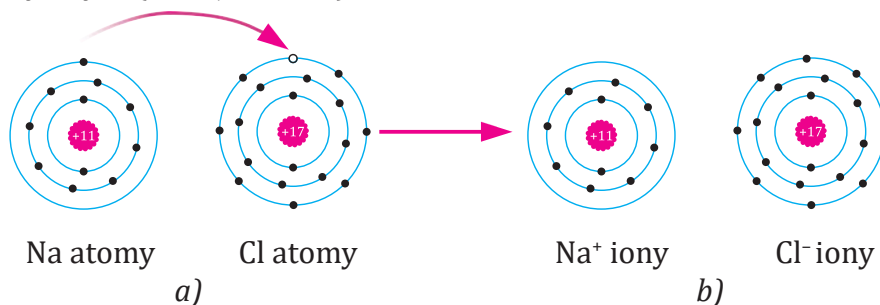
1. Ion baglanyşygy
2. Elektrolitler



Näme üçin elektrolitde dürli alamtly ionlar özara dartışmagy netijesinde birleşip, neýtral molekulalara öwrülip galmaýar? Nähili sebäbe görä elektrolitde molekulalar hemişe ionlara bölünip durýar?

1. Ion baglanyşygy

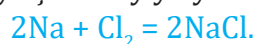
Bize mälim bolşy ýaly, köp maddalaryň atomlary bir-biri bilen esasan üç dürli: metal baglanyşyk, kowalent baglanyşyk we ion baglanyşykda bolmagy mümkin. Ion baglanyşygyňa mysal edip nahar duzy – natriý hlorid (NaCl)-i getirmegimiz mümkin. Natriý (Na) atomynda 11 sany elektron bolup, olardan 1 sanysy daşky elektron gabykda bolýar. Hlor (Cl) atomynda bolsa 17 sany elektron bolup, olardan 7 sanysy daşky elektron gabykda aýlanýar (6.1-nji a surat).



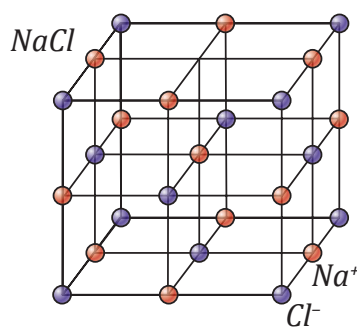
6.1-nji surat

Ähli himiki elementleriň aýratyn alnan atomy elektroneýtraldyr. Çünki atomyň ýadrosyndaky položitel zarýadly protonlaryň sany ýadronyň töwereginde aýlanyp gezyän otrisatel zarýadly elektronlaryň sanyna deň bolýar. Şoňa görä, Na we Cl atomlary elektroneýtraldyr.

Hlor we natriý atomlary bir-birine ýakynlaşanda elektronlaryň çalyşmak hadysasy bolup geçýär. Hlor atomy natriý atomynyň daşky elektron gabygyndan 1 sany elektrony dartyp alýar. Netijede hlor atomy otrisatel zarýadly hlor ionuna (Cl⁻), ýagny $\text{Cl}^\circ + e^- \rightarrow \text{Cl}^-$ -a, natriý atomy bolsa položitel zarýadly natriý ionuna (Na⁺), ýagny $\text{Na}^\circ - e^- \rightarrow \text{Na}^+$ öwrülüp galýar (6.1-nji b surat). Dürli alamata eýe bolan natriý we hlor ionlary bir-biri bilen (Kulon güýjüniň täsirinde) dartysyp, NaCl kristallik gözenegi emele getirýär (6.2-nji surat). Munda nahar duzynyň molekulasyňyň emele gelmek reaksiýasy aşakdaky ýaly aňladylyr:



(1)



6.2-nji surat

Ionlaryň arasynda Kulon güýji sebäpli emele gelen himiki baglanyşyga *ion baglanyşygy* diýilýär.

2. Elektrolitler

Käbir suwuklyklar elektrik toguny geçirmegi, käbirleriniň bolsa geçirmezligi mümkin. Käbir suwuklyklar elektrik toguny geçirmeýär, meselem arassa (distillirlenen) suw. Käbir suwuklyklar, meselem, duzlaryň, aşgarlaryň we kislotalaryň suwdaky ergini elektron geçirijilige eýe bolmasa hem, elektrik toguny gowy geçirýär. Beýle erginler ionly geçirijilige eýe bolýar.

Suwuklyklaryň elektrik toguny geçirmegi ýa-da geçirmezligini 6.3-nji suratda görkezilen ýönekeý enjamlaryň kömeginde anyklamak mümkin. Bular esasan çüýşe gap we oňa düşürilen iki sany kömür steržen – elektrodlar, lampočka, açar, tok çeşmesi we birikdiriji simlerden ybarat. Elektrodly çüýşe gaba distillirlenen suw guýlup, açar birikdirilende lampoçkanyň ýanmaýanlygyny görýäris. Diýmek, distillirlenen suw elektrik toguny geçirmeýär. Açary aýyrýarys we gapdaky suwa azajyk nahar duzuny (NaCl) salyp, açary birikdirenimizde lampoçkanyň ýananlygyny görýäris. Diýmek, duz salnan suw elektrik toguny geçirýän eken. Muňa sebäp näme?

Nahar duzy suwa salnanda suwuň molekulalary nahar duzynyň kristal penjireleriniň üstünde ýerleşen Na^+ we Cl^- ionlaryny gurşap alýar (6.4-nji a surat). Suwuň molekulalarynyň otirisatel zarýada eýe bolan tarapy kristallik gözenekdäki Na^+ ionlaryny, suwuň molekulalarynyň položitel zarýada eýe bolan tarapy bolsa Cl^- ionlaryny gurşap alýar we olary Kulon güýji bilen özüne çekýär. Netijede NaCl kristallik gözenegi dargap, suwuň içinde Na^+ we Cl^- ionlary emele gelýär. Olar suwuň molekulalarynyň gurşawynda bolup tertipsiz we erkin hereketlenýär.

Erginlerde maddanyň položitel we otirisatel ionlara bölünmek hadysasyna *elektrolitik dissosiasiya* diýilýär.

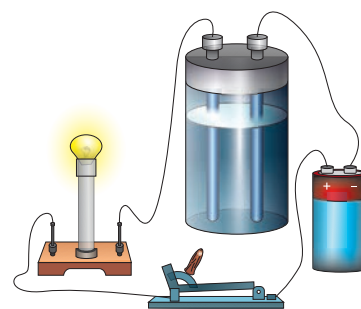
Elektrolitik dissosiasiya hadysasynda ionlar emele gelenligi sebäpli bu hadysa **ionlar generasiýasy** diýip hem atlandyrylýar. Generasiýa hadysasyny nahar duzynyň suwdaky ergininiň mysalynda aşakdaky reaksiýa arkaly aňladýarys:



Ýokarda 6.3-nji suratda görkezilen zynjyryň açary birikdirilende položitel Na^+ ionlary otirisatel zarýadlanan katoda dartylýar şonuň üçin položitel zarýadlanan ionlara **kationlar** diýip atlandyrylýar. Otirisatel Cl^- ionlary bolsa položitel zarýadlanan anodga dartylýar, şol sebäpli otirisatel zarýadlanan ionlara **anionlar** diýip atlandyrylýar (6.4-nji b surat). Netijede zynjyrdan tok geçip başlaýar.

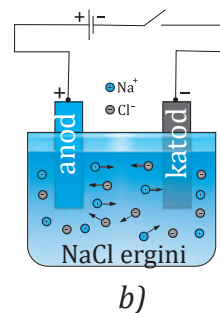
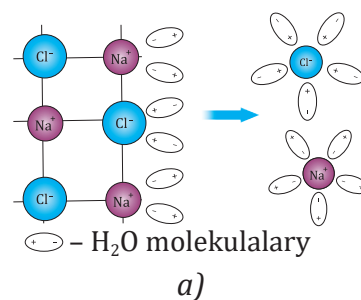
Elektrolitde ionlar näçe köp bolsa, ol elektrik toguny şonça gowy geçirýär.

Tebigatda ençeme maddalar ion baglanyşygyna eýe. Olara duzlar, aşgarlar, kislotalar mysal bolýar.



6.3-nji surat

Elektrik çeşmesi-niň položitel polýusyna birikdirilen elektroda *anod* diýip, otirisatel polýusa birikdirilen elektroda bolsa *katod* diýilýär.



6.4-nji surat



Ionlara dissosirlanmegi netijesinde özünden elektrik toguny geçirýän aşgar, kislota, duz we başga birleşmeleriň erginlerine *elektrolitler* diýilýär.

Amaly ýumuş



Maksady: nahar duzunyň suwdaky ergininden elektrik togunyň geçişini öwrenmek.

Gerekli esbaplar: çüýşe gap, distillirlenen suw, nahar duzy, iki sany elektrod, kontaktly esasy bolan lampaçka, 9 V-lyk akumulýator ýa-da galwanik element, açar, birikdirmek üçin sim.

Amaly ýumşy ýerine ýetirmegiň tertibi

1. Berlen elektrik shema (6.5-nji surata serediň) esasynda elektrik zynjyryny ýygnaň.

2. Çüýşe gaba distillirlenen suw salyp, açaryny birikdiriň. Lampaçkanyň ýanmagyna ýa-da ýanmaýandygyna gözegçilik ediň. Soň açary aýryň.

3. Suw salnan gaba azajyk nahar duzuny salyň we açary birleşdiriň. Lampaçkanyň ýanyşyny gözegçilik ediň. Soň açary aýryň.

4. Suw salnan gaba ýene biraz nahar duzuny salyň we açary birleşdiriň. Lampaçkanyň ýanyşyna gözegçilik ediň. Soň açary aýryň.

5. (4) bent tejribäni ýene bir-iki gezek gaýtalaň.

Tejribe esasynda netije çykaryň.

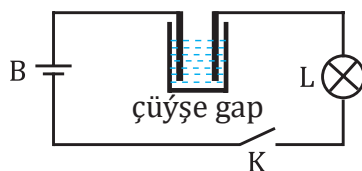


1. Ion we neýtral atomyň arasyndaky tapawut nämede?

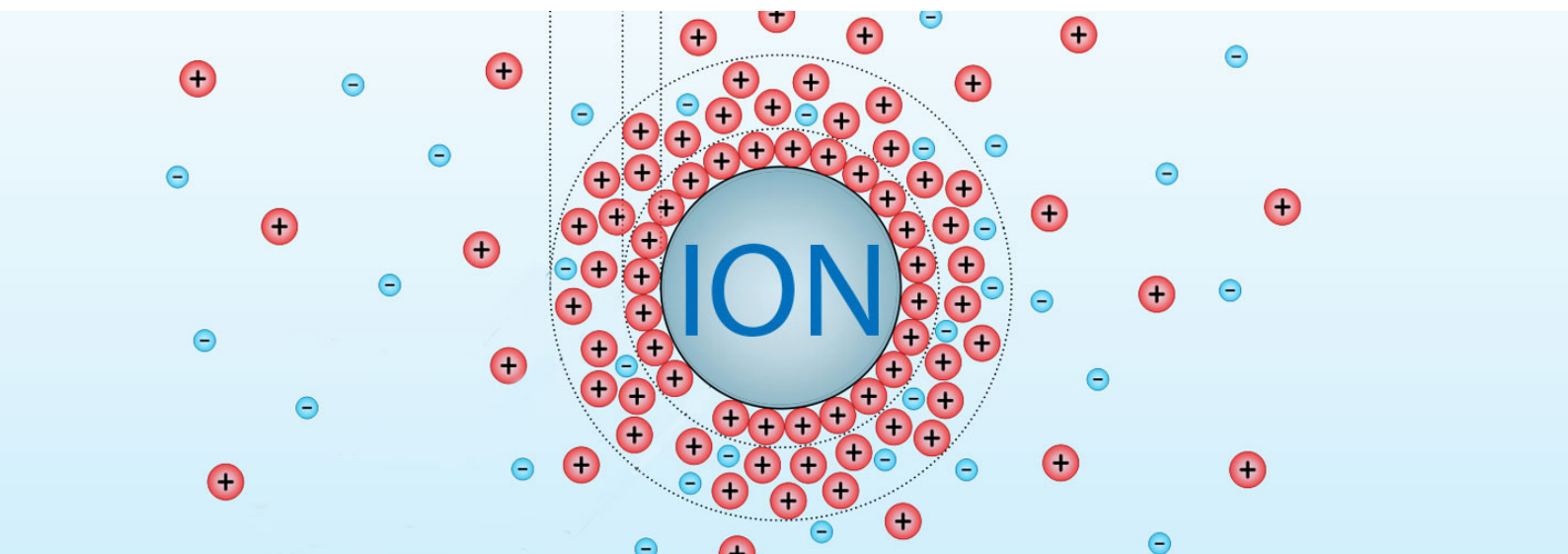
2. Ionly we elektronly geçirijilikde madda orun üýtgedip bilermi? Jogabyňyzy esaslandyryň.

3. Ion baglanyşygyna mysallar getiriň.

4. Suwuk ýagdaýda elektrik toguny geçirýän ähli maddalar elektrolit bolarmy? Jogabyňyzy esaslandyryň.



6.5-nji surat





FARADEYIŇ BIRINJI WE IKINJI KANUNY

39-njy TEMA

1. Elektroliz hadysasy .
2. Faradeýiň birinji kanuny.
3. Faradeýiň ikinji kanuny.

Siziň pikiriňize görä, galwanik element iň we akkumulyatoryň işleýiş prinsipi nämesi bilen tapawutlanýar?



Öňki temada elektrolitiň alnyşy we ondan tok geçmegi bilen tanyşdyk. Indi elektrolit arkaly tok geçende nähili hadysalaryň bolup geçýänligi bilen tanyşýarys.

1. Elektroliz hadysasy

Çüýşe gaby alyp, oňa distillirlenen suw we mis sulfat duzyny (CuSO_4) salyp, elektrolit alýarys. Mis sulfat duzy suwda eräp, onuň molekulalary ionlara bölünmegi (dissosirlenmegi) netijesinde Cu^{2+} we SO_4^{2-} ionlary emele gelýär. Cu^{2+} iony özüniň daşky elektron ga-bygyndaky iki sany elektronyny ýitiren we položitel 2 elementar zarýada eýe bolan mis atomynyň ionudyr. SO_4^{2-} iony bolsa 2 sany goşmaça elektron birleşdirip alan we netijesinde otrisatel 2 sany elementar zarýada eýe bolan sulfat ionudyr. Elektrolitde iki sany elektrod – anod we katod düşürüp, 6.6-njy suratda görkezilişi ýaly zynjyr düzýäris. Açary birikdirsek, ampermetr elektrolit arkaly tok geçýändigini görkezýär. Cu^{2+} položitel ionlar katoda tarap, SO_4^{2-} otrisatel ionlar bolsa anoda tarap tertipli herekete gelýär. Cu^{2+} kationlar katoda gelip, ondan 2 sany elektron alýar we neýtral Cu atomlaryna öwrülüp, katodda oturyp galýar, ýagny $\text{Cu}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Cu}$. Elektrolit arkaly tok geçmegi bilen katodda mis atomlary ýygnaýyp barýar. SO_4^{2-} anionlary anoda ýetip gelende SO_4^{2-} -nyň gurşawynda gelen suwuň molekulalary özüniň elektronlaryny anoda berýär. Munda suwuň molekulalary dargaýar we anodda kislorod gazyny bölüp çykarýar.

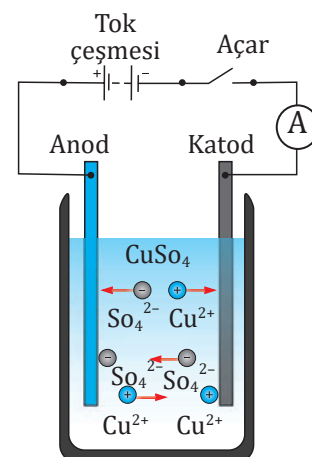
2. Faradeýiň birinji kanuny

Iňlis fizigi M. Faradeýiň geçiren tejribeleri elektroliz hadysasynda elektrodda bölünip çykan maddanyň massasy elektroda tarap hereket edýän ionlaryň sanyna, ýagny elektrolit arkaly geçýän zarýadyň mukdaryna bagly bolýanlygyny görkezýär.

Elektroliz wagtynda elektrodda bölünip çykan maddanyň massasy elektrolitden geçen zarýadyň mukdaryna göni proporsional:

$$m \sim q$$

Elektrolitden elektrik togy geçende elektrodarda madda bölünip çykmak hadysasyna elektroliz diýilýär.



6.6-njy surat

Elektrolitden elektrik toguny geçirip, garyndy maddalaryň düzüminden arassa madda (metal ýa-da gaz) bölüp almak mümkin.

VI BAP. DÜRLI GURŞAWLARD A ELEKTRIK TOGY

Bu baglalyşyga Faradeýiň birinji kanuny diýilýär, şu gatnaşygyny aşakda berlen deňlik arkaly aňladýarys:

$$m = k \cdot q \quad (1)$$

munda m – elektroliz wagtynda bölünip çykan maddanyň massasy, q – elektrolitden geçen zarýadyň mukdary, k – proporsionallyk koeffisiýenti bolup, maddanyň elektrohimiiki ekwiwalenti diýilýär.

Maddanyň elektrohimiiki ekwiwalenti elektrolitden bir kulon zarýad geçende elektrodda bölünip çykan maddanyň massasyna san taýdan deň bolan ululykdyr:

$$k = m/q \quad (2)$$

HBS-da elektrohimiiki ekwiwalent birlihi $[k]=\text{kg/C}$ kabul edilen. Dürli maddalaryň elektrohimiiki ekwiwalenti tejribede anyklanan, meselem, kümüş üçin $k = 1,118 \text{ mg/C}$, hlor üçin $k = 0,367 \text{ mg/C}$, mis üçin $k=0,329 \text{ mg/C}$, nikel üçin $k=0,304 \text{ mg/C}$, alýuminiý üçin $k = 0,094 \text{ mg/C}$.

Elektrolit arkaly geçen zarýadyň mukdaryny toguň güýji (I) we toguň geçiş wagty (Δt) arkaly aňladyp, ýagny $k=I \cdot \Delta t$ bolýandygyny hasaba alyp, elektrodda bölünip çykan maddanyň massasy üçin aşakdaky aňlatmany alýarys:

$$m = k \cdot I \cdot \Delta t \quad (3)$$

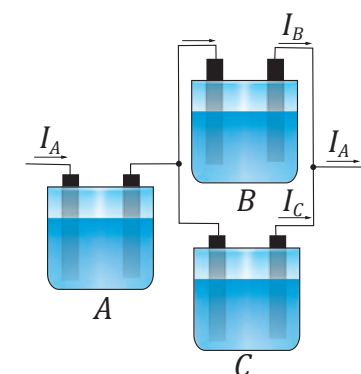
Faradeýiň birinji kanunyny aşakdaky tejribe esasynda barlap görmek mümkin. Üç sany A, B we C wannalara birmeňzeş elektrolitler guýlup, olaryň elektrodлары bir-biri bilen 6.7-nji suratda görkezilişi ýaly birikdirilýär. Surata görä, A elektrolitik wannadan geçýän I tok güýji B we C elektrolitik wannalardan geçýän I_B we I_C tok güýçleriniň jemine deň bolýar: $I_A = I_B + I_C$. (3) formula görä, A, B we C elektrolitik wannalarda elektroliz wagtynda bölünip çykan maddalaryň massalary $m_A = k \cdot I_A \cdot \Delta t$, $m_B = k \cdot I_B \cdot \Delta t$ va $m_C = k \cdot I_C \cdot \Delta t$ üçin $m_A = m_B + m_C$ gatnaşyk ýerlikli bolýar. Bu tejribede tassyklanan.

3. Faradeýiň ikinji kanuny

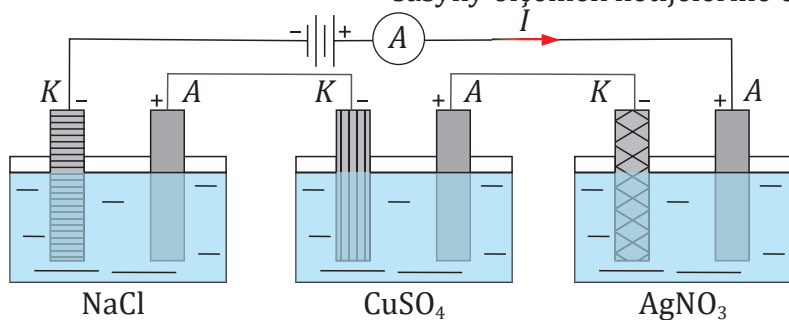
Faradeý köp tejribelerde dürli elektrolitlerden dürli mukdarda zarýad geçiripdir. Ol elektrodlardaky bölünip çykan maddanyň massasyny ölçemek netijelerine esaslany 1833–1834-nji ýyllarda elektroliziň ikinji kanunyny açyş edýär.

Walentlik (Z) – element atomlarynyň himiki baglanyşyklar emele getirmek ukybyny görkezýän karakteristikasy.

Maddanyň mukdary (ν) – berlen maddadaky birmeňzeş görnüşdäki bölejikleriň (atom ýa-da molekullar) sanynyň 0,012 kg ugleroddaky atomlar sanyna gatnaşygyny aňladýan ululykdyr.



6.7-nji surat



6.8-nji surat



Молýар масса (M) – mukdary 1 mol bolan maddanyñ massa sydyr.

Tejribe gurluşyna üns berip seredeliñ. Üç sany elektrolitik wana alyp, olaryñ birinjisine natriý hlorid (NaCl), ikinjisine mis sulfat (CuSO₄), üçünjisine kümüş nitrat (AgNO₃) duzlarynyñ erginlerini salýarys. Elektrolitlere batyrylan elektrodлары geçiriji simler bilen 6.8-nji suratda görkezilişi ýalyzygider birikdirip, tok çeşmesine birikdirýäris. Munda birinji wannanyñ katodynda natriý (Na) we anodynda hlor (Cl₂), ikinji wannanyñ katodynda mis (Cu) we anodynda kislorod (O⁻²), üçünji wannanyñ katodynda kümüş (Ag) we anodynda kislorod (O) bölünip çykýar.

Wannalar yzygider birikdirileni üçin her bir elektrolitden geçýän toguñ güýji I birmeñzeş bolýar. Diýmek, Δt wagt içinde elektrolitler arkaly geçen zarýadyñ mukdarlary $q = I \cdot \Delta t$ hem birmeñzeş bolýar. Emma katodlarda bölünip çykan natriý, mis we kümüş maddalarynyñ massalary dürli bolýar. Muña Na, Cu we Ag -laryñ molýar massalary we olaryñ walentliginiñ dürli bolmagy sebäpdir.

Bu tejribe elektroliz wagtynda her bir wannadaky katodda bölünen maddalaryñ massalary $\frac{M \text{ (molýar massa)}}{Z \text{ (walentligi)}}$ -na göni proporsionaldygyny tassyklaýar.

Elektroliz wagtynda bölünip çykan maddanyñ massasy maddanyñ elektrohimi ekiwalentine hem-de elektroliz wagtynda geçen zarýadyñ mukdaryna göni proporsional bolýar.

Maddanyñ molýar massasynyñ walentligine gatnaşygyna

$\left(\frac{M}{Z}\right)$ **maddanyñ himiki ekiwalenti diýilýär.**

Bir walentli maddanyñ himiki ekiwalenti san taýdan onuñ molýar massasyna deñ. Faradeýiñ ikinji kanuny maddanyñ elektrohimi ekiwalenti bilen onuñ himiki ekiwalentiniñ arasyndaky baglanyşygy aňladýar. Bu kanuny ol tejribeler esasynda anyklapdyr. Faradeýiñ ikinji kanuny aşakdaky ýaly kesgitlenýär:

Maddanyñ elektrohimi ekiwalenti onuñ himiki ekiwalentine göni proporsional:

$$k \sim \frac{M}{Z} \text{ ýa-da } k = \frac{1}{F} \frac{M}{Z} \quad (4)$$

Bu ýerde $1/F$ proporsionallyk koeffisiýenti bolup, ol ähli maddalar üçin hemişelik ululykdyr. Bu aňlatmadaky F ululyga *Faradeýiñ hemişeligi* diýilýär we onuñ san bahasy $F \approx 96500 \text{ C/mol}$ -a deñ.

Faradeýiñ I we II kanunlaryny umumylaşdyrmak üçin $m = k q$ formuladaky k -nyñ ýerine onuñ (4) deňlikdäki aňlatmasyny goýsak, aşakdaky deňlik emele gelýär:

$$m = \frac{1}{F} \frac{M}{Z} \cdot q \quad (5)$$

(5) aňlatma görä elektroliz wagtynda walentligi 1-e deñ bolan 1 mol madda bölünmegi üçin elektrolit arkaly geçýän zarýadyñ mukdary san taýdan Faradeýiñ hemişeligine (96500 kulona) deñ bolmaly. Elektrolitde walentligi Z -a deñ bolan bir mol madda bölünip çykmagy üçin bolsa elektrolit arkaly $Z \cdot 96500$ kulon zarýad geçmeli.

Elektroliz hadysasynda bölünip çykýan maddanyñ massasy alyp geçýän zarýadyñ mukdaryna, maddanyñ atomlarynyñ molýar massasyna we walentligine bagly bolýandyr.

VI BAP. DÜRLI GURŞAWLARD A ELEKTRIK TOGY

Mesele çözmegiñ nusgasy

Kükürt kislotasynyñ ergininden 0,1 A tok geçirip, 1 g wodorod almak üçin näçe wagıt gerek? Wodorodyñ (atom ýagdaýyndaky) molýar massasy 1 g/mol, walentligi 1-e deñ.

Berlen:	Formula:	Çözülişi:
$m = 1 \text{ g} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$ $M = 1 \text{ g/mol} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$ $I = 0,1 \text{ A}$ $Z = 1$ $F \approx 96500 \text{ C/mol}$ $t = ?$	$m = k \cdot q; q = I \cdot t$ $k = \frac{1}{F} \cdot \frac{M}{Z} \quad t = \frac{F}{M} \cdot \frac{Zm}{I}$	$t = \frac{96500}{110^{-3}} \cdot \frac{1 \cdot 110^{-3}}{0,1} \text{ s} \approx$ $\approx 9.65 \cdot 10^5 \text{ s} \approx 268 \text{ sagat}$ Jogaby: $t \approx 268 \text{ sagat}$.



31-nji gönükme

1. Elektrolitik wannadaky duzly erginlerden geçýän tok güýji 4 esse artanda, katodda wagıt birliginde bölünip çykyan maddanyñ massasy nähili üýtgeýär?
2. Eger elektroliz wagtynda CuSO_4 ergininden 100 C elektrik zarýady geçen bolsa, katodda näçe mis bölünip çykar?
3. Metal enjamlara sink bermek üçin elektrolitik wanna massasy 0,01 kg bolan sink elektrod goýlan. Elektrod bütinleý sarp bolmagy üçin wanna arkaly näçe zarýad geçirmeli? Sinkiñ elektrohimi ekiwalenti $3,4 \cdot 10^{-7} \text{ kg/C}$.
4. Elektrolitden geçýän toguñ dykzlygy $4 \cdot 10^4 \text{ A/m}^2$. Elektrolitde 100 s dowamynda bölünip çykan hromuñ galyñlygyny hasaplap tapyñ. Hromuñ dykzlygy $7,2 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$, elektrohimi ekiwalenti $1,8 \cdot 10^{-7} \text{ kg/C}$ -a deñ.
5. Kuwwaty 30 kW we naprýaženiýesi 30 V bolan gurluşyñ bütin energiýasy elektroliz üçin peýdalanylssa, elektrohimi ekiwalenti $3 \cdot 10^{-7} \text{ kg/C}$ bolan maddadan 10 minutda näçe bölünip çykar?



1. Maddanyñ elektrohimi ekiwalenti nähili fiziki mana eýe?
2. Mis sulfat duzunyñ ergininden elektrik togy geçende näme sebäpden SO_4^{2-} ionlary anodda geçýän reaksiýada gatnaşmaýar?
3. Elektroliz wagtynda bölünip çykan maddanyñ massasy şu maddanyñ molýar massasy goni proporsionaldygy tejribede nähili esaslandyrylýar?
4. Elektroliz wagtynda bölünip çykan maddanyñ massasy şu maddanyñ walentligine baglylygyny tejribede nähili barlamak mümkin?



MESELELER ÇÖZMEK

40-njy TEMA

Meseleler çözmegini nusgasy

1. Üstüniň meýdany 25 cm^2 bolan demir çemçäni galyňlygy $0,08 \text{ mm}$ bolan kümüş bilen örtmek üçin kümüş duzunyň ergini arkaly näçe zaryad almaly? Kümüşniň dykzlygy $10,5 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ -a deň.

Berlen:	Formula:	Çözülişi:
$S = 25 \text{ cm}^2 = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$ $d = 0,08 \text{ mm} = 8 \cdot 10^{-5} \text{ m}$ $k = 1,118 \cdot 10^{-6} \text{ kg/C}$ $\rho = 10,5 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ $q = ?$	$m = \rho \cdot V = \rho \cdot S \cdot d;$ $m = k \cdot q;$ $q = \frac{\rho \cdot S \cdot d}{k}$	$q = \frac{10,5 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot 8 \cdot 10^{-5} \text{ m}}{1,118 \cdot 10^{-6} \text{ kg/C}} \approx 1878 \text{ C}$ Jogaby: $q = 1878 \text{ C}.$

2. 42 V naprýaženiýä niýetlenen, peýdaly kuwwaty 10 kW bolan elektroliz gurluşynda 2 sagatda näçe mis maddasy çöker?

Berlen:	Formula:	Çözülişi:
$U = 42 \text{ V}$ $P = 10 \text{ kW} = 10^4 \text{ W}$ $t = 2 \text{ h} = 7,2 \cdot 10^3 \text{ s}$ $k = 0,329 \cdot 10^{-6} \text{ kg/C}$ $m = ?$	$A = q U; A = P t;$ $q = \frac{Pt}{U}; m = kq = k \frac{Pt}{U};$	$m = 0,329 \cdot 10^{-6} \text{ kg/C} \cdot \frac{10^4 \text{ W} \cdot 7,2 \cdot 10^3 \text{ s}}{42 \text{ V}} = 0,564 \text{ kg}$ Jogaby: $m = 0,564 \text{ kg}.$

32-nji gönükme



1. 2 sagat dowam eden elektrolizde katodda 20 mg nikel çöken bolsa, elektroliz wagtynda elektrolitden geçen tok güýji nähili bolupdyr?

2. 12 V naprýaženiýä niýetlenen 6 kW kuwwatly elektroliz gurluşynda 2 sagadyň dowamynda näçe kümüş maddasy çöker?

3. Enjamy nikellemekde 3 sagadyň dowamynda elektrolitden 5 A tok geçip duranda nikel gatlagynyň galyňlygy $0,1 \text{ mm}$ bolupdyr. Nikel örtülen meýdan näçe bolupdyr? Nikeliň dykzlygy 8900 kg/m^3 -a deň.

4. Çemçäni iki walentli nikel bilen örtmek üçin 20 minudyň dowamynda elektrolit arkaly 15 A tok geçirilip duruldy. Çemçä çöken nikel gatlagynyň massasy tapyň.

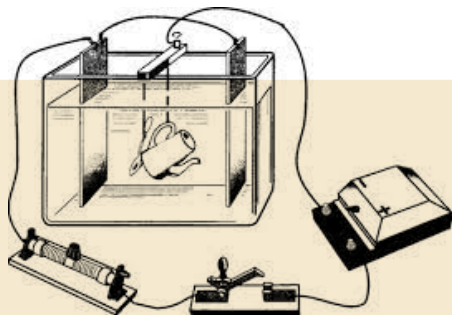
5. Elektrolid ýerine CuSO ergininden peýdalanylypdyr. Misiň elektrohimi ekiwalentini anyklaň.

6. Mis kuporosynyň suwdaky ergininden ybarat bolan elektrolitden $12,5 \text{ C}$ zaryad geçdi. Elektrolite batyrylan katodda näçe mukdar-da mis çöküpdir?

41-nji TEMA

ELEKTROLIZDEN DURMUŞDA WE TEHNIKADA PEYDALANMAK

1. Mis bölüp almak.
2. Galwanostegiya.
3. Galwanoplastika.



Çylşyrymly şekildäki zatlaryň üsti nähili ýol bilen nikel, kümüş, altyn ýaly metallaryň ýuka gatlagy bilen örtülýär?

1. Mis bölüp almak

Elektrotehnikada arassa mis köp peýdalanylýar. Misiň ýokary elektrik geçirijilige eýedigi möhüm ähmiýete eýe. Ýöne misiň düzümine azajyk mukdarda başga maddalaryň girizilmegi, onuň elektrik geçirijiliginiň peselmegine getirýär. Arassa mis dürli garyndylardan aşakdaky usul bilen bölüp alynýar.

Uly göwrümlü elektrolitik wanna mis kuporosynyň ergini bilen doldurylýar. Onuň içine arassa misden taýýarlanan ýuka plastinkalar parallel edip düşürilýär (6.9-njy surat). Elektrik çeşmesiniň otrisatel polýusyna birikdirilýän şeýle arassa mis plastinkalary katod wezipesini ýerine ýetirýär. Katodlaryň arasyna parallel edip galyň anod plastinkalar düşürilýär. Anod wezipesini ýerine ýetirýän plastinkalar arassalanan misden taýýarlanýar. Wagtyň geçmegi bilen katod plastinkalar barha galyňlaşýar, anod plastinkalar bolsa ýukalýar. Wannadan çykaryp alnan galyň plastinka arassa misden ybarat bolýar.

Misden daşary alýuminiý, magniý, natriý, kaliý, kalsiý ýaly metallar hem elektroliz usulynda alynýar. Olardan iň köp peýdalanylýany alýuminiýdir. Eger alýuminiý laboratoriya usuly bilen alynsa, ol altyn ýaly gaty gymmat bolardy.

2. Galwanostegiya

Demirden ýasalan zatlaryň üsti oksidlenmegi netijesinde olar tiz poslaýar. Pos bolsa ýuwaş-ýuwaşdan metaly dargadýar we ondan taýýarlanan zatlaryň deşilip galmagyna sebäp bolýar. Adatda, aňsat oksidlenýän metallardan taýýarlanan zatlaryň üsti kyn oksidlenýän başga metallar, şol sanda nikel, sink, kümüş, altyn ýalylaryň ýuka gatlagy bilen örtülýär. Nikellenen çemçe, pyçak, çäýnek ýaly dürli gap-çanaklardan durmuşda köp peýdalanylýars.



6.9-njy surat



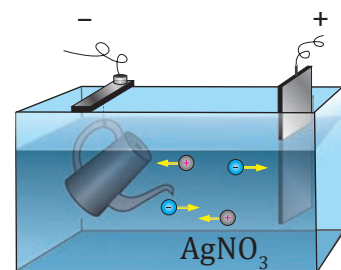
Elektrolizden peýdalanyň, zatlaryň üstüni kyn oksidlenýän metallar bilen örtmek galwanostegiýa diýlip atlandyrylýar.

6.10-njy suratda görkezilen elektrolitik wannalar arkaly mälim wagtyň dowamynda tok geçirip durulsa, zatlaryň üsti kümüş gatlagy bilen örtülýär. Zatlaryň üstüne kümüş çaymak üçin elektrolit hökmünde kümüş duzларыnyň ergini, anod hökmünde kümüş plastinka alynýar. Altyn çaymakda bolsa elektrolit üçin altyn duzларыnyň ergini, anod üçin altyn plastinka peýdalanylýar.

3. Galwanoplastika

Elektroliziň kömeginde çylşyrymly şekildäki üstleriň we zatlaryň anyk nusgalaryny almak mümkin. Meselem, tagta oýup işlenen nagşyň nusgasyny almaly bolsun. Munuň üçin tagtanyň nagşy salnan bölegine örän ýuka edip grafit çalynýar, netijede onuň bu bölegi tok geçirýän bolýar. Taýýarlanan tagta mis kuporosynyň erginine salynýar. Tagtanyň üstündäki grafit geçiriji sim arkaly tok çeşmesiniň ot-risatel polýusyna birikdirilýär, ýagny grafit gatlagy katod wezipesini ýerine ýetirýär. Anod hökmünde bolsa elektrolite düşürilen mis plastinkasyndan peýdalanylýar. Grafitiň üsti ýeterli galyňlykdaky mis gatlagy bilen örtülenden soň elektroliz prosesi togtadylýar we mis gatlak tagtadan bölünip alynýar. Munda mis gatlagynyň şekli tagtanyň üstündäki nagşyň neýetiw (ters) teswirinden ybarat bolýar. Tagtadaky oýuk ýerler mis neýetiwde güberçek bolup, güberçek ýerler bolsa neýetiwde oýuk bolup çykýar. Neýetiw teswir nagşyň hakyky teswirini almak üçin galyp wezipesini ýerine ýetirýär.

Şeýdip alnan neýetiw teswire matrisa diýilýär. (Matrisa latynça söz bolup, ene diýen manyny aňladýar). Matrisa çaphanalarda harplaryň nusgasyny guýmak, medal, teňňe, ştamplary taýýarlamak üçin peýdalanylýan galypdyr.



6.10-njy surat



Şekil emele getirmek üçin zatlaryň üstüne elektrolitik usulda metal çaymak galwanoplastika diýlip atlandyrylýar.



1. Elektroliziň kömeginde bölünip alynýan arassa misiň düzüminde başga maddalaryň atomlary bolmagy mümkinmi? Jogabyňyzy esaslandyryp beriň.

2. Näme sebäpden gap-çanaklaryň üsti kyn oksidlenýän metallar bilen örtülýär?

3. Galwanostegiýada elektrolit hökmünde kislota ýa-da aşgarlaryň suwdaky ergininden peýdalanmak bolarmy?

4. Galwanoplastika üçin nähili metallardan peýdalanmak maksada laýyk?

42-nji TEMA

GAZLARDa ELEKTRIK TOGY

1. Gazlarda elektrik razrýady
2. Gazlaryň ionlaşmagy
3. Gaz razrýadlarynyň görnüşleri



*Ýyldyrymyň we gök gürrüldisiniň tapawudy nämede?
Näme üçin ýyldyrym köplenç köp gatly binalaryň ýo-
karky bölegine düşýär?*

**Gaz arkaly elekt-
rik togunyň geçiş pro-
sesine gaz razrýady
diýilýär.**

**Adaty şertlerde
gaz elektrik toguny
geçirmeýär, ýagny die-
lektrik hasaplanýar.
Gyzdyrmak, güýçli şö-
helenme, elektrik meý-
danynyň täsiri astyn-
da gaz elektrik toguny
geçirýän gurşaw öw-
rülýär.**

Gazlarda elektrik toguny geçirmek hadysasy metallardaky we elektrolitlerdäki tok geçiş hadysalaryndan nähili tapawutlanýar? Gazlarda tok daşayan bölekler nämelerden ybarat? Gazlardan tok geçmek hadysasyndan gündelik durmuşda nähili peýdalanmak mümkin? Bu temada şular ýaly soraglara jogap tapýarys.

1. Gazlarda elektrik razrýady

Tekiz howa kondensatoryny alyp, onuň plastinalaryny elektro-
metre birikdirýäris. Munda elektrometriň strelkasynyň görkezijisi
wagtyň geçmegi bilen üýtgemeyär diýen ýaly, ýagny kondensatoryň
plastinalaryndaky zarýad kemelmeýär (6.11-nji *a* surat). Bu bolsa
kondensatoryň plastinalarynyň arasyndaky howa arkaly elektrik
zarýadynyň geçmeýänligini görkezýär. Diýmek, gurak howany otag
temperaturasynda dielektrik diýip hasaplamak mümkin.

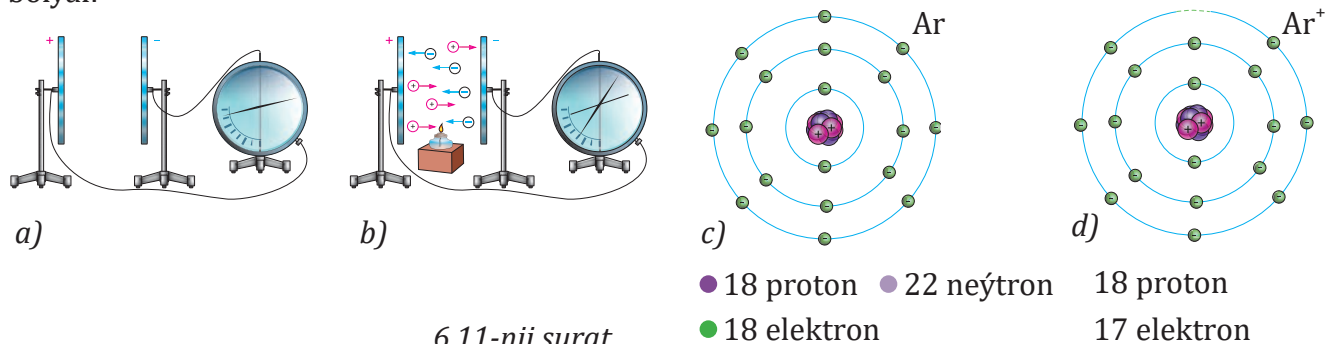
Şem ýakyp, kondensatoryň plastinalarynyň arasyndaky howany
gyzdyralyň. Şol wagt elektrometriň strelkasynyň görkezijisi keme-
lip başlaýar, ýagny kondensatoryň plastinalary zarýadsyzlanýar
(6.11-nji *b* surat). Muňa sebäp kondensatoryň plastinalarynyň
arasyndaky howadan elektrik zarýadynyň akyp geçmegidir. Diýmek,
gyzdyrylan howadan tok geçýär. Gyzdyrylan howa geçiriji bolýar.

2. Gazlaryň ionlaşmagy

Atmosfera dürli gazlaryň goşulyşmagyndan ybarat bolup, atmos-
feranyň aşaky gatlagyndaky howanyň düzüminde göwrüm boýunça
azot (N_2) ~ 78,08%, kislorod (O_2) ~ 20,94%, argon (Ar) ~ 0,93%
we başga gazlar, şol sanda, bogujy gaz (CO_2), neon (Ne), geliý (He),
kripton (Kr), wodorod (H_2), suw bugy (H_2O) ýaly gazlar bar. Otag
temperaturasynda howadaky ähli atomlar we molekulalar neýtral
ýagdaýda bolýar. Howa gyzdyrylanda neýtral atomlar we moleku-
lalar ionlaşýar. Bu hadysanyň nähili geçýändigini argon inert gazy-
nyň mysalynda görüp çykalyň. Argon atomynyň ýadrosynyň töwe-
reginde 18 sany elektron aýlanyp ýörýär. Argon atomlarynyň daşky
elektron gabygynda 8 sanydan elektron bolup, olar doýgun gabyk



hasaplanýar (6.11-nji *c* surat). Argon atomynyň ýadrosy we elektron gabygynda degişlilikde $+18e$ we $-18e$ zarýad bar. Aýratyn alnan Ar atomlary elektrik taýdan neýtraldyr. Gyzdyrylanda Ar atomynyň daşky elektron gabygynda bolan elektronlaryň energiýasy artýar we olardan biri atomy terk edýär: $Ar^0 \rightarrow Ar^+ + e^-$. Bir sany elektronyny ýitiren Ar atomy bolsa položitel Ar^+ ionuna öwrülýär (6.11-nji *d* surat). Şeýlelikde gazda položitel we erkin hereketlenýän elektronlar peýda bolýar.



6.11-nji surat

6.11-nji *b* suratda berlen kondensatoryň plastinalarynyň arasyndaky howa gyzdyrylanda edil Ar^+ ionlary ýaly emele gelen položitel ionlar elektrik meýdanynyň täsirinde kondensatoryň otrisatel zarýadlanan plastinalaryna tarap, otrisatel ionlar we atomlaryndan bölünip çykan erkin elektronlar bolsa kondensatoryň položitel zarýadlanan plastinalaryna tarap hereketlenýär. Netijede howadan tok geçýär. Diýmek, gazlarda elektrik toguny emele getirmek üçin onuň atom ýa-da molekulalaryny ionlaşdyrmak we emele gelen ionlary we erkin elektronlary tertipli herekete getirmek üçin gaza daşky elektrik meýdanyny goýmak gerek bolýar.

Gazlaryň elektrik geçirijiliginde, bir tarapdan, ionlaryň gatnaşmagy elektrolitleriň elektrik geçirijiligine, ikinji tarapdan, elektronlaryň gatnaşmagy metallaryň elektrik geçirijiligine meňzeýär.

Gazlaryň elektrik geçirijiligi položitel we otrisatel ionlar hem-de erkin elektronlaryň tertipli hereketinden ybarat.

Gazdaky erkin elektron we položitel ionlaryň birleşmegi netijesinde ýene-de neýtral atomlaryň emele gelmegi hem mümkin.

Gazy ionlaşdyrýan daşky täsir togtadylan wagtynda zarýadly bölejikleriň rekombinasiýasy sebäpli gazdaky ionlar neýtral bölejiklere öwrülýär we gaz ýene-de dielektrik bolup galýar. Gaz atomlaryny diňe gyzdyrmak ýoly bilen däl-de, eýsem oňa şöhle täsir etmegi ýa-da güýçli elektrik meýdany täsir edip hem ionlaşmagy mümkin. Elektrik meýdanysyz gazyň atom ýa-da molekulalaryny ionlaşdyrýan daşky çeşme *daşky ionizator* diýip atlandyrylýar.

3. Gaz razrýadlarynyň görnüşleri

Gaz razrýady tebigatyna görä özbaşdak we özbaşdak däl razrýadlara bölünýär.

Özbaşdak däl razrýad elektrik meýdanynyň güýjenmesi ýokary bolmadyk, özbaşdak razrýad bolsa güýjenmesi ýokary bolan elektrik meýdanlarynda emele gelýär.

Elektron bilen položitel zarýadly ionlaryň goşulmagy netijesinde neýtral atomlaryň emele gelmek hadysasyna gazlarda zarýadlaryň rekombinasiýasy diýilýär.

Gyzdyrmak, güýçli şöhlelenme, elektrik meýdanynyň täsirinde gazda položitel we otrisatel ionlar hem-de erkin elektronlar emele gelýär. Bular gazlarda elektrik zarýadyny daşýan bölejikler hasaplanýar.

VI BAP. DÜRLI GURŞAWLARDА ELEKTRIK TOGY



Diñe daşky ionizatoryň täsirinde bar bolup, daşky ionizatoryň täsiri togtadylanda söňýän gaz razrýada özbaşdak däl razrýad, daşky ionizatoryň täsiri bolmanda hem bar bolýan gaz razrýadyna özbaşdak razrýad diýilýär.



a)



b)

6.12-nji surat

Gaz razrýadynyň emele gelýän şertine görä özbaşdak razrýad birnäçe görnüşde bolýar: köreýän razrýad, uçgun razrýady, täçli razrýad, ýaý razrýad.

Köreýän razrýad. Ýapyk çüýşe naý alyp, onuň içine iki sany elektrod – anod we katod berkidýäris. Elektrodlara birnäçe ýüz wolt naprýaženiýe berýäris. Naýyň içindäki howanyň basyşy atmosfera basyşyna ($\sim 10^5$ Pa) deň bolanda gaz arkaly elektrik togy geçmeýär. Nasosyň kömeginde naýyň içindäki howany ýuwaş-ýuwaşdan sorup alyp, gazyň basyşyny 10 esse kemeldenimizde ($\sim 10^4$ Pa) gaz razrýady duýlup başlaýar, gazdan tok geçip başlaýar. Gazyň basyşy 20 esse kemelende ($\sim 5 \cdot 10^3$ Pa) katod bilen anodyň aralygyn-da şöhlelenýän şnur peýda bolýar. Basyş 250–350 esse kemelende (~ 300 – 400 Pa) elektrodларыň aralygyndaky naýyň бүтін göwrümini köreýän ýagtylyk örtýär. Şonuň üçin beýle razrýad *köreýän razrýad* diýip atlandyrylýar. Köreýän razrýadda gaz arkaly geçýän tokdyklygy 1 – 5 mA/cm² töwereginde bolýar. Her dürli gazlar her dürli reňkde şöhle saçýan köreýän razrýady emele getirýär (6.12-nji a surat). Köreýän razrýaddan gijeki reklama çyralarynda peýdalanylýar (6.12-nji b surat).

Uçgun razrýady. Howada bir-birinden aýrylan iki sany elektrod alyp, olary ýokary naprýaženiýe çeşmesine birikdireliň. Naprýaženiýe barha arttyrsak, onuň belli bir bahasynda elektrodларыň arasynda ýalpyldylar peýda bolýar (6.13-nji surat). Şeýle ýalpyldy *uçgun razrýady* diýip atlandyrylýar. Uçgun razrýady wagtynda gürrüldýän ses eşidilýär we güýçli ýagtylyk çykýar.

Adatdaky şertde howada elektrodларыň aralygynda elektrik meýdanynyň güýjenmesi $30\,000$ V/cm-e ýetende uçgun razrýady emele gelýär.

Uçgun razrýad tebigatda bulutларыň arasynda (6.14-nji surat) ýa-da bulut bilen ýer üstüniň arasynda (6.15-nji surat) ýyldyrym görnüşinde bolup geçýär. Bulutларыň arasyndaky naprýaženiýe $100\,000\,000$ V-dan hem köp bolmagy mümkin. Ýyldyrym wagtynda beýle bulutларыň arasyndaky howa arkaly geçen toguň güýji $10\,000$ A-a ýetýär. Uçgun razrýadynyň dowamlylygy 1 – 20 ms aralygynda bolýar.

Täçli razrýad. Elektrik meýdanynyň güýjenmesi düýpli üýtgeýji ýiti uçly elektrodларыň töwereginde täçli razrýady emele gelýär (6.16-nji surat). Täçli razrýadyny gök gürrüldili ýa-da tupanly günde tebigy ýagdaýda belent binalарыň ýokarsynda ornaşdyylan ýiti



6.13-nji surat



6.14-nji surat



6.15-nji surat



uçly metal jisimlariň töwereginde (6.17-njy surat), deňizde ýüzýän gämi maçtasynyň ýiti uçly bölekleriniň töwereginde (6.18-nji surat), uçup barýan uçaryň ýiti uçly bölekleriniň töwereginde (6.19-njy surat) görmek mümkin. Täçli razrýadyny diňe bir ýiti uçly elektrodlaryň töwereginde däl-de, eýsem ýokary naprýaženiýeli elektrik liniýalarynda ornaşdyrylan geçiriji simleriň töwereginde hem görmek mümkin.



6.16-njy surat



6.17-nji surat



6.18-nji surat

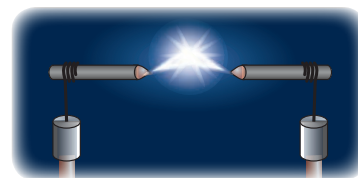
Täçli razrýadyň emele gelmeginiň esasy şerti: elektrodyň ýiti ujunyň töwereginde emele gelen elektrik meýdanynyň güýjenmesi elektrodlaryň töweregindäki şertiň başga bölegine görä örän uly baha eýe bolmaly. Howa üçin normal şertde elektrik güýjenmäniň 30 000 V/cm bahasyndan başlap elektrodyň ýiti ujunyň töwereginde täç şekilindäki parlamak emele gelip başlaýar. Beýle razrýadda ionlaşma hadysasy diňe täçli elektrodyň ýakynynda bolmagy bilen karakterlenýär, ikinji elektrodda bolsa täçli razrýady emele gelmeýär.

Duga razrýady. Iki sany kömür elektrod alyp, olara 40–50 V naprýaženiýe bereliň. Olaryň uçlaryny bir-birine degrip, soň biraz uzaklaşdyrýarys. Munda elektrodlaryň uçlarynyň arasynda gözüňi gamaşdyrýan parlamak – elektrik duga razrýady hasyl bolýar (6.20-nji surat).

Elektrik duga razrýady örän kuwwatly ýagtylyk çeşmesidir. Beýle elektrik dugalaryndan prožektorlarda, maýaklarda, proyeksion apparatlarda (6.21-nji surat) we başga gurluşlarda peýdalanylýar. Duga razrýadynyň temperaturasy örän ýokary bolanlygy üçin metallary eretmekde we kebşirlemekde (6.22-nji surat) peýdalanýarlar. Ýokary hilli polat almakda güýçli elektrik duga peýdalanylýar.

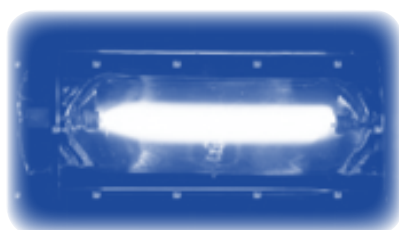


6.19-nji surat



6.20-nji surat

Gaz arkaly elektrik togunyň geçmegine *gaz razrýady* diýilýär. Emele geliş şertine görä gaz razrýady iki görnüşe bölünýär: özbaşdak we özbaşdak däl gaz razrýadlary. Özbaşdak gaz razrýadlary birnäçe görnüşde peýda bolýar: köreýän razrýad, uçgun razrýady, täçli razrýad, duga razrýady.



6.21-nji surat



6.22-nji surat

VI BAP. DÜRLI GURŞAWLARD A ELEKTRIK TOGY

Mesele çözmegiñ nusgasy

Tekiz kondensator 6 kV naprýaženiýeli çeşmä birikdirilen. Eger meýdanyñ güýjenmesi 3 MV/m bolanda howanyñ zarby netijesinde ionlaşma başlansa, plastinkalaryñ arasyndaky aralyk nähili bolanda howanyñ deşilmek hadysasy bolýar?

Berlen:	Formula:	Çözülişi:
$U = 6 \text{ kV} = 6 \cdot 10^3 \text{ V}$ $E = 3 \text{ MV/m} = 3 \cdot 10^6 \text{ V/m}$	$E = \frac{U}{d}$ $d = \frac{U}{E}$	$d = \frac{6 \cdot 10^3 \text{ V}}{3 \cdot 10^6 \text{ V/m}} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 2 \text{ mm}$
$d = ?$		Jogaby: $d = 2 \text{ mm}$.



33-nji gönükme

1. Elektrodla eýe bolan çüýşe kolba seýrekleşen argon gazy bilen doldurylan. Argon atomyny ionlaşdyrmak üçin oña bat bilen urulýan elektron energiýasy $\approx 2,5 \cdot 10^{-18} \text{ J}$ bolmaly. Elektrodla berlen naprýaženiýäniñ täsirinde hereketlenýän elektron Ar atomyny ionlaşdyrmak üçin nähili potentsiallaryñ tapawudyny geçirmeli?

2. Ýyldyrymyñ dowamlylygy 1 ms bolup, bir ýalpyldan wagtynda göçen zarýadyñ mukdary 20 C we naprýaženiýesi 2 GV -a deñ bolupdyr. Ýyldyrymyñ bir ýalpyldandaky toguñ güýji we kuwwaty näçe bolýar? Ýyldyrym 5 gezek ýalpyldan bolsa, näçe energiýa bölünip çykýar?

3. Bulutly günde gysga möhletli ýyldyrym çakanda howadaky gaz razrýadynyñ tok güýji $5 \cdot 10^3 \text{ A}$ -a ýetdi. Munda göçen zarýad mukdary 6 C bolan bolsa, ýyldyrymyñ näçe wagt dowam edendigini tapyň.

4. Wakuumda ýerleşen katod we anod elektrodlaýyna berlen naprýaženiýäniñ täsirinde anoda her sekuntda $4 \cdot 10^{16}$ sany elektron ýetip barsa, anodyñ togy näçe ampere deñ bolar?



1. Gazlarda elektrik togunyñ nähili emele gelyändigini düşündiriň.

2. Gaz atomyny ýa-da molekulalaryny nähili ýollar bilen ionlaşdyrmak mümkin.

3. Gaz razrýadyndan durmuşda we tehnikada nähili maksatlarda peýdalanylýar?

4. Özbaşdak we özbaşdak däl razrýadlaryñ tebigatyny düşündiriň.

5. Gaz razrýady Omuñ kanunyna boýun egýärmi? Pikiriñizi esaslandyryň.

ЎАРЫМГЕЎИРИЈИЛЕР WE OLARYŇ METALLARDAN TAPAWUDY

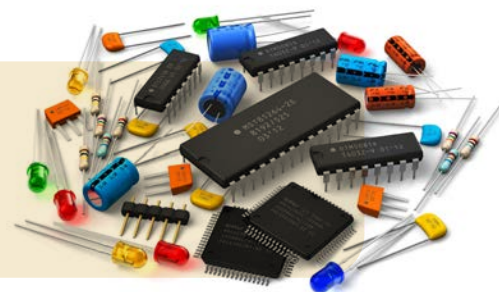
43-nji TEMA



1. ЎарымгеџирџилериŇ metallardan tapawudy
2. Ўарымгеџирџили maddalar

1. *Temperatura gŏterilende metallaryŇ garşylygy năme se-băpden artýar?*

2. *Ўарымгеџирџилерde temperatura gŏterilende garşylygyŇ kemelmegine năme sebăp bolýar diýip piker edýărsiŇiz?*

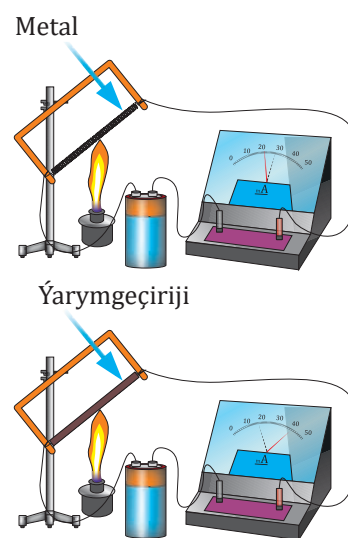


Ўарымгеџирџи maddalaryŇ elektrik geџirџilik tebigatyny bilmek űçin olaryŇ năhili maddalardygyny, năhili gurluřa eýeligi, tok dařayýy bŏlejikleriniŇ nămelerden ybaratlygy, elektrik geџirџiligiŇ nămelere baglylygyny bilmelidir.

1. ЎарымгеџирџилериŇ metallardan tapawudy

Tebigatda řeyle maddalar bar: olarda adatkaky řertde zaryad dařayýlaryŇ erkin elektronlar konsentrasıyasy, ýagny gŏwrűm bir-ligindăki erkin elektronlaryŇ sany geџirџilere gŏră űrăn kiçi, emma dielektriklere (izolýatorlar) gŏră űrăn uly baha eýe bolýar. řol se-băpli olaryŇ elektrik geџirџiligi geџirџileriŇkiden űrăn kiçi, emma dielektrikleriŇkiden űrăn uly bolýar. Beýle maddalara *ýarymgeџirџi-ler* diýip atlandyrylýar. Elektrik geџirџilik tebigaty we aýratynlyklary boýunça ýarymgeџirџi maddalar metallardan tapawut edýăr. Dařky tăsirler, meselem, gyzdymak, ýagtylygyŇ tăsir etmegi ýa-da dűzű-mine bařga himiki element atomlaryny girizmek arkaly ýarymgeџi-rџileriŇ elektrik geџirџiligini dűýpli űytgetmek műmkin. MetallaryŇ bolsa beýle tăsirlerde dűygurlygy űrăn pes. ЎарымгеџирџилериŇ dařky tăsirlerde dűygurlygyndan peýdalanyň olardan dűrli elektron esbap-lar, řol sanda, diodlar, tranzistorlar, mikroshemalar, dolandyryř ele-mentleri, termorezistorlar, fotoelementler, fotodatçikler, fotorezis-torlar, ýagtylyk diodlary we řuŇa meŇzeř esbaplar iřlăp çykarylýar.

Metallar we ýarymgeџirџileriŇ elektrik geџirџiliginiŇ temperatu-ra baglylygyny 6.23-nji suratda gŏrkezilen gurluřyŇ kŏmeginde bar-lap bileris. MunuŇ űçin metal geџirџi we ýarymgeџirџileri milliam-permetr arkaly batareyka birikdirýăris we olary gyzdıryărys. Metaly gyzdıranymyzda zynjırdaky milliampermetriŇ gŏrkezijisi kemelýăr, ýarymgeџirџini gyzdıranymyzda bolsa milli ampermetriŇ gŏrkeziji-si artýar. Diýmek gyzdırylanda metalyŇ elektrik geџirџiligi kemelýăr, ýarymgeџirџiniŇki bolsa artýar.



6.23-nji surat

VI BAP. DÜRLI GURŞAWLARD A ELEKTRIK TOGY

2. Ýarymgeçirijili maddalar

Häzirki günde ýarymgeçirijili elektronika esbaplaryny öndürmekde iň köp peýdalanylýan maddalardan biri kremniý maddasydyr. Çünki kremniý tebigatda giň ýaýran bolup, Ýer gabygynyň ~ 27,6% -i düzýär. Şunuň bilen birlikde kremniý zäherli madda däl, oňa tehnologik bejergi bermek aňsat.

Gündelik durmuşda peýdalanylýan kompýuterler, el telefonlary, smartfonlar, elektron sagatlar, lazerler, radio, telewizor, elektron dolandyryş gurluşlary ýarymgeçiriji maddalaryň esasynda öndürilýär. Ýarymgeçiriji maddalar bolmasa häzirki zaman tehnikasynyň ösüşini göz önüne getirip bolmaýar.



Amaly ýumuş.

Maksady: ýarymgeçirijili fotoelementiň işleýşini öwrenmek.

Gerekli esbaplar: fotoelement, milliampermetr, ýagtylyk çeşmesi, dürli reňkli çüýşeler, birikdirmek üçin simler.

Işň ýerine ýetirilişi

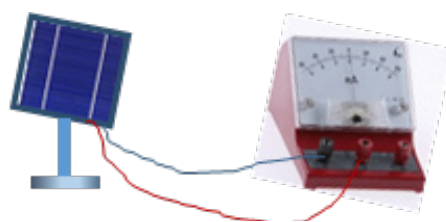
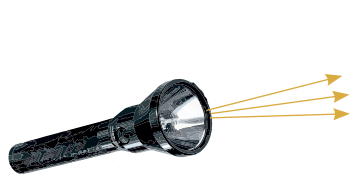
1. Fotoelementi esasa berkidip, birikdiriji simleriň kömeginde ony milliampermetre birikdiriň (surata serediň). Fotoelementiň gysgyçlary bilen milliampermetriň gysgyçlarynyň «+» we «-» polýuslarynyň gabat gelmegine üns beriň.

2. Fonary (ýagtylyk çeşmesi) ýakyp, fotoelementiň üstüni ýagtyldyň.

3. Fotoelementiň meýdanyny güýçli we güýçsüz ýagtylyk şöhleleri bilen ýagtyldyp, milliampermetriň görkezijisine gözegçilik ediň.

4. Fotoelementi dürli reňkdäki şöhleler bilen ýagtyldyp (munuň üçin ýagtylygyň ýoluna dürli reňkdäki çüýşeleri ýerleşdirmek mümkin), milliampermetriň görkezijisine gözegçilik ediň.

Tejribede görenleriňiz boýunça netije çykaryň.



reňkli çüýşeler



1. Temperaturanyň artmagy bilen ýarymgeçirijiniň elektrik garşylygy nähili üýtgeýär? Jogabyňyzy esaslandyryp beriň.

2. Elektrik häsiýetleri boýunça ýarymgeçirijiler metallardan nämesi bilen tapawutlanýar?

3. Nähili häsiýetlerine görä käbir maddalara ýarymgeçirijiler diýilýär?

44-nji TEMA

- Elektron esbaplarda (kalkulyator, smartfonlar, noutbuklar) yarymgeçiriji elementler nāhili wezipeleri yerine yetiriyār?**

A collection of various electronic components including resistors, capacitors, diodes, and integrated circuits.



$\vec{E}$ daşky

←● erkin elektronlaryň tertipli hereketidir

●→ deşiklerini tertipli ugry

6.25-nji surat

Ýarymgeçirijilerde zaryad daşýan bölejikler elektronlar we deşijekler hasaplanýar.

VI BAP. DÜRLI GURŞAWLARDA ELEKTRIK TOGY

Ýarymgeçirijiden geçýän tok güýji (I) elektronlar (I) we deşijekleriň (I) hasyl eden tok güýçleriniň jemine deň:

$$I = I_e + I_k \quad (1)$$

Sap ýarymgeçirijilerde erkin elektronlar we deşijekleriň sany kem bolany üçin olaryň elektrik geçirijilik ukyby kiçi bolýar.

Garyndylarsyz, arassa ýarymgeçirijidäki elektrik geçirijilige hususy geçirijilik diýilýär.

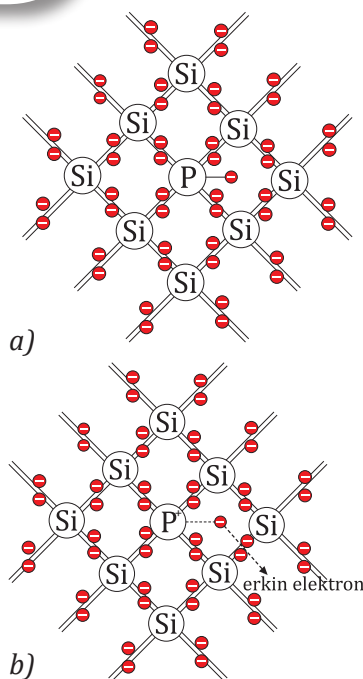
Garyndyly ýarymgeçirijiler

Donor garyndylar. Indi arassa kremniýe azajyk garyndy girizeliň.

Ilki kremniý kristallik gözenegine himiki elementleriň döwürleýin jedweliniň başnji toparynda ýerleşen fosfor (P) elementiniň atomlaryny girizeliň. Fosfor atomynyň daşky elektron gabygynda 5 sany walent elektron bar. Fosfor atomy kremniýniň kristallik gözenegine girizilende ol gözegegiň düwünine ýerleşip, goňşy 4 sany kremniý atomy bilen doýgun kowalent baglanyşyklary emele getirýär (6.26-njy a surat). Munda fosforyň 4 sany walent elektrony gatnaşýar, başnji elektron bolsa himiki baglanyşykda gatnaşman boş galýar we atomyny terk edýär. Bu elektron bütün göwrüm boýunça hereketlenýän erkin elektrona öwrülýär (6.26-njy b surat). Bir sany elektronyny ýitiren fosfor atomy položitel iona öwrülýär. Fosfor ionlary kremniý atomlary bilen berk kowalent baglanyşykda bolanlygy sebäpli bir ýerden başga ýere göçüp ýörmeýär we tok geçirmekde gatnaşmaýar. Diýmek, beýle girizilen atomlar diňe erkin elektronlary emele getirýär. Kristallik gözenegiň düzümine ençeme fosfor atomlaryny girizsek, kremniýde erkin elektronlaryň sany deşijekleriň sanyndan ýiti artyp gidýär. Ýarymgeçirijiniň garşylygy bolsa ýiti kemelýär.

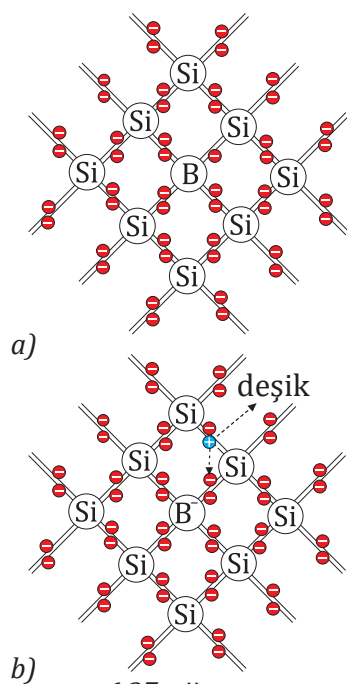
Himiki elementleriň döwürleýin jedweliniň V topar element atomlary (P, As, Sb, Bi) kremniý we germaniýler üçin donor garyndy wezipesini ýerine ýetirýär. Donor garynda eýe bolan ýarymgeçirijilerde esasy tok daşajy bölejikler elektronlar bolanlygy üçin olara n görnüşdäki ýarymgeçirijiler diýilýär.

Akseptor garyndylar. Arassa kremniýniň düzümine bor (B) elementiniň atomlaryny girizeliň. Bor elementi döwürleýin jedweliniň III toparynda ýerleşen bolup, atomyň daşky elektron gabygynda 3 sany walent elektron bar. Bor atomy kremniýniň kristallik gözenegine girizilse, ol gözenegiň düwüninde ýerleşýär we özüne goňşy bolan 4 sany kremniý atomy bilen kowalent baglanyşygy emele getirýär. Emma ähli baglanyşyklar doýgun jübüt elektronly bolmagy üçin bor atomynda bir sany elektron ýetişmeýär (6.27-nji a surat). Bu ýetişmeýän elektrony bor atomynyň töwereginde ýerleşýän kremniý atomlaryndan alýar. Netijede kremniý atomlarynda deşijek hasyl bolýar (6.27-nji b surat). Bir sany elektrony birleşdirip alan bor atomy otrisatel iona öwrülýär. Kristallik gözenegiň düwünlerinde ýerleşen beýle ionlar zarýad daşamakda gatnaşmaýar, çünki olar yerinden göçmeýär. Diýmek, bor atomlary diňe deşijekleriň sanyny artdyrýar, erkin elektronlaryň sany bolsa üýtgemän galýar. Kremniýniň düzümine näçe bor atomy girizilse, şonça deşijek hasyl bolýar.



6.26-njy surat

Ýarymgeçirijiniň düzümine girizilende elektronyny berýän garynda donor garyndy diýilýär.



6.27-nji surat



Ýarymgeçirijiniň düzümine girizilende deşijekli geçirijiligi emele getirýän garyndylara akseptor garyndylar diýilýär.

Himiki elementleriň döwürleýin jedweliniň III topar elementiň atomlary (B, Al, Ga, In) kremniý we germaniýler üçin akseptor garyndy wezipesini ýerine ýetirýär. Akseptor garyndyly ýarymgeçirijilerde deşijekler erkin elektronlara görä örän hem köp bolýar. Şonuň üçin beýle ýarymgeçirijilerde deşijekler esasy zarýad daşaýan, elektronlar bolsa esasy bolmadyk zarýad daşaýan bölekler hasaplanýar. Esasy zarýad daşaýjylary deşijeklerden ybarat bolan garyndyly ýarymgeçirijilere p görnüşdäki ýarymgeçirijiler diýilýär.

Ýarymgeçirijileriň düzümine dürli himiki element atomlaryny girizip, olaryň elektrik geçirijiligini dolandyrmak mümkin.

1. Garyndysyz arassa ýarymgeçirijiler nähili görnüşdäki geçirijilige eýe?
2. Ýarymgeçirijilerde elektron we deşik duşuşanda nähili hadysa ýüze çykýar?
3. Ýarymgeçiriji esasan deşikli geçirijilige eýe. Kristalda nähili garyndy bar?
4. Germaniý düzümine myşýagyň atomlary girizilen. Onda nähili zarýad daşaýjylar esasy hasaplanýar?



Amaly ýumuş

Maksady: ýarymgeçirijiniň elektrik garşylygynyň temperatura baglylygyny öwrenmek.

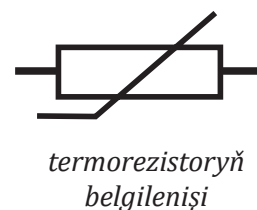
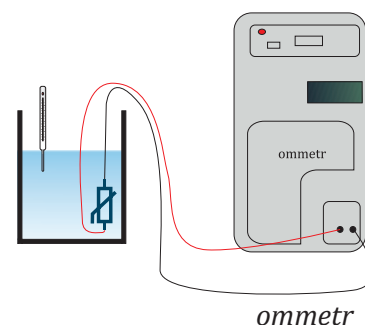
Gerekli esbaplar: termorezistor (ýarymgeçiriji), ommetr, çüýşe gap, termometr, birleşdirmek üçin sim.

Işin ýerine ýetirilişi

1. Çüýşe gaba azrak suw guýuň. Suwa termometri we termorezistorlary düşüriň.
2. Termorezistory ommetre birikdiriň.
3. Termometriň we ommetrleriň görkezijilerine gözegçilik ediň.
4. Çüýşe gaba yzly-yzyna yssy suw guýup, soň temperaturanyň artmagy bilen termometr we ommetrleriň görkezijileriniň nähili üýtgeýändigine gözegçilik ediň.
5. Çüýşe gapdaky suwy sowuk suwa çalşyryň.
6. Çüýşe gapdaky termorezistory metal geçirijä (meselem gyzdyrýan plitanyň spiralyňa) çalşyryň.
6. Çüýşe gapdaky suwa yzly-yzyna yssy suw goşup, suw gyzdygy saýyn termometr we ommetrleriň görkezijileriniň nähili üýtgeýänligine gözegçilik ediň.

Ýadyňyzda saklaň. Ýarymgeçiriji we metal geçirijileriň temperaturasy çüýşe gapdaky suwuň temperaturasy bilen deňleşmegi üçin tejribäni haýalrak ýerine ýetiriň.

Tejribede görenleriňiz esasynda netije çykaryň.



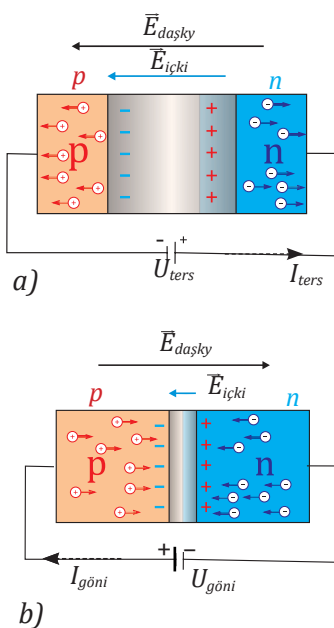
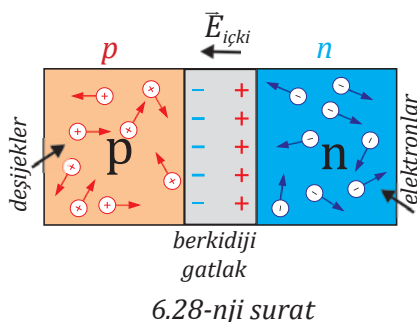
45-nji TEMA

ÝARYMGEÇIRIJILI ABZALLAR WE OLARYŇ TEHNIKAДА PEÝDALANYLYŞY

1. Ýarymgeçirijilerde p - n geçiş.
2. Ýarymgeçirijili diod.
3. Tranzistor baradadüşünje.
4. Integral mikroshemalar.

Ýarymgeçirijilerden taýýarlanan enjamlar gyşyň sowuk hem-de tomsuň yssy günlerinde birmeňzeş işleýärmí?

Häzirki günde elektronikanyň we radiodetallaryň esasy elementleri ýarymgeçiriji maddalar esasynda öndürilýär. Şeýle elementler nähili işleýär? Olarda elektron prosesleri amala aşyryan bölekler nähili gurluşa eýe? Şu temada şular ýaly soraglara durup geçýäris.

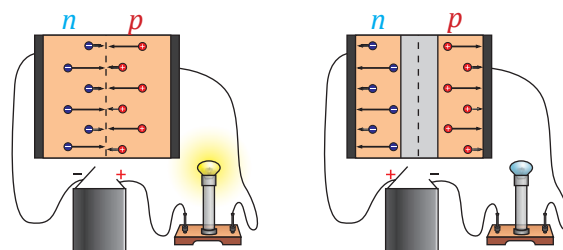


1. Ýarymgeçirijilerde p - n geçiş

Käbir bitewi ýarymgeçiriji kristalynyň bir böleginde n tipli, ikinji böleginde p tipli geçirijilik ýaýlalaryny emele getireliň (6.28-nji surat). p we n ýaýlalaryň özara utgaşýan araçäk böleginde erkin elektronlar desijekleri doldurýar, ýagny elektron-desijek rekombinasiýasy ýüze çykyar. Netijede ýarymgeçirijiniň şu böleginde zaryad daşayjylary bolmandyr diýen ýaly, aýratynlygy dielektrigiňkä meňzeşýaýla emele gelýär. Bu ýaýla erkin elektronlar p ýaýa tarap, desijekler bolsa n ýaýla tarap geçmegine päsgel berýär. Şu sebäpli bu ýaýla berkidiji gatlak diýilýär. Berkidiji gatlakda p tipli ýarymgeçirijä degişli böleginde erkin süýşüp bilmeýän, otrisatel zaryadlanan akseptor atomlary n - tipli ýarymgeçirijä degişli böleginde bolsa položitel zaryadlanan donor atomlary içki elektrik meýdanyny ($E_{içki}$) emele getirýär. İçki elektrik meýdanynyň güýç çyzyklary n tipli ýarymgeçirijiden p tipli ýarymgeçirijä tarap ugrugan bolýar (6.28-nji surat).

Şu ýarymgeçirijini tok çeşmesine birikdireliň. Ilki ýarymgeçirijiniň p ýaýlasyny çeşmäniň otrisatel polýusyna, n ýaýlasyny çeşmäniň položitel polýusyna birikdireliň (6.29-njy a surat). Munda elektronlar çeşmäniň položitel polýusyna, desijekler çeşmäniň otrisatel polýusyna çekilýär. Netijede berkidiji gatlak giňelýär we onuň garşylygy artýar. Ýarymgeçiriji arkaly tok geçmeýär diýen ýalydyr. Şeýle ýagdaý *ters p - n geçiş* diýlip atlandyrylýar.

6.30-nji surat





Indi ýarymgeçirijiniň p ýaýlasyna çeşmesiniň položitel polýusyny, n ýaýlasyna otrisatel polýusyny birikdireliň. Munda elektronlar tok çeşmesiniň otrisatel polýusundan iteklenip, položitel polýusa birikdirilen p -ýaýla çekilýär. Deşijekler bolsa položitel polýusdan iteklenip, n ýaýla çekilýär. Netijede berkidiji gatlak daralýar, onuň garşylygy kemelýär we ondan tok geçip başlaýar (6.29-njy b surat). Şeýle ýagdaý *göni p - n geçiş* diýilýär. Göni p - n geçişde ýarymgeçirijiniň elektrik garşylygy, ters p - n geçişe garanda birnäçe on, käte birnäçe ýüz esse kiçi bolýar. p - n geçişe eýe bolan ýarymgeçirijide elektrik togy diňe bir taraplaýyn geçişini 6.30-njy suratda görkezilen elektrik zynjyrynyň kömeginde görmek mümkin. 6.30-njy a suratda p - n geçiş göni ugurda birikdirilen bolup, zynjyrdan toguň bardygyny lampoçkanyň ýanmagyndan anyklaýarys. 6.30-njy b suratda bolsa p - n geçiş ters ugurda birikdirilen bolup, munda ýarymgeçiriji arkaly tok geçmeýänligini lampoçkanyň ýanmanlygyndan bilýäris.

p - n geçişli ýarymgeçirijileriň elektrik toguny bir taraplaýyn geçirmek aýratynlygyndan ýarymgeçirijili esbaplarda peýdalanylýar.

2. Ýarymgeçirijili diod

Ýarymgeçirijilerde p - n geçiş emele getirmek üçin p we n tipli geçirijilige eýe bolan iki ýarymgeçirijini mehaniki ýagdaýda birikdirmek ýeterli bolmaýar. Çünki bu ýagdaýda olardaky aralyk uly bolýar. p we n ýaýlalaryň arasyndaky galyňlyk atomlary aralyga deň bolýan derejede kiçi bolmaly. Munuň üçin donor garynda eýe bolan n tipli bitewi ýarymgeçiriji, meselem, germaniý (n -Ge) monokristallyny alalyň. Germaniý üstüne p tipli geçirijiligi emele getirýän, himiki elementleriň döwürleýin jedweliniň III topar elementlerinden, meselem, indiiň (In) kiçi bölejigini ýerleşdirýäris (6.31-nji a surat). Soň ony wakuum şertinde $400\text{--}500\text{ }^{\circ}\text{C}$ temperatura aralygynda (In)iň ereme temperaturasy $157\text{ }^{\circ}\text{C}$, Ge-niň ereme temperaturasy bolsa $938\text{ }^{\circ}\text{C}$ -a deň) gyzdyrýarys. Nusga sowadylanda germaniýni In bilen kontaktda bolan ýaýlasynyň daşynda germaniý monokristalynyň içine In atomlarynyň girip galmagy sebäpli p tipli germaniý (p -Ge) gatlagy emele gelýär (6.31-nji b surat). Germaniý monokristalynyň indii atomlary girmedik ýaýlasy öňküsi ýaly n tipli geçirijilige eýe bolýar. Netijede p -Ge we n -Ge gatlaklaryň arasynda p - n geçiş ýaýlasy emele gelýär (6.31-nji b surat).

Bir p - n geçişe eýe bolan ýarymgeçirijili esbaba ýarymgeçirijili diod diýilýär.

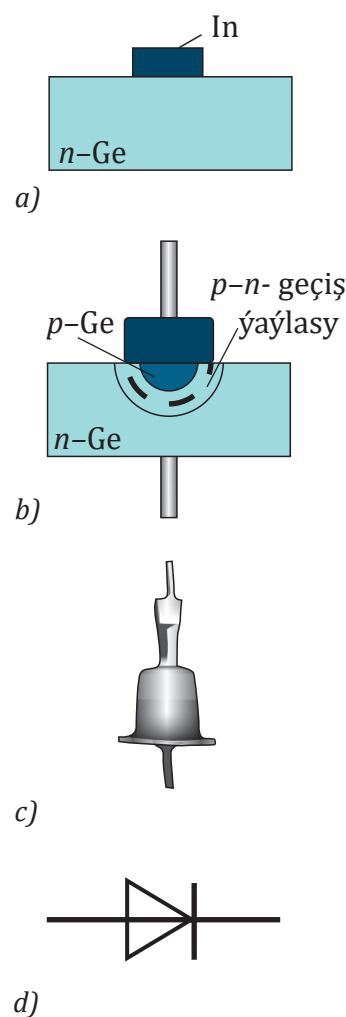
Ýarymgeçirijili dioda ýagtylyk, howa we daşky elektrik, magnit meýdanlarynyň täsirlerini kemeltmek üçin germaniý kristaly germenetik berk metal gabyga ýerleşdirilýär (6.31-nji c surat).

Ýarymgeçirijili diodyň şertli belgisi 6.31-nji d suratda görkezilen.

Ýarymgeçirijili diod bu togy bir taraplaýyn geçiriji p - n geçişe eýe bolan elektron gurluşdyr.

p - n geçişe eýe bolan struktura togy bir taraplaýyn geçirmek aýratynlygyna eýe bolýar.

Ýarymgeçirijili diod bu togy bir taraplaýyn geçirýän p - n geçişe eýe bolan elektron gurluşdyr.

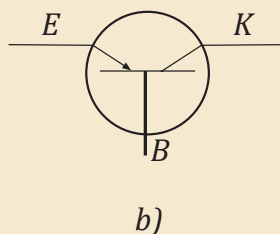
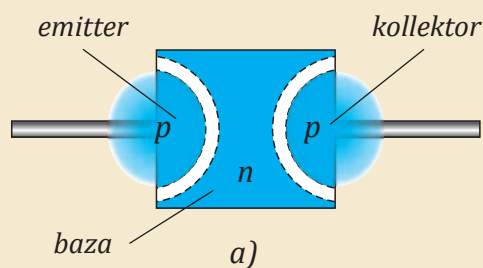


6.31-nji surat

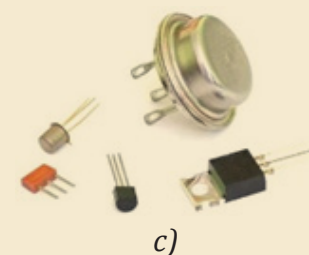
3. Tranzistor barada düşünje

Iki p - n geçişe eýe bolan ýarymgeçirijili sistemany **tranzistor** diýip garamak mümkin. Tranzistoryň kömeginde üýtgeýän elektrik signallar güýçlendirilýär, elektrik yrgyldylar emele getirilýär we dolandyrylýar.

Tranzistory taýýarlamak üçin elektron geçirijilige eýe bolan germaniý kristalynyň garşylykly taraplaryna indiý galaýylanýar. Edil ýarymgeçirijili diody taýýarlamaga meňzeş wakuumda gyzdyrmak ýoly bilen n -Ge-niň iki tarapynda p -Ge gatlaklary alynýar. Germaniý kristalynyň galyňlygy örän kiçi bolýar (birnäçe mikrometr). Ine şu gatlak *tranzistoryň esasy*, ýagny **bazasy** diýlip atlandyrylýar (6.32-nji *a* surat). Onuň deşikli geçirijilige eýe bolan iki tarapyndan çykarylan uçlaryna *emitter* we *kollektor* diýilýär. Şeýle görnüşdäki tranzistora p - n - p strukturaly tranzistor diýlip aýdylýar (6.32-nji *a* surat).



6.32-nji surat



Tranzistor iki p - n geçişden ybarat üç elektrodly (emitter, baza, kollektor) elektron gural bolup, ol elektrik signallary emele getirmek, güýçlendirmek we dolandyrmak wezipelerini ýerine ýetirýär.

Tranzistoryň emitter ýaýlasyndaky deşijekler konsentrasiýasy, bazadaky erkin elektronlaryň konsentrasiýasyna seredende birnäçe esse uly edip taýýarlanýar. p - n - p strukturaly tranzistoryň şertli belgisi 6.32-nji *b* suratda getirilen. Daşky täsirleriň önüni almak maksadynda tranzistorlar daşky tarapdan dürli daşlyklar bilen goralýar (6.32-nji *c* surat).

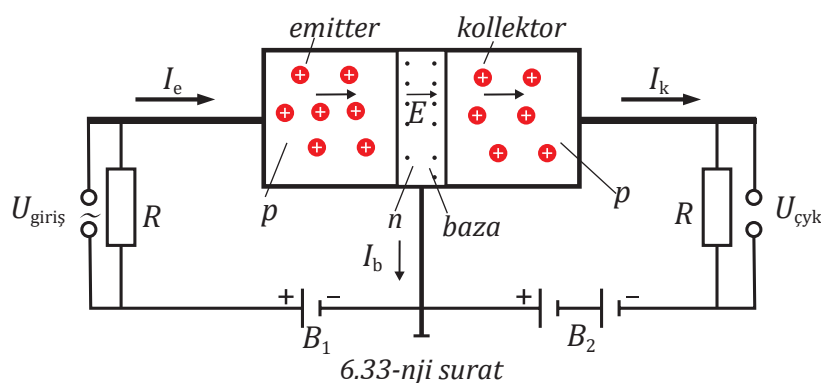
Tranzistoryň işleýşi bilen tanşalyň (6.33-nji surat). Emitter-baza aralygyna birikdirilen B_1 batareýa naprýaženiýesi göni p - n geçişi emele getirýär we emitter toguny (I_e) ýüze çykarýar. Baza-kollektor aralygyndaky B_2 batareýa ters p - n geçişi emele getirýär. Onda kollektorda tok nähili emele geler? Emitter-baza aralygyna goýlan naprýaženiýäniň täsirinde deşijekler baza girip gelýär. Bazanyň galyňlygy örän kiçi bolanlygy hem-de ondaky erkin elektronlaryň konsentrasiýasy kem bolanlygy üçin deşijekleriň örän az bölegine elektronlar bilen birigip, neýtrallaşýar. Köp deşijekler bolsa kollektoryň ýaýlasyna geçýär.

Kollektora B_2 batareýanyň otrisatel polýusy birikdirilenligi üçin deşijekler oňa çekilip, kollektoryň toguny (I_k) emele getirýär. Emitter-baza zynjyryndaky toguň güýji (I_b), emitter-kollektor ugrundaky toguň güýjünden esli kiçi bolýar. Emitter-baza ugrundaky toguň güýji (I_b) nähili üýtgeşe, emitter-kollektor ugrunda geçýän toguň güýji (I_k)



hem edil shayle uytgeyar. Emitter-baza ugrundaky tok dolandyrylyar. Zynjyryñ chykysynda bolsa durnuksyz uly chykys napryazheniyesi (U_{cyk}) Emele gelyar. Shona gorar, tranzistordan durnuksyz tok signallaryny guychlendirmekde peydalanilyar.

Tranzistory tayyarlanda baza hokmunde p tipli yarimgachiriji alynmagy-da mumkin. Bu yagdayda emitter we kollektor yaylasy n tipli yarimgachirijiden tayyarlanlyar. Shayle tranzistora $n-p-n$ strukturaly tranzistor diilyar. Shayle gornushdaki tranzistorlaryñ ishleyis prinsipi $p-n-p$ tipli tranzistordan tapawutlanmayar. Diñe olarda tok kollektordan emittere tarap ugrugan bollyar.



a)



b)

6.34 -nji surat

Integral mikroshemalar

Geçen asyryñ 70-nji ýyllarynda diametri 1 cm bolan yarimgachiriji-li plastinkalarda münlerçe mikroskopik tranzistorlar yerleşdirilen mikroshemalar açyş edildi. Olarda tranzistorlar bilen birlikde diodlar, kondensatorlar, rezistorlar we başga radioelektron elementler hem yerleşdirilenligi üçin olar *integral mikroshema* diýlip atlandyryldy. 6.34-nji a suratda mikroshemalaryñ daşky gornüşü, 6.34-nji b suratda bolsa elektron gurluş platasyna ornaşdyrylan dürli mikroshemalar görkezilen. Integral mikroshemalaryñ açyş edilmegi kiçi bir göwrümde çylşyrymly shemalary yerleşdirmek we stol kompýuterlerini döretmek mümkinçiligini döretti. Ilkinji döwürde radioelementler yarimgachirijili plastinkanyñ üst yaylasynda ýasalan bolsa, soñluk bilen olar plastinkanyñ tutuş göwrümünde emele getirilip başlandy. Olar **mikroçipler** diýlip atlandyrylyp başlandy. Mikroçipler esasynda el telefonlary, göterip gezilyän kompýuter (noutbuk), ş.m. kiçi radioelektron gurluşlar ýasalýar. Häzir teñne ýaly mikroçipde ýüz millionlarça tranzistorlar we radioelementler yerleşdirilyar. Bu diýeni radioelementiñ ölçegi $\sim 10^{-9}$ m töwereginde diýenidir. 10^{-9} m bir nanometre deñ. Shona gorar, shayle mikroshemalary taslamalamak, ýasamak işleri bilen meşgullanýan ugra nanotehnologiya diilyar.

Mikroshemalar, mikroçipler häzirki zaman kompýuterleri, elektron dolandyryş gurluşlarynyñ esasy hasaplanýar.

VI BAP. DÜRLI GURŞAWLARDA ELEKTRIK TOGY



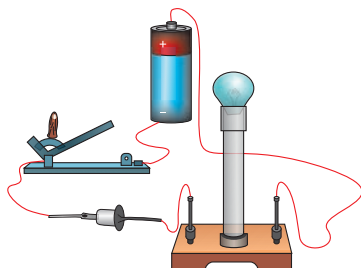
Amaly ýumuş

Maksady: ýarymgeçirijili diody elektrik toguny bir taraplaýyn geçirişine gözegçilik etmek.

Gerekli enjamlar: ýarymgeçirijili diod, tok çeşmei, lampoçka, açar, birikdirmek üçin sim.

Işin ýerine ýetirilişi.

1. Enjamlardan peýdalanyş suratda getirilişi ýaly zynjyr düzüň.
2. Başlangyç ýagdaýda açar açyk bolýar.
3. Açary birikdiriň we lampoçkanyň ýanyşyny synlaň.
4. Açary öçürüň we zynjyra birikdirilen tok çeşmesiniň polýuslaryny üýtgediň.
5. Açary birikdiriň we lampoçkanyň ýanyşyna gözegçilik ediň. Tejribäniň netijeleri esasynda netije çykaryň.



1. *p-n geçişde nähili bölejikler zaryad daşayar?*
2. *p-n geçiş garşylygy oňa goýlan naprýaženiýä nähili bagly?*
3. *Tranzistorda göni we ters p-n geçişler onuň haýsy ýaýlalarynda bolýar?*
4. *p-n-p we n-p-n tipli tranzistorlar nämeleri bilen tapawutlanýar?*
5. *Ýarymgeçirijili diodyň işleýiş prinsipi nähili?*
6. *Tranzistor nähili gurlan?*
7. *Integral shemalar barada nämeleri bilýärsiňiz? Olaryň peýdalanylýan ugurlaryny aýdyň.*



LABORATORIYA IŞI YARYMGEÇIRIJILI DIODYŇ WOLT-AMPER HÄSÝETNAMASYNY ÖWRENMEK

46-njy TEMA

Işñ maksady: ýarymgeçirijili dioddan geçýän tok güýji oňa goýlan naprýaženiýä baglylygyny öwrenmek.

Gerekli esbaplar: ýarymgeçirijili diod (kolodkada); hemişelik tok çeşmesi (36–42 V); açar; geçiriji simler; milliampermetr; reostat; woltmetr (1-nji surat).

Işñ ýerine ýetirilişi

1. Gerekli esbaplar jemlenip, 2-nji suratdaky çyzgy boýunça elektrik zynjyry ýygylýar. Çyzgyda aşakdaky belgiler berlen: M – üýtgemeyän tok çeşmesi; R – reostat; V – woltmetr; mA – milliampermetr; D – diod; K – açar.

2. Açyk (zynjyr üzülen) ýagdaýa getirilýär.

3. Reostatyň süýşürjisini sürüp, woltmetriň görkezijileri 0 V bolýan ýagdaýda goýulýar.

4. Açar birikdirilýär.

5. Reostatyň süýşürjisini sürüp, daşky zynjyra berilýän naprýaženiýe artdyrylyp barylýar. Woltmetriň we milliampermetriň görkezijileri ýazyp barylýar.

6. Ölçeg netijeleri aşakdaky jedwele girizilýär.

U, V									
I, mA									

7. Açar açyk (zynjyr üzülen) ýagdaýa getirilýär.

8. Tok çeşmesiniň polýuslar çalşyrylyp birleşdirilýär we tejribe ýokarda berlen 3–6-görkezijiler boýunça gaýtalanýar.

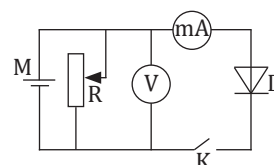
9. Netijelere görä, ýarymgeçirijili dioddan geçýän tok güýjüniň goýlan naprýaženiýä baglylyk grafiki çyzylýar.

10. Ýarymgeçirijili dioddan göni p-n geçmek we tersine p-n geçmek ugrunda geçýän tok güýjüniň goýlan naprýaženiýä baglylygy 3-nji suratdaky grafikde berlen.

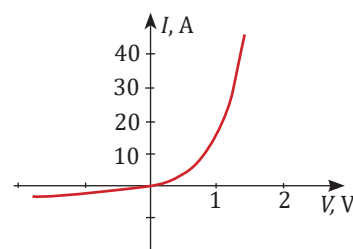
Dioda tersine ugurdaky güýçlenme goýlanda diodyň pasportyn-da ýazylan bahadan uly güýçlenme goýmak mümkin däl.



1-nji surat



2-nji surat



3-nji surat

1. Diod göni birikdirilen ýagdaýda tok güýjüniň goýlan güýjenmesine baglylygy göni çyzykdan ybarat dälidigine üns beriň we sebäbini düşündirmäge synanyşyň.

2. Näme sebäpden ters ugurda güýçlenme goýulsa, ondan biraz mukdarda bolsa hem, tok geçýär?

3. Alnan maglumatlardan peýdalanyp diodyň göni we ters geçiş ugurlary üçin elektrik garşylygyny tapyň.





VI BABA DEĞİŞLİ ÖZBAŞDAK ÇÖZMEK ÜÇİN MESELELER

1. Sink sulfat erginini 1 sagadyň dowamynda elektroliz edende ondan 2,45 g sink bölünip çykdy. Eger elektrolitik wana yzyider birikdirilen garşylykdaky naprýaženiýäniň düşüşi 6 V -a deň bolsa, bu garşylygyň ululygyny tapyň. Sinkiň elektrohimi ekiwalenti $0,338 \cdot 10^{-6}$ kg/C -a deň.

2. CuSO_4 duzunyň suwdaky ergini arkaly alyp barlan elektroliz hadysasynda anoda 10^{20} sany elektron ýetip baran bosa, bölünip çykan kislorodyň massasyny anyklaň.

3. ZnSO_4 ergininden sinki bölüp almak üçin 2 kW·h energiý sarp-lanan. Elektrodларыň arasyndaky potentsiallaryň tapawudy 2 V -a deň bolsa, elektrodda näçe sink massasy bölünip çykýar?

4. Iki sany aýratyn wannada enjamlara elektrolitik ýol bilen bir-meñzeş tok güýjünde mis we kümüş gaplanýar. Eger kümüş gatlagynyň massasy 40,78 g bolsa, mis gatlagynyň massasy nähili bolar?

5. Iki sagatda 8,049 g kümüş bölünip çykmagy üçin elektrolit arkaly geçýän tok güýji nähili bolmaly? Kümüşiň elektrohimi ekiwalenti $1,118 \cdot 10^{-6}$ kg/C -a deň.

6. Eger Ýer bilen buludyň arasyndaky potentsiallaryň tapawudy 10^8 V, razrýad energiýasy $2 \cdot 10^9$ J bolsa, razrýad wagtynda geçen zarýadyň mukdaryny tapyň.

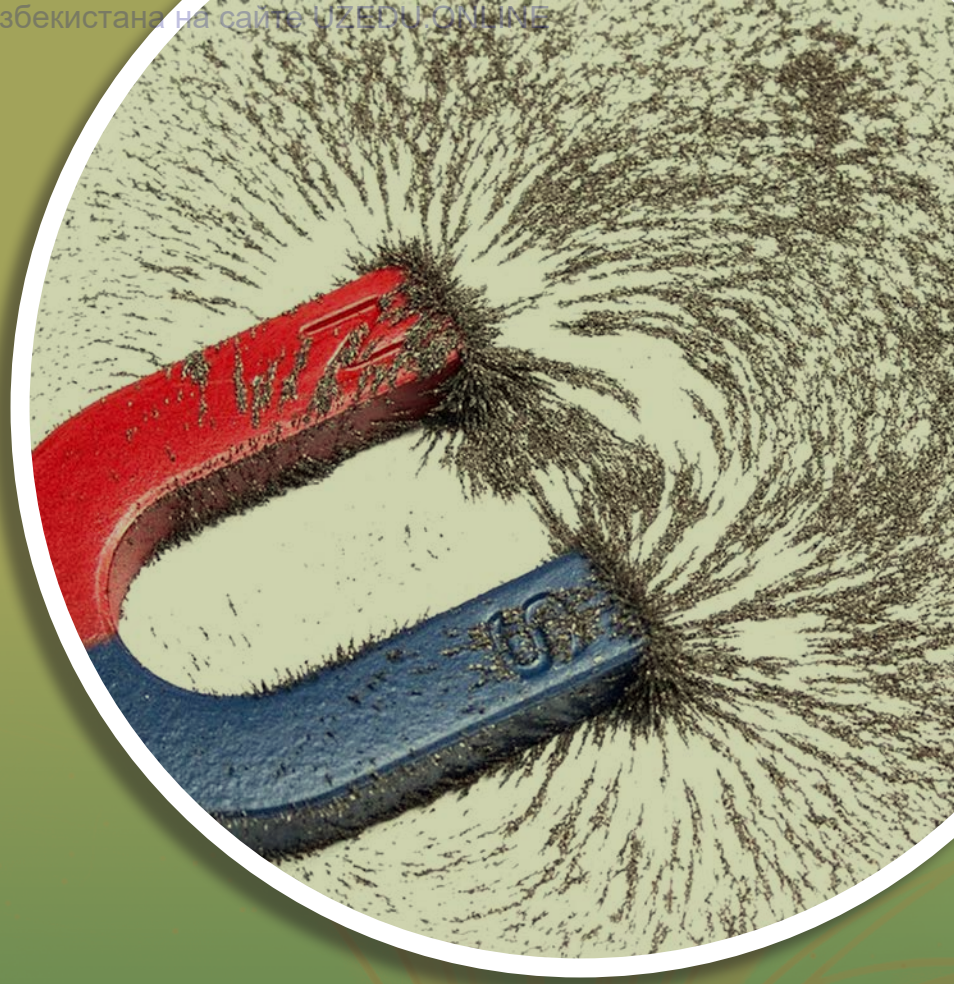
7. Geliý atomynyň ionlanma potentsialy 24,5 V -a deň. Geliý atomyny ionlamak üçin elektron näçe joul energiýa eýe bolmaly? 1 V potentsiallaryň tapawudyny geçen elektron $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ J energiýa eýe bolýar.

8. Azot atomyny ionlamak üçin elektron nähili minimal tizlige eýe bolmaly. Azot atomynyň ionlanma energiýasy $23,2 \cdot 10^{-19}$ J -a deň.

9. Krypton atomyny ionlanma energiýasy $22,2 \cdot 10^{-19}$ J -a deň. Krypton atomyny ionlamak üçin elektrik meýdanynda tizlenýän elektron nähili potentsiallar tapawudyny geçmeli?

10. Garşylyklary deň bolan iki sany termistor hemişelik tok çeşmesine parallel birikdirildi. Termistorlardan biri sowadylanda zynjyryň şahalanmadyk bölegindäki toguň güýji 1,5 esse kemelen bolsa, onuň (termistoryň) garşylygy näçe?

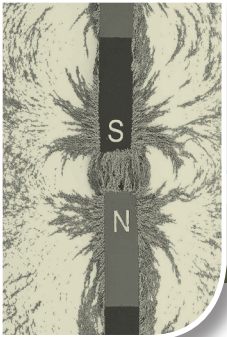
VII BAP



MAGNIT MEYDANY

Siz bu bapda aşakdaky temalar boýunça maglumat alarsyňyz:

- magnit meýdanynyň induksiýasy. Tokly geçirijileriň magnit meýdany;
- magnit meýdanynyň tokly geçirijä täsiri;
- tokly geçirijileriň özara täsiri;
- tokly geçirijini magnit meýdanynda orun üýtgetmekde eden işi;
- magnit meýdanynda zaryadly bölejigiň hereketi;
- üýtgemeýän tok elektrik dwigateli;
- elektromagnit induksiya;
- öz-özünde induksiya. Induktivlik
- toguň magnit meýdanynyň energiýasy. Maddalaryň magnit häsiýetleri.



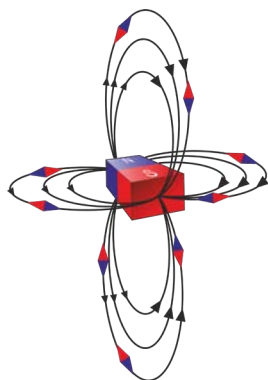
47-nji TEMA

MAGNIT MEYDANYNYŇ INDUKSIYASY. TOKLY GEÇIRIJILERIŇ MAGNIT MEYDANY

1. Magnit meýdanynyň induksiýasy.
2. Tokly göni geçirijiniň magnit meýdanynyň induksiýasy.
3. Tokly töweregiň geçirijiniň merkezindäki magnit meýdanynyň induksiýasy.
4. Tokly tegegiň magnit meýdanynyň induksiýasy.
5. Tokly toroidiň magnit meýdanynyň induksiýasy.



Suratda teswirlenen haýsy jisimler magnite çekilýär?



7.1-nji surat

1. Magnit meýdanynyň induksiýasy

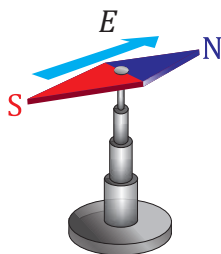
Mälim bolşy ýaly, hemişelik magnitleriň we tokly geçirijileriň arasynda özara täsir güýçleri bar. Magnit meýdanyna girizilen magnitne ýa-da tokly geçirijä magnit meýdan islendik güýç bilen täsir edýär. Magnit meýdanyna girizilen magnit strelkalary islendik ugur boýunça ýerleşýär (7.1-nji surat).

Magnit meýdany magnit meýdanynyň induksiýasy we magnit akymy ýaly fiziki ululyklar bilen häsiýetlenýär.

Magnit akymy bilen soňky temalarda tanyşyarsy.

Magnit induksiýasy wektor ululyk bolup, magnit meýdanynyň güýç häsiýetnamasy hasaplanýar.

Magnit meýdanyna girizilen 1 A toguň güýjüne eýe bolan 1 m uzynlykdaky göni geçirijä meýdan tarapyndan täsir edýän maksimal güýje san taýdan deň bolan ululyga *magnit induksiýasy* diýilýär.



7.2-nji surat

Magnit meýdanynyň induksiýa wektory $\vec{B}$ harpy bilen belgilenýär. Induksiýa wektorynyň ugruny magnit meýdanyna girizilen we erkin hereketlenýän magnit strelkasynyň ýerleşmeginden peýdalanyp anyklamak mümkin.

Magnit induksiýasynyň wektor ugry hökmünde magnit meýdanyna girizilen erkin hereketlenip bilýän magnit strelkasynyň demirgazyk polýusynyň görkeziş ugry kabul edilen (7.2-nji surat).

Hemişelik magnit meýdanynyň induksiýa çyzyklary magnitiň demirgazyk polýusyndan (N) çykýan, günorta polýusyna (S) bolsa girýän ugurda bolýar (7.3 -nji a surat).

Magnit meýdanynyň islendik nokadynda induksiýa wektory meýdanyň güýç çyzyklary boýunça ýerleşýär (7.3-nji b surat).



Magnit meýdanynyň induksiýasynyň birligi üçin HBS-da serbiýaly fizik Nikola Teslanyň hormatyna Tesla (T) kabul edilen.

Eger magnit meýdanynyň ähli nokatlarynda induksiýa wektory üýtgemeyän birmeňzeş baha eýe bolsa beýle magnit meýdanyna birjynsly magnit meýdany diýilýär.

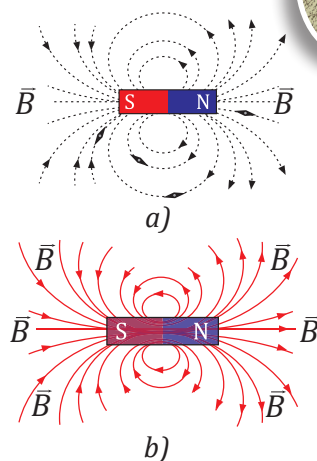
2. Tokly göni geçirijiniň magnit meýdanynyň induksiýasy

Tokly göni geçirijiniň magnit meýdanynyň güýç çyzyklarynyň ugry sag hyrly buraw düzgüninden peýdalanyň kesgitlenilýär.

Göni tok emele getiren magnit induksiýasynyň ($\vec{B}$) wektorynyň ugry, töwerekden ybarat bolan güýç çyzyklary boýunça ugrugan bolýar (7.4-nji surat). Çäksiz uzyn tokly göni geçirijiden d uzaklykda ýerleşen nokatda magnit induksiýasynyň san bahasy geçirijidäki toguň güýjüne göni, aralyga ters proporsional bolup, aşakdaky aňlatmanyň kömeginde kesgitlenýär:

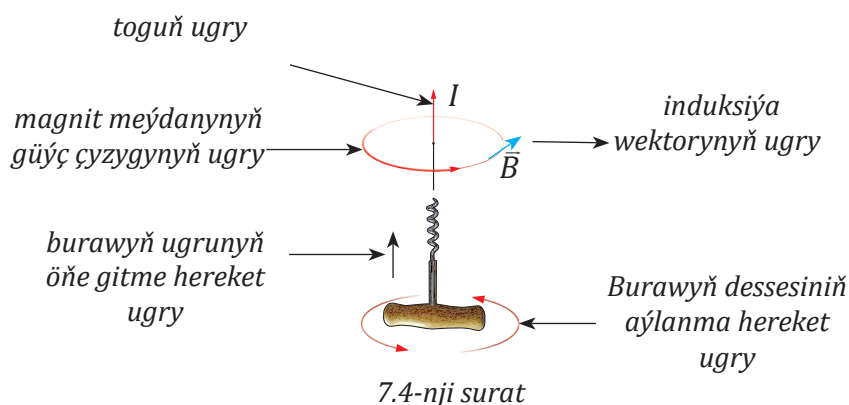
$$B = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I}{d} \quad (1)$$

Bu ýerde μ_0 – skalýar ululyk bolup, **wakuumyň magnit hemişeligi** diýilýär, onuň san bahasy $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N/A}^2$ -a deň.

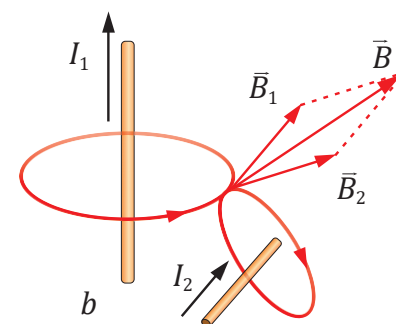


7.3-nji surat

Eger burawyň ujynyň öňe gitme hereketi toguň ugry bilen birmeňzeş bolsa, burawyň dessesiniň aýlanma ugry magnit induksiýasynyň çyzyklarynyň ugruny görkezýär (7.4-nji surat).



7.4-nji surat

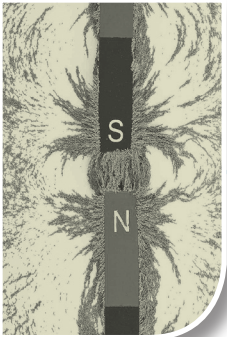


7.5-nji surat

Köp ýagdaýlarda magnit meýdanyny bir sany geçiriji däl-de, eýsem iki ýa-da ondan köp tokly geçirijiler sistemasy emele getirýär (7.5-nji surat). Beýle ýagdaýlarda giňişligiň islendik nokadaky netijeli meýdan induksiýasy her bir tokly geçirijiniň şu nokatdaky magnit meýdan induksiýalarynyň wektor jemine deň bolýar, ýagny:

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3 + \dots + \vec{B}_n \quad (2)$$

Bu netijä magnit meýdany üçin **superpozisiýa prinsipi** diýilýär. Diýmek, magnit meýdanynyň superpozisiýa prinsipi edil elektrik meýdanynyň superpozisiýa prinsipi ýaly bolýar.



VII BAP. MAGNIT MEYDANY

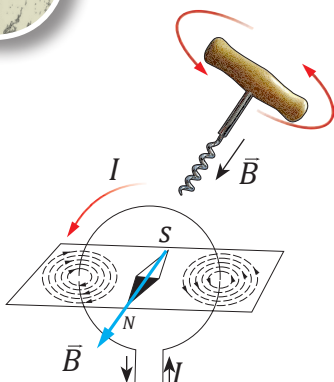
3. Tokly töweregiň geçirijiniň merkezindäki magnit meýdanynyň induksiýasy

Tokly töweregiň geçirijiniň magnit meýdanynyň güýç çyzyklary geçirijiniň töweregini gurşap alýan ýapyk çyzyklardan ybarat bolýar. Töweregiň merkezinden geçýän güýç çyzyklarynyň ugry buraw düzgüniň kömeginde kesgitlenýär. Burawyň dessesiniň aýlanma ugry geçirijidäki toguň ugry bilen birmeňzeş bolsa, burawyň ujunyň öňe gitme hereket ugry induksiýa wektorynyň ugruny görkezýär (7.6-njy a, b suratlar).

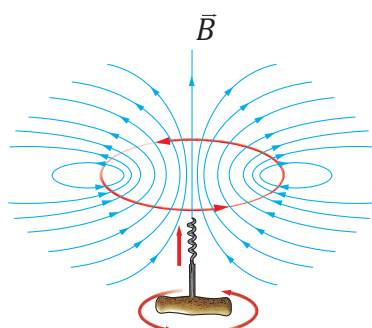
Tokly töweregiň geçirijiniň merkezindäki magnit meýdanynyň induksiýasynyň san bahasy aşakdaky aňlatmanyň kömeginde kesgitlenýär:

$$B = \mu_0 \frac{I}{2R} \quad (3)$$

Bu ýerde: R – töweregiň radiusy, I – toguň güýji.



7.6-njy a surat



7.6-njy b surat

4. Tokly tegegiň magnit meýdanynyň induksiýasy

Geçirijini spiral şekilde orap, tegek alýarys (7.7-nji a surat). Tegekdan tok geçende onuň her bir oramy magnit meýdan emele getirýär. Tegegiň oramlary köp bolanlygy sebäpli tegegiň içindäki netijeli magnit meýdan ýekelenen bir sany geçiriji emele getiren magnit meýdandan birnäçe barabar güýçli bolýar.

Tokly tegek magnit meýdanynyň güýç çyzyklary tegegiň içki böleginde parallel göni çyzyklardan ybarat bolýar. Güýç çyzyklarynyň ugruny sag hyrly buraw düzgüni esasynda anyklamak mümkin.

Eger burawyň tutgujynyň aýlanma ugry tegekdäki toguň ugry bilen birmeňzeş bolsa, burawyň ujunyň öňe gitme hereket ugry güýç çyzygynyň, ýagny induksiýa wektorynyň ugruny görkezýär (7.7-nji b surat).

Tegegiň uzynlygy l -a, sargylarynyň sany N -e, diametri d onuň uzynlygyndan köp esse kiçi bolsun $d \ll l$ (7.8-nji surat). Onda tokly tegegiň içinde emele gelen magnit meýdanyny bir jynsly magnit meýdany diýip garamak mümkin. Tegegiň merkezinde magnit meýdanynyň induksiýasynyň san bahasy aşakdaky aňlatmanyň kömeginde kesgitlenýär:

$$B = \mu_0 \frac{IN}{l} \quad (4)$$

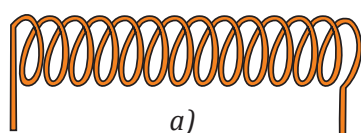
5. Tokly toroidiň magnit meýdanynyň induksiýasy

Halka şekilli esasa oralan spiral geçirijiden düzülen sistema toroid diýip atlandyrylýar (7.9-nji surat).

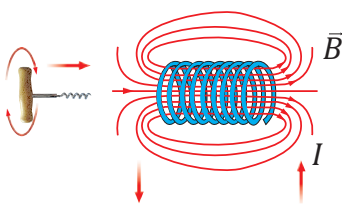
Toroide tok berlende onuň içinde we ondan daşarda magnit meýdany hasyl bolýar. Toroidiň içinde magnit güýç çyzyklary merkezi bir nokatda bolan özara parallel töwereklerden ybarat bolýar. Toroidiň içinde magnit meýdan induksiýasynyň san bahasy aşakdaky aňlatmanyň kömeginde kesgitlenýär:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{2\pi R} \quad (5)$$

Bu ýerde: N – sargylaryň sany, I – tok güýji, R – toroidiň radiusy.

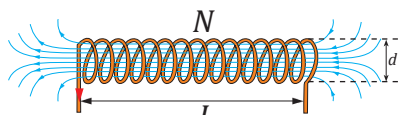


a)



b)

7.7-nji surat



7.8-nji surat



Mesele çözmegiň nusgasy

Sargylarynyň sany 2000 sany okunyň radiusy 15 cm bolan toroidden geçýän toguň güýji 3 A bolsa, toroid okunda ýatan nokatlardaky magnit induksiýasynyň san bahasyny tapyň.

Berlen:	Formula:	Çözülişi:
$N=2000$ $R = 0,15 \text{ m}$ $I = 3 \text{ A}$ $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m/A}$ $B = ?$	$B = \frac{\mu_0 NI}{2\pi R}$	$B = \frac{2000 \cdot 3 \text{ A} \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m/A}}{2\pi \cdot 0,15 \text{ m}} = 8 \cdot 10^{-3} \text{ T}$ Jogaby: $B = 8 \cdot 10^{-3} \text{ T}$

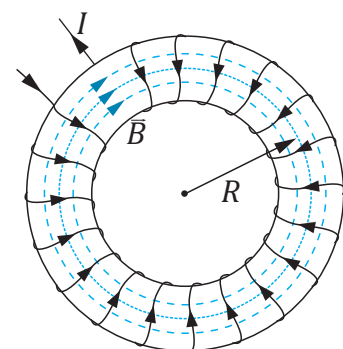
34-nji gönükme

1. Howada ýerleşen çäksiz uzyn geçirijiden 14 A tok geçýän bolsa, geçirijiden 10 cm uzaklykdaky aralykda ýerleşen nokatdaky magnit meýdanynyň induksiýasynyň san bahasyny hasaplaň.

2. Eger radiusy 6,28 cm bolan töwerek şeklindeki tokly geçirijiniň merkezinde emele gelen magnit meýdanynyň induksiýasy $1.4 \cdot 10^{-4} \text{ T}$ -a deň bolsa, geçirijiden geçýän toguň güýjüni tapyň.

3. Induksiýa wektorynyň san bahasy 3 mT bolan we günortadan demirgazyga tarap ugrugan magnit meýdan bilen, induksiýa wektory 4 mT bolan we günbatardan-gündogara tarap ugrugan magnit meýdan giňişligiň islendik ýerinde kesişýär. Netijeli magnit meýdanynyň induksiýa wektorynyň ululygyny we ugruny anyklaň.

4. Radiusy 5 cm bolan töwerek geçirijiden 2 A tok geçýär. Şu oramyň merkezindäki nokatda emele gelen magnit meýdanynyň induksiýasynyň wektorynyň san bahasyny tapyň.



7.9-njy surat

1. Magnit meýdan induksiýasy diýende nämäni düşüňärsiňiz we ol nähili birlikde ölçenýär?

2. Göni we nal şekilli magnitleriň magnit meýdanynyň güýç çyzyklary nähili şekile eýe ?

3. Toguň ugry birmeňzeş we garşylykly bolan parallel göni çäksiz uzyn geçirijiler emele getiren magnit meýdanynyň güýç çyzyklaryny çyzgyda teswirläň.

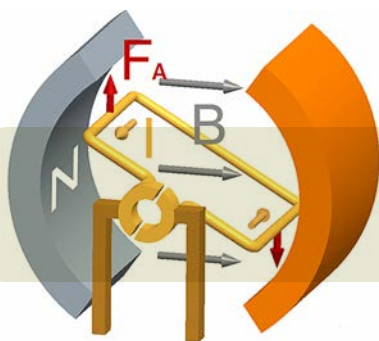
4. Size biri hemişelik magnit, ikinjisi edil şu ululyga eýe bolan demir bölegi berlen. Diňe berlen jisimlerden peýdalanyp, olardan haýsy biriniň magnit we haýsy biriniň demirdigini nähili anyklamak mümkin?



48-nji TEMA

MAGNIT MEYDANYNYŇ TOKLY GEÇIRIJÄ TÄSIRI

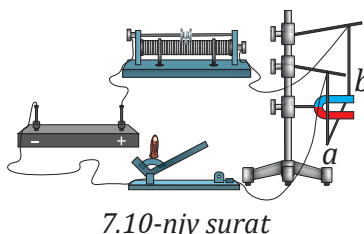
1. Amper güýji.
2. Çep el düzgüni.
3. Bir jynsly magnit meýdanynda tokly ramkany aýlandyrýan moment.
4. Elektrik ölçeg esbaplary.



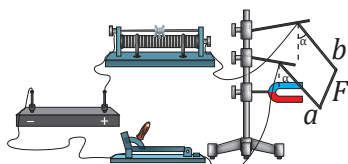
Nähili güýç magnit meýdanda ýerleşen tokly ramkany herekete getirýär?

1. Amper güýji

Magnit meýdanyň tokly geçirijä täsirini 1820-nji ýylda Amper tejribede anyklapdyr.



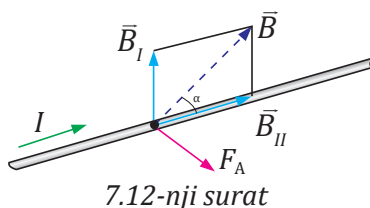
7.10-njy surat



7.11-nji surat

Tejribäni görmek üçin ştatiwe erkin asylan ab göni geçiriji nal şekilli magnitiň ortasyna ýerleşdirilýär. Birikdirilýän simlerden peýdalanyp *ab* geçiriji açar arkaly tok çeşmesine birikdirilip, ýapyk zynjyr alynýar. Munda geçirijiniň magnit meýdanynda ýerleşen böleginiň uzynlygy Δl -a deň bolsun. Zynjyr üzük bolanda *ab* geçiriji asylan sim wertikal ýagdaýda bolýar (7.10-njy surat). Zynjyrdaky açar birikdirilende geçiriji herekete gelýär we ol magnitden gaçýar (7.11-nji surat). Geçirijiden tok geçende oňa magnit tarapyndan F güýç täsir edýär. Geçiriji asylan sim wertikaldan islendik α burça gysarýar. Eger magnitiň polýuslary çalşyryp ornadylsa, geçirijä täsir edýän güýç özüniň ugruny üýtgedýär, netijede geçiriji nal şekilli magnite çekilýär. Eger magnitiň ýagdaýyny üýtgetmän geçirijidäki toguň ugry üýtgedilse, bu ýagdaýda hem geçirijä täsir edýän güýjüň ugry garşylykly tarapa üýtgeýär.

Magnit meýdany tarapyndan şu meýdanda ýerleşen tokly geçiriji bölegine täsir edýän güýç (F) tok güýji (I)ne, geçirijiniň uzynlygyna (Δl), magnit induksiýasyna (B) we toguň ugry bilen induksiýa wektorynyň ugrunyň arasyndaky α burçunyň sinus bahasyna göni proporsional (7.12-nji surat).



7.12-nji surat

$$F = I \cdot B \cdot \Delta l \sin \alpha \quad (1)$$

Bu aňlatma bilen anyklanýan güýje Amper güýji diýilýär.

(1) aňlatma bir jynsly magnit meýdan üçin ýerliklidir, ýagny geçirijiniň ähli nokatlarynda induksiýa wektorynyň san bahasy we ugry birmeňzeş bolan ýagdaý üçin yerlikli. Eger induksiýa wektory tok ugruna garanda dik ($\alpha = 90^\circ$) ýerleşen bolsa, tokly geçirijä täsir edýän Amper güýji iň uly bahasyny gazanýar, ýagny $F_{\max} = I \Delta l B$



bol'yar. Bu ýagdaýda magnit induksiýasy üçin aşakdaky aňlatma eýe bolýarys:

$$B = \frac{F_{max}}{I \cdot l} \quad (2)$$

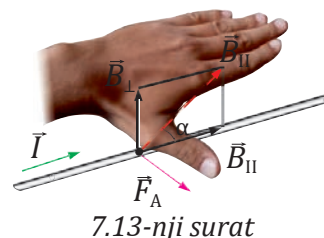
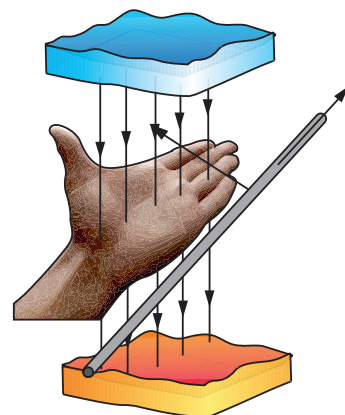
Bu aňlatma görä, magnit induksiýasynyň fiziki manysyny kesgitlemegimiz mümkin: magnit induksiýasy bir jynsly magnit meýdanyň güýç çyzyklaryna perpendikulýar ýerleşen, uzynlygy 1 m we geýýän tok güýji 1 A bolan göni geçirijä magnit meýdan trapyndan täsir edýän güýje san taýdan deň bolan ululykdyr.

$$[B] = \frac{1N}{1A \cdot 1m} = 1T \quad (\text{Tesla}).$$

2. Çep el düzgüni

Magnit meýdany tarapyndan tokly geçirijä täsir edýän güýjüň ugruny çep el düzgüninden peýdalanyň anyklamak mümkin (7.13-nji surat).

Magnit meýdanyna çep elimizi şeýle ýerleşdirýäris, munda, elimiziň aýasyna magnit meýdanynyň güýç çyzyklary girsin. Dört barmagyň ujunyň ugry geçirijidäki toguň ugry bilen gabat gelse, 90 -a açylan baş barmak geçirijä täsir edýän Amper güýjüniň ugruny görkezýär.



7.13-nji surat

3. Bir jynsly magnit meýdanynda tokly ramkany aýlandyryýan moment

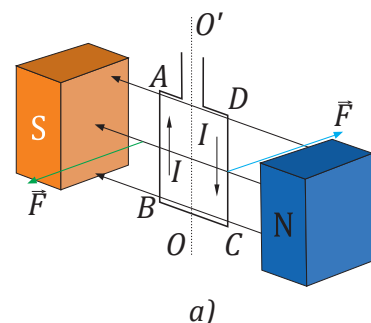
Eger magnit meýdana tokly ramka girizilse, onuň islendik burça agýanlygyny görmegimiz mümkin (7.14-nji surat). Näme üçin tokly ramka magnit meýdanda burulýar?

Gönburçluk şekilindäki ramkanyň emele getiren meýdany güýç çyzyklaryna parallel ýagdaýda ýerleşen bolsun. Ramkanyň uzynlygy l bolan AB we DC taraplaryndan ($l = AB = DC$) akyp geýýän tok güýji I -a deň bolsa (7.14-nji a surat), şu bölümlere bir jynsly magnit meýdan tarapyndan täsir edýän Amper güýjüniň bahasy aşakdaky deň bolýar:

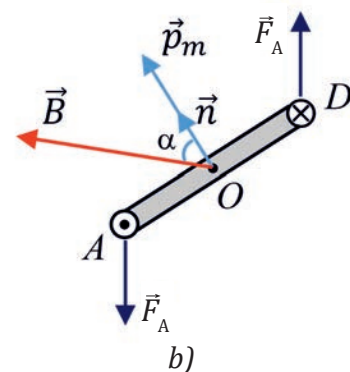
$$F_A = I \cdot B \cdot l. \quad (3)$$

Bu güýjüň ugry çep el düzgüniniň kömeginde anyklanýar. AB we DC bölümlere täsir edýän güýçleriň modullary deň bolup, garşylykly tarapa ugrugan bolýar. Şol sebäpden, tokly ramka magnit meýdany tarapyndan jubüt güýç täsir edýär. Jubüt güýçleriň täsirinde tokly ramka burulýar. Bu jubüt güýçler ramkanyň OO' aýlanma okuna görä aýlandyryjy momentleri emele getirýär.

7.14-nji a suratdan görnüşi ýaly, ramkanyň tekizligi magnit induksiýa wektoryna parallel bolanda ramkanyň AB we DC bölümlerine täsir edýän güýçleriň egni $d/2$ -a deň ($d=AD=BC$). Eger ramka islendik burça

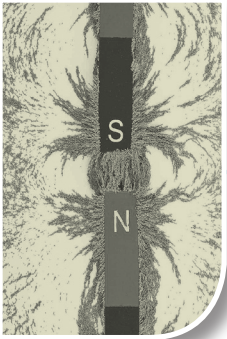


a)



b)

7.14-nji surat



VII BAP. MAGNIT MEYDANY

öwrülse, güýçleriň egni üýtgeýär. Güýç egniniň üýtgeýşini anyklamak üçin ramka tekizligine dik ýerleşen normal ($\vec{n}$) wektoryny geçireliň (7.14 b-nji surat, ramkanyň üstki böleginden görünýän proyeksiýasy). $\vec{n}$ wektory bilen induksiýa B wektorynyň arasyndaky burç α -a deň bolsun. Bu ýagdaýda jübüt güýçleriň egni $d/2 \cdot \sin \alpha$ -a deň bolýar. Ramkany aýlandyrýan güýç momentleri bolsa aşakdaky aňlatma bilen anyklanýar:

$$M_1 = M_2 = F_A \cdot \frac{d}{2} \cdot \sin \alpha \quad (4)$$

Ramkany aýlandyrýan doly moment M_1 we M_2 momentler jemine 7.14-nji surat deň bolýar:

$$M = M_1 + M_2 = F_A \cdot d \cdot \sin \alpha = IBl \cdot d \cdot \sin \alpha \quad (5)$$

Ramkanyň meýdany $S = l \cdot d$ bolýanlygyny hasaba alsak,

$$M = I \cdot S \cdot B \cdot \sin \alpha \quad (6)$$

Eger $\alpha = \pi/2$ bolsa, magnit meýdan induksiýasy aşakdaka deň bolýar:

$$B = \frac{M_{\max}}{IS} \quad (7)$$

Ramkadaky tok güýjüniň ramka emele getiren meýdanyna köpeltmek hasylyna (p_m) tokly ramkanyň magnit momenti diýilýär:

$$p_m = I \cdot S. \quad (8)$$

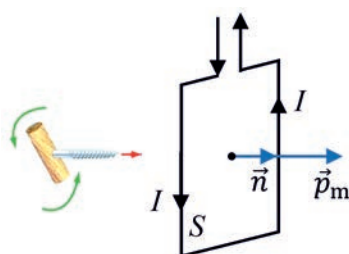
Tokly ramkanyň magnit momenti wektor ululyk bolup, onuň ugruny sag wintli parma düzgüni esasynda tapmak mümkin. Parma tutgujynyň aýlanma hereket ugry ramkadaky toguň ugry bilen birmeňzeş bolsa, parmanyň ujunyň öňe süýşme hereket ugry tokly ramkanyň magnit momentiniň ugruny görkezýär (7.15-nji surat).

Ramkanyň tekizligine geçirilen normal wektor ($\vec{n}$) yň ugry ramkanyň magnit momenti $\vec{p}_m$ wektorynyň ugry bilen birmeňzeş bolýar

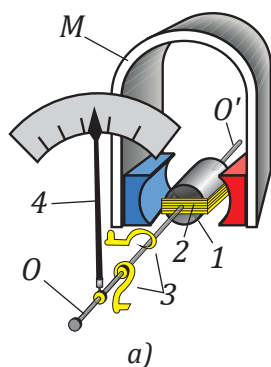
(7.15-nji surat). Tokly ramkanyň magnit momenti HBS-da $[p_m] = A \cdot m^2$ da ölçenýär.

4. Elektrik ölçeyiş esbaplary.

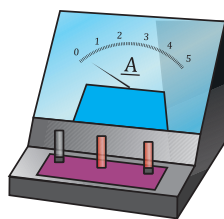
Ençeme elektrik esbaplarynyň işleýşi tokly geçiriji bilen hemişelik magnidiň özara täsirleşmegine esasanan. Ynha şeýle elektrik ölçeg esbaplaryndan biriniň düzülişi 7.16 a-njy suratda berlen. Güýçli magnit (M) polýuslaryň arasyna demir esas (1) berkidilen bolup, onuň üstüne simli ramka (2) geýdirilen. Simli ramka OO' oka birleşdirilen. Şu bilen bile OO' oka metal pružinler (3) we strelka (4) berkidilen. Bu bolsa simli ramka bir wagtyň özünde strelka we pružinlary bir bitewiligine OO' okuň töwereginde aýlanma herekete getirmäge mümkinçilik berýär. Simli ramka elektrik togy pružinler arkaly berilýär. Bu pružinler ramka tok berilmedik wagtynda strelkany şkalalan-



7.15-nji surat



a)



b)

7.16-njy surat



yn nolynjy halatynda saklap durýar. Enjam elektrik zynjyryna birleşdirilende simli ramkadan tok geçýär we magnit meýdanyň täsirinde burulýar. Ramkanyň öwrülmegi we strelkanyň gysarmagy pružiniň maýyşgaklyk güýji we Amper güýçleri deňleşýänçä dowam edýär. Esbap elektrik zynjyryna yzygider birikdirilende zynjyrdan we esbapnyň tegeginde geçýän tok güýçleri özara deň bolany üçin strelkanyň öwrülme burçy tok güýjüne proporsional bolýar. Bu ýagdaýda esbap ampermetr hökmünde peýdalanylýar (7.16-njy b surat).

Häzirki günde sanly signallar bilen işleýän elektrik ölçeg esbaplaryndan giňden peýdalanylýar. Olar ýarymgeçirijili *p-n*- geçişe esaslanan mikroshemalaryň kömeginde analog signallaryny sanly signallara öwürmek prinsipi esasynda işleýär. Beýle esbaplar köp funksionally bolup, bir sany guryşyň özi üýtgeýän we hemişelik toguň güýji, naprýaženiýesi, ulanmak üçin bölünýän toguň kuwwaty, elektrik garşylyk, elektrik sygymy, ýygylýk ýaly ululyklary ölçemek mümkinçiligine eýe. Olar multimetrler diýip hem atlandyrylýar. 7.17-nji suratda şeýle gurluşlardan biriniň daşky görnüşi berlen.



7.17-nji surat

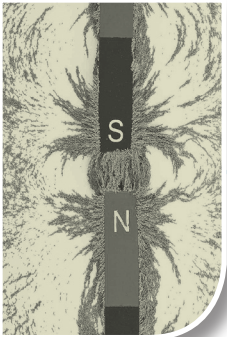


1. Nāme üçin bir jynsly magnit meýdana girizilen tokly göni geçiriji öňe süýşme, tokly ramka bolsa aýlanma herekete gelýär?
2. Bir jynsly magnit meýdana girizilen tokly ramka täsir edýän güýç nähili anyklanylýar?
3. Nāme sebāpden magnit meýdanyna girizilen tokly ramka aýlandyryjy moment täsir edýär?
4. Tokly ramka täsir edýän jübüt güýçler momentini awtomobil rulunyň mysalynda düşündiriň.
5. Magnit meýdanyň tokly ramka täsiri esasynda işleýän gurluşlara mysallar getiriň.

Mesele çözmegiň nusgasy

Meýdany 20 cm^2 , oramlar sany 100 sany bolan simli ramka magnit meýdana ýerleşdirilen. Ramkadan 2 A tok geçende onda $0,5 \text{ mN} \cdot \text{m}$ maksimal aýlandyryjy moment hasyl bolýar. Magnit meýdanyň induksiýasyny anyklaň.

Berlen:	Formula:	Çözülişi:
$S = 20 \text{ cm}^2 = 20 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ $N = 100 \text{ ta}$ $I = 2 \text{ A}$ $M_{\max} = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{m}$ $B = ?$	$M_{\max} = N \cdot I \cdot B \cdot S$ $B = \frac{M_{\max}}{N \cdot I \cdot S}$	$B = \frac{0,5 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{m}}{100 \cdot 2 \text{ A} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2} = 1,25 \cdot 10^{-3} \text{ T} = 1,25 \text{ mT}$ Jogaby: $B = 1,25 \cdot 10^{-3} \text{ T}$



35-nji gönükme

1. Bir jynsly magnit meýdan güýç çyzyklaryna görä 30° burç astynda ýerleşen, uzynlygy 25 cm bolan göni geçirijä meýdan tarapdan 3 N güýç täsir edýär. Eger geçirijidäki tok güýji 30 A bolsa, magnit meýdan induksiýasynyň san bahasyny tapyň. Meseläniň çyzgysyny çyzyň we wektor ululyklarynyň ugurlaryny görkeziň.

2. Bir jynsly magnit meýdanynda duran meýdany 1 cm^2 bolan ramka täsir edýän maksimal aýlandyryjy moment $2 \mu\text{N}\cdot\text{m}$ -a deň. Ramkadan geçýän tok güýji 0,5 A -a deň. Magnit meýdan induksiýasynyň san bahasyny tapyň.

3. Bir jynsly magnit meýdana ýerleşdirilen 0,4 m uzynlykdaky göni tokly geçirijä $9 \cdot 10^{-2} \text{ N}$ Amper güýji täsir edýär. Eger geçirijidäki tok güýji 10 A, meýdan induksiýasy $7,6 \cdot 10^{-2} \text{ T}$ bolsa, tok ugruny we magnit meýdanynyň induksiýa wektorynyň ugrunyň arasyndaky burçy anyklaň.

4. Induksiýasy $2 \cdot 10^{-2} \text{ T}$ bolan bir jynsly magnit meýdanynyň güýç çyzyklaryna perpendikulýar ýerleşen 0,5 m uzynlykdaky tokly geçirijä meýdan tarapdan 0,15 N güýç täsir edýän bolsa, ondan akyp geçýän toguň güýjüni tapyň.



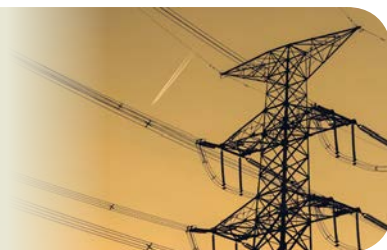
TOKLY GEÇIRIJILERIŇ ÖZARA TÄSIRI

49-njy TEMA

1. Tokly göni parallel geçirijileriň täsirleşmegi.
2. Parallel toklaryň özara täsir güýji.

Elektrik energiýasynyň geçiriji liniýalaryndaky geçiriji simleriň arasynda özara täsir güýçleri barmy?

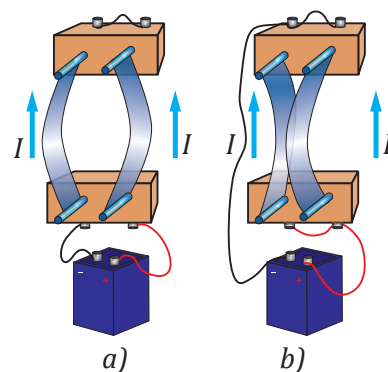
Eger bar bolsa, bular nähili güýçler we bu täsirleşme nähili häsiýete eýe?



1. Tokly göni parallel geçirijileriň täsirleşmegi

Edil elektrik zarýadlary ýaly tokly geçirijileriň arasynda hem özara täsir güýçleri bar bolýar. Emma elektrostatik güýçler bilen magnit täsir güýçleri bir-birinden tapawut edýär. Muny amalda görmek üçin iki elastik geçirijini alyp, olary wertikal ýagdaýda esasa berkidýäris.

Eger geçirijileriň ýokrký bölegini sim bilen birleşdirsek, geçirijilerden garşylykly ugurda tok akýar (7.18-nji a surat). Netijede geçirijiler bir-birinden itekleşip, arasyndaky aralyk artýar. Eger geçirijilerden birmeňzeş ugurda tok akýşyny üpjün etsek, geçirijiler bir-birine çekilýär (7.18-nji b surat).



7.18-nji surat

2. Parallel toklaryň özara täsir güýji

Amperiň kanunundan peýdalanyp, wakuumdaky çäksiz uzyn parallel tokly geçirijileriň arasynda hasyl bolýan özara täsir güýjüniň ugrunyň we san bahasynyň ululygyny anyklalyň.

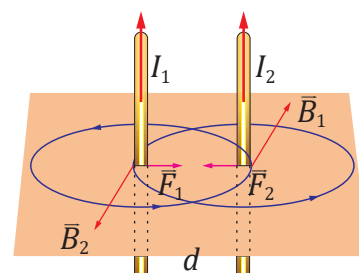
Bir-birinden d aralykda ýerleşen, iki sany parallel göni geçirijilerden birmeňzeş ugurda I_1 we I_2 tok geçýän bolsun (7.19-njy surat).

Geçirijilerden geçýän I_1 we I_2 toklarynyň magnit meýdan induksiýa wektorynyň çyzyklary konsentrik töwerekden ybarat bolýar. Eger I_1 tok pesden ýokara akýan bolsa, ikinji geçirijide ýatan nokatlarda $\vec{B}_1$ wektor (buraw düzgünine görä) bizden kitap tekizligine tarap ugrugan bolýar. B_1 wektor geçirijä görä dik ýerleşýär. Birinji toguň magnit meýdany tarapyndan ikinji tokly geçirijiniň Δl uzynlykdaky bölegine görkezilýän F_2 täsir güýjüniň ugry birinji geçirijä tarap ugrugan bolup, ululyk taýdan Amperiň kanunyna laýyklykda aşakdakylara deň bolýar:

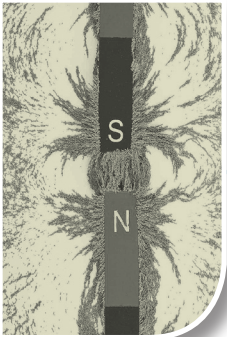
$$F_2 = B_1 \cdot I_2 \cdot \Delta l \quad (1)$$

Bu formula göni toguň magnit induksiýasy $B_1 = \mu_0 \frac{I_1}{2\pi d}$ aňlatmasyny goýup (d – geçirijileriň arasyndaky aralyk), aşakdaky formula eýe bolýarys:

$$F_2 = \mu_0 \frac{I_1 \cdot I_2}{2\pi \cdot d} \cdot \Delta l \quad (2)$$



7.19-nji surat



VII BAP. MAGNIT MEYDANY

Diymek, çäksiz uzyn parallel tokly geçirijileriñ birlik uzynlygyna täsir edýän özara täsir güýji olardan geçýän tok güýçleriniñ köpeltmek hasylyna göni, arasyndaky aralyga bolsa ters proporsional bolýar. Edil şunuň ýaly ikinji toguñ magnit meýdany tarapyndan birinji tokly geçirijiniñ Δl uzynlykdaky bölegine görkezilen F_1 täsir güýjüniñ ugry ikinji geçirijä tarap ugrugan bolup, onuñ san bahasy (2) aňlatma menses aňlatma bilen anyklanýar:

$$F_1 = \mu_0 \frac{I_2 \cdot I_1}{2\pi \cdot d} \Delta l \quad (3)$$

Parallel göni toklaryñ özara magnit täsirinden gelip çykyp tok güýjüniñ HBS-daky birligi – amper (A) kabul edilen.

1 Amperniñ kesgitlemesi: çäksiz uzyn parallel geçirijileriñ arasyndaky aralyk 1 m bolanda geçirijileriñ her bir metr uzynlygy $2 \cdot 10^{-7}$ N güýç bilen özara täsirleşse, bu geçirijilerden akyp geçýän toguñ güýji 1 A -a deň diýip kabul edilen.



1. . Parallel tokly geçirijileriñ arasynda emele gelyän özara täsir güýjüniñ ugry nähili anyklanýar?
2. Garşylykly ugrurda I we I tok geçýän iki sany parallel geçirijiniñ özara täsir güýjüni düşündiriñ.
3. Elektrik liniýalaryndaky simler özara täsirleşýärmí?

Mesele çözmegiñ nusgasy

Arasyndaky aralyk 1,6 m bolan goşa (iki) simli hemişelik elektrik toguny geçiriji liniýasynyñ simleriniñ her bir metr uzynlygyna dogry gelyän özara täsir güýjüni tapyñ. Geçirijilerden akyp geçýän tok güýjüniñ bahasyny 40 A -e deň diýip alyñ.

Berlen:	Formula:	Çözülişi:
$d = 1,6 \text{ m}$ $I_1 = I_2 = 40 \text{ A}$ $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N/A}^2$ $\Delta l = 1 \text{ m}$ $F = ?$	$F = \mu_0 \frac{I_1 \cdot I_2}{2\pi \cdot d} \Delta l$	$F = 4\pi 10^{-7} \text{ N/A}^2 \cdot \frac{40 \text{ A} \cdot 40 \text{ A}}{2\pi \cdot 1,6 \text{ m}} \cdot 1 \text{ m} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ N}$ Jogaby: $F = 2 \cdot 10^{-4} \text{ N}$.



36-njy gönükme

1. Uzynlygy 5 m bolan iki sany simli liniýanyñ parallel simlerindäki tok güýji 500 A. Toklar garşylykly ugrugan. Simleriñ arasyndaky aralyk 25 cm bolsa, olar özara nähili güýç bilen täsirleşýär?
2. Iki sany simli geçiriji liniýasynyñ her bir geçirijisinden 5 A -den tok geçýär. Simleriñ arasyndaky aralyk 40 cm bolsa, her bir simiñ uzynlyk birligine täsir edýän güýji tapyñ.
3. Induksiýasy 0,1 T bolan bir jynsly magnit meýdan güýç çyzyklaryna dik ýerleşen 25 cm uzynlykdaky geçirijä meýdanyñ täsir güýji 0,5 N -a deň. Geçirijiden akyp geçýän tok güýji nämä deň?

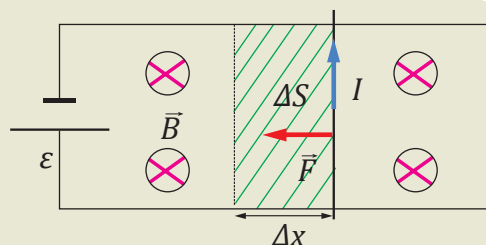


TOKLY GEÇIRIJININ MAGNIT MEYDANYNDA ORUN ÜYTGETMEKDE EDILEN İŞ

50-nji TEMA

1. Magnit meýdanynyň akymy.
2. Tokly göni geçirijini magnit meýdanynda orun üýtgetmekde edilen iş.

Magnit meýdanynda tokly geçiriji Amper güýjüniň täsirinde bir ýerden ikinji ýere orun üýtgedende iş edilýär. Bu iş haýsy energiýanyň hasabyndan amala aşyrylýar?



Magnit meýdanynda tokly geçirijiniň orun üýtgetmekde eden işini anyklamakdan öň magnit meýdanynyň akymy bilen tanşalyň.

1. Magnit meýdanynyň akymy

Islendik üsti kesip geçýän magnit meýdanynyň güýç çyzyklarynyň sanynyň köp ýa-da kem bolmagyny häsiýetlendirmek üçin magnit akymy diýen ululyk girizilen. Islendik meýdan arkaly geçýän magnit akymy magnit meýdanynyň induksiýa wektory arkaly anyklanýar. Magnit induksiýa bahasyny üstüniň meýdanyna hem-de induksiýa wektorynyň ugry bilen üstüne geçirilen normal $\vec{n}$ wektoryň arasyndaky burç (α)nyň kosinus bahasyna köpeltmek hasylyna (7.20 -nji a surat) deň bolan ululygyň meýdany S -a deň bolan üst arkaly geçýän magnit akymy diýilýär we Φ harpy bilen belgilenýär.

Kesgitlemä görä, magnit akymynyň aňlatmasyny aşakdaky ýaly ýazýarys:

$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos \alpha. \quad (1)$$

Eger magnit meýdan induksiýa çyzyklarynyň üstüne dik ugurda bolsa ($\alpha = 0$) (7.20-nji b surat), üstden geçýän magnit akymy aşakdaky ýaly bolýar:

$$\Phi = B \cdot S. \quad (2)$$

HBS-da magnit akymy birligi nemes fizigi D. Weberiň hormatyna Weber (Wb) kabul edilen. (2) deňlikden magnit akymynyň birligi

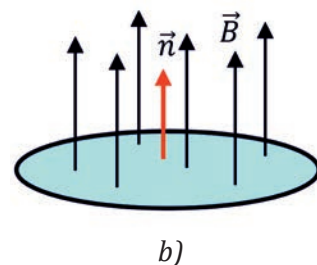
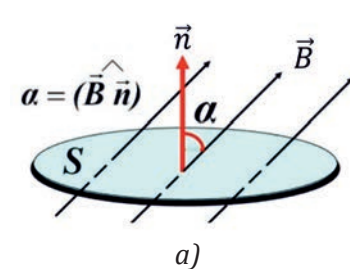
$$1 \text{ Wb} = 1 \text{ T} \cdot 1 \text{ m}^2 \text{-a deň bolýar.}$$

Magnit meýdanynyň induksiýasy 1 T-ge deň bolan magnit meýdanynyň induksiýa çyzyklaryna dik ýerleşdirilen 1 m² meýdany kesip geçýän magnit akymy 1 Wb-e deň.

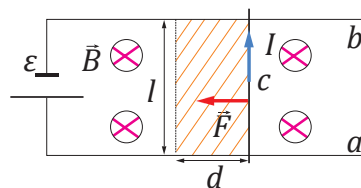
2. Tokly göni geçirijiniň magnit meýdanynda orun üýtgetmekde eden işi

Iki sany parallel a we b ýylmanak metal simler bir-birinden l uzaklykda ýerleşdirilip, olaryň üstüne ýeňil c metal geçiriji goýlan ýagdaýyny göreliň (7.21-nji surat).

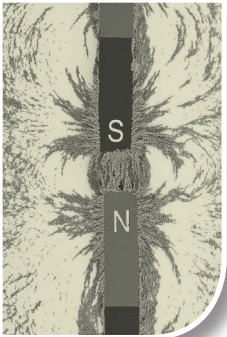
Geçirijiler ulgamy magnit induksiýasy B bolan bir jynsly meýdanda ýerleşen. 7.21-nji suratdaky ($\otimes$) belgisi magnit meýdan induksiýa



7.20-nji surat



7.21-nji surat



VII BAP. MAGNIT MEYDANY

wektory bizden surat tekizligine tarap dik ugruganlygyny aňladýar. a we b geçirijiler tok çeşmesine birikdirilende c geçiriji arkaly tok geçip başlaýar. Munda l uzynlykdaky tokly geçirijä magnit meýdany tarapyndan $F=IBl$ aňlatma bilen anyklanýan Amper güýji täsir edýär. Tok ugry bilen magnit meýdan induksiýasynyň ugrunyň arasyndaky burç 90° bolýanlygyny bilen ýagdaýda güýjüň ugry çep el düzgüni-ne laýyklykda anyklanýar. Bu güýç, 7.21-nji surata görä, çep tarapa ugrugan bolup, c geçirijini d aralyga süýşürende

$$A = Fd = I \cdot B \cdot \Delta l \cdot d \quad (3)$$

iş edýär. Bu aňlatmadaky $l \cdot d$ köpeltmek hasyly geçirijiniň hereketiniň dowamynda çyzan dörtburçluk görnüşindäki meýdanyň san bahasyna deň, ýagny $\Delta S = l \cdot d$. Hereketiniň dowamynda geçirijiniň çyzan şekiliniň meýdanyny kesip geçen magnit akymy $\Delta \Phi = B \cdot \Delta S$ -a deňliginden:

$$A = I \cdot \Delta \Phi \quad (4)$$

Görnüşindäki aňlatma eýe bolýarys. Şuny nygtap geçmegimiz gerek, bu iş magnit meýdan tarapyndan däl-de, eýsem zynjyry tok bilen üpjün edip durýan çeşmäniň hasabyndan ýerine ýetirilýär.

Diýmek, tokly geçirijini magnit meýdanda orun üýtgetmekde Amper güýjüniň eden işi geçirijiden akyp geçýän tok güýji we magnit akymynyň üýtgemeginiň köpeltmek hasylyna deň eken.

Magnit meýdanda tokly geçirijiniň orun üýtgetmekde eden işinden amalyýetde giňden peýdalanylýar. Ol transport, hojalyk we tehnikada, elektronika pudaklarynda peýdalanylmagy bilen möhüm ähmiýete eýe. Bu günki günde örän giňden peýdalanylýan elektron gulplar muňa mysal bolup biler



1. Magnit meýdanynda tokly geçirijiniň ornuny üýtgetmekde edilen iş nähili hasaplanýar?

2. Tok ugry bilen magnit meýdan induksiýasy birmenzeş ugurdabolsa, edilen iş nämä deň bolýar?

3. Tokly geçirijiniň magnit meýdanynda ornuny üýtgetmekde edilen iş nämäniň hasabyna bejerilýär?

Mesele çözmegiň nusgasy

Uzynlygy 30 cm bolan geçirijiden 2 A tok akyp geçýär. Geçiriji induksiýasy 1,5 T bolan bir jynsly magnit meýdanynyň induksiýa çyzyglaryna 30° burç astynda ýerleşen. Geçiriji Amper güýjüniň ugrundan 4 cm -a orun üýtgedende nähili işi ýeine ýetirýär?

Berlen:	Formula:	Çözülüşi:
$l = 30 \text{ cm} = 0,3 \text{ m}$ $I = 2 \text{ A}$ $B = 1,5 \text{ T}$ $\alpha = 30^\circ$ $d = 4 \text{ cm} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ $A = ?$	$A = I \cdot B \cdot l \cdot d \cdot \sin \alpha$	$A = 2 \text{ A} \cdot 1,5 \text{ T} \cdot 0,3 \text{ m} \cdot 4 \cdot 10^{-2} \text{ m} \cdot 1/2 = 18 \cdot 10^{-3} \text{ J}.$ Jogaby: $A = 18 \cdot 10^{-3} \text{ J}.$



37-nji gönükme



11. Magnit induksiýasy $0,5 \text{ T}$ bolan bir jynsly magnit meýdana güýç çyzyklaryna 60° burç aşagynda ýerleşen 25 cm^2 üst arkaly geçýän magnit induksiýasynyň akymyny tapyň.

2. Meýdany 25 cm^2 bolan sim ramka bir jynsly magnit meýdanynda aýlandyrylanda ramkany kesip geçýän magnit akymy $\Phi = 5 \cdot 10^{-4} \cos(2\pi t)$ (Wb) kanun boýunça üýtgeýär. Magnit meýdanyň induksiýasynyň san bahasyny tapyň.

3. Uzynlygy 20 cm bolan göni geçiriji induksiýasy $0,1 \text{ T}$ bolan bir jynsly magnit meýdanynda 5 m/s tizlik bilen orun üýtgedildi. Eger geçirijiniň hereket ugry bilen magnit güýç çyzyklarynyň ugrunyň arasyndaky burç 90° , geçirijidäki tok güýji 50 A bolsa, magnit güýjüniň kuwwaty näçe bolýar?

4. Induksiýasy $0,5 \text{ T}$ bolan bir jynsly magnit meýdanda 10 cm uzynlykdaky göni geçiriji tekiz hereket edýär, ondan akyp geçýän tok güýji 2 A -a deň. Geçiriji magnit meýdana perpendikulýar ugurda 2 m/s tizlik bilen hereketlenýär. Geçirijiniň 10 s dowamynda süýşme üçin eden işini we beýle süýşme üçin sarplan kuwwatyny anyklaň.

5. $0,1 \text{ m}$ uzynlykdaky göni geçirijiden 12 A tok akyp geçýär. Bu geçiriji induksiýasy $0,4 \text{ T}$ bolan bir jynsly magnit meýdanyna induksiýa çyzyklaryna 30° burç astynda ýerleşdirildi. Geçirijiniň Amper güýjüniň ugrunda $0,02 \text{ m}$ aralyga orun üýtgetmekde eden işi nämä deň bolýar?

51-NJI TEMA

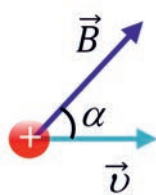
MAGNIT MEYDANYNDA ZARÝADLY BÖLEJIGIŇ HEREKETI

1. Lorens güýji.

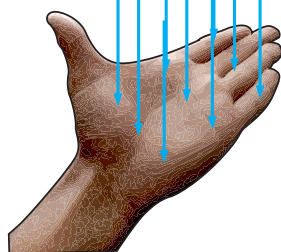
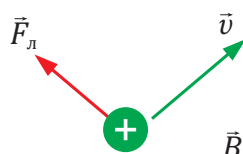
2. Bir jynsly magnit meýdanynda zarýadly bölejigiň hereketi.



Polýus şapagy nähili peýda bolýar? Näme sebäpden polýus şapagy diňe polýusda görünýär?



7.22-nji surat



7.23-nji surat

1. Lorens güýji

Magnit meýdana giritizilen tokly geçirijä magnit meýdany tarapyndan täsir edýän Amper güýjüni, geçirijide tertipli hereketlenip tok hasyl edýän her bir zarýadly bölejige magnit meýdany tarapyndan täsir edýän güýçleriň jeminden ybarat diýip garamak mümkin. Uzynlygy l bolan tokly geçirijide tertipli hereketlenýän ähli zarýadly bölekleriň sany N -a deň bolsa, magnit meýdanynda hereket edýän bir sany bölejige täsir edýän güýç

$$F = F_A / N = (I \cdot B \cdot l \cdot \sin \alpha) / N \quad (1)$$

bolýar. Geçirijiden geçýän tok güýjüni erkin elektronlaryň konsentrasiýasy n arkaly aňladýarys:

$$I = e \cdot n \cdot v \cdot S \text{ va } N = n \cdot S \cdot l, \quad (2)$$

munda e – elektron zarýadynyň moduly, v – elektronlaryň tertipli hereket tizligi, S – geçirijiniň kese kesiminiň meýdany. Bu aňlatmalary (1) deňlese, bir sany elektrona täsir edýän güýjüň aňlatmasy aşakdaky ýaly bolýar:

$$F = evBsina \quad (3)$$

(3) deňligi magnit meýdanda ýerleşen geçirijä täsir edýän Amper güýjüniň aňlatmasýndan peýdalanan ýagdaýda getirip çykardyk. Bu aňlatmanyň induksiýasy B -ge deň bolan bir jynsly magnit meýdanynda v tizligi bilen hereketlenýän zarýady k -a deň bolan islendik zarýadlanan bölek üçin ýerliklidir. Magnit meýdanda hereketlenýän zarýadly bölejige şu meýdan tarapyndan täsir edýän güýje **Lorens güýji** diýilýär we ol aşakdaky ýaly kesgitlenýär.

Bir jynsly magnit meýdanynda hereketlenýän zarýadly bölejige täsir edýän güýç bölejigiň zarýady q -a, onuň hereket tizligi v -a, magnit meýdan induksiýasy B -ge hem-de tizlik wektory bilen magnit meýdanyň induksiýa wektorlarynyň arasyndaky burçuň sinusynyň köpelmek hasylyna deň bolýar: (7.22-nji surat).

$$F_L = qvBsina \quad (4)$$

Lorens güýjüniň ugry çep el düzgüniniň kömeginde anyklanýar (7.23-nji surat). Eger çep eliň aýasyna magnit induksiýasynyň wektory dik düşse we ýazylan görkeziji barmaklaryň ugry položitel zarýad hereketiniň ugry bilen birmeňzeş bolsa, ol ýagdaýda 90° -a açylan baş barmak Lorens güýjüniň ugrunu görkezýär.



7.24-nji suratda görkezilen magnit meýdana uçup girýän protona täsir edýän Lorens güýji, çep el düzgünine görä, sag tarapa, elektrona täsir edýän Lorens güýji bolsa çep tarapa ugrugan bolýar. Meýdandaky elektron (otrisatel zarýad)ýň hereketini anyklamakda dört sany barmagymyzy elektronyň hereket ugruna garşylykly ugurda ýerleşdirýäris. Munda elektrona täsir edýän Lorens güýji çep tarapa ugrugan bolýar (7.24-nji surat). Eger zaryadly bölejik magnit induksiýa çyzyklary boýunça hereketlense ($\alpha = 0$ bolanda), oňa magnit meýdany tarapyndan hiç hili güýç täsir etmeýär.

2. Bir jynsly magnit meýdanynda zaryadly bölejigiň hereketi

Indi zaryadly bölejigiň hereketine Lorens güýjüniň täsirini görüp çykýarys. Bölejik bir jynsly magnit meýdanynyň güýç çyzyklaryna dik ugurda uçup girýän bolsun (7.25-nji surat). Onda bölejik tizliginiň ugry bilen induksiýa çyzyklarynyň arasyndaky burç 90° -a deň bolup, bölejige täsir edýän Lorens güýji maksimal bolýar $F_L = qvB$.

Lorens güýji magnit meýdanda hereketlenýän bölejigiň hereket ugruna perpendikulýar ugruganlygy üçin ol merkeze ymtylma güýç wezipesini ýerine ýetirýär. Netijede zaryadly bölejigiň hereket ugry üznüksiz üýtgap, hereket traýektoriyasy üznüksiz egrelýär we töwerekden ybarat bolýar. Lorens güýji iş etmänligi üçin töwerek boýunça hereketde emele gelen merkezden gapma güýjüň san bahasy Lorens güýjüne deň bolýar, ýagny:

$$\frac{mv^2}{R} = qvB \quad (5)$$

Bir jynsly magnit meýdanyndaky zaryadly bölejigiň hereket traýektoriyasy töwerekden ybarat bolup, onuň radiusyny aşakdaky aňlatma arkaly anyklaýarys:

$$R = \frac{mv}{qB} \quad (6)$$

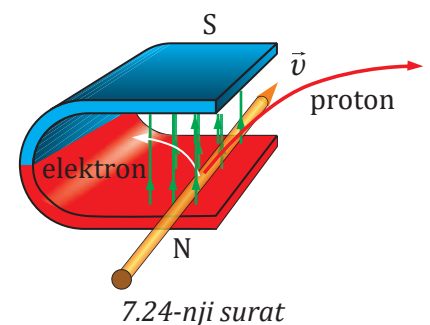
Bölejigiň töweregi doly bir gezek aýlanmagy üçin gidýän wagty, ýagny aýlanma döwrüni anyklaýarys. Munuň üçin bölejik bir gezek dolu aýlanandaky ýoly (töweregiň uzynlygy $2\pi \cdot R$) bölejigiň tizligine (v) bölýäris:

$$T = \frac{2\pi R}{v} \quad (7),$$

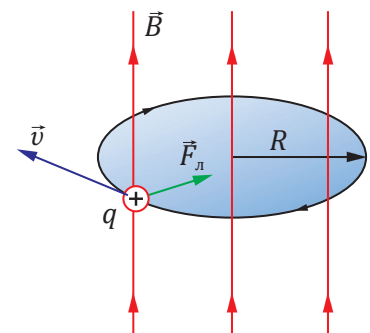
(6)we (7) aňlatmalardan peýdalanyňp aýlanma döwri aşakdaky ýaly bolýar:

$$T = \frac{2\pi m}{qB} \quad (8)$$

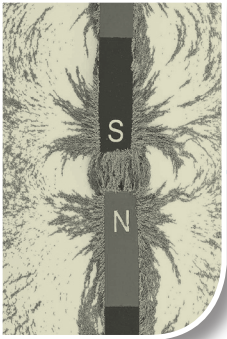
Magnit meýdanynda hereketlenýän zaryadly bölejigiň traýektoriyasynyň egrelmek hadysasyndan amalyýetde peýdalanylýar. Wakuumda magnit we elektrik meýdanyň täsirinde hereketlenýän zaryadly bölejikleri massalary boýunça düzümleri böleklerine bölýän esbaba mass-spektrometr diýip atlandyrylýar. Mass-spektrometrler himiki elementleriň izotoplaryny anyklamakda, maddalary himiki analiz etmekde peýdalanylýar.



7.24-nji surat



7.25-nji surat



VII BAP. MAGNIT MEYDANY



1. Lorens güýjüniň ugruny çep el düzgüni esasynda düşündiriň.
2. Bir jynsly magnit meýdanynda zaryadlanan bölejigi töwerek boýunça tekiz hereketlendirýän güýji düşündiriň.
3. Zaryadly bölejik magnit meýdanyna nähili ugurda girende oňa Lorens güýji täsir etmeýär?
4. Lorens güýji esasynda işleýän nähili gurluşlary bilýärsiňiz?
5. Eger zaryadly bölejik bir jynsly magnit meýdanyna güýç çyzyklaryna ýiti burç astynda uçup girse, onuň hereket traýektoriyasy nähili bolýar?

Mesele çözmegiň nusgasy

Elektron magnit meýdan induksiýasy 12 mT bolan meýdan in duksiya çyzyklaryna dik uçup girip, 4 cm radiusly töwerek boýunça hereketini dowam etdiren bolsa, ol nähili tizlik bilen meýdana uçup giripdir?

Berlen:	Formula:	Çözülişi:
$B = 12 \text{ mT} = 12 \cdot 10^{-3} \text{ T}$ $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ $R = 4 \text{ cm} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ $\alpha = 90^\circ$ $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ $v = ?$	$F_L = qvB \sin \alpha$ $F_{m,y} = \frac{mv^2}{R}$ $F_L = F_{m,y} \quad v = \frac{e \cdot B \cdot R}{m}$	$v = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 12 \cdot 10^{-3} \text{ T} \cdot 4 \cdot 10^{-2} \text{ m}}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}} = 8,4 \cdot 10^7 \text{ m/s}$ Jogaby: $v = 8,4 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}}$



38-gönükme

1. 1000 V tizleşdiriji potentsiallaryň tapawudyny geçen elektron bir jynsly magnit meýdanyna induksiýa güýç çyzyklaryna perpendikulýar ugurda uçup girýär. Eger magnit induksiýasy 10^{-3} T -a deň bolsa, elektron hereketlenýän töweregiň traýektoriyasynyň radiusy nähili bolýar?
2. Magnit induksiýasy 1 T bolan siklotronda protonlar 5 MeV energiýa eýe bolmagy üçin olar nähili radiusly traýektoriyada boýunça hereketlenmeli? Protoneyň massasy $1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ -a deň, $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ diýip alyň.
3. Zaryadly bölejik 10^6 m/s tizlik bilen bir jynsly magnit meýdanyna töwerek boýunça hereketlenýär. Magnit meýdan induksiýasy 0,3 T, töweregiň radiusy 4 cm. Bölejigiň kinetik energiýasy 12 keV -a deň bolmagy üçin onuň zaryady nähili bolmaly?
4. Elektron bir jynsly magnit meýdana induksiýa çyzyklaryna perpendikulýar ugurda uçup girdi. Elektroneyň tizligi $4 \cdot 10^6 \text{ m/s}$. Magnit meýdan induksiýasy 10^{-3} T . Elektroneyň merkeze ymtylma tizligini tapyň.
5. Induksiýasy 0,2 T bolan bir jynsly magnit meýdanynyň güýç çyzyklaryna perpendikulýar ugurda 10 Mm/s tizlik bilen hereketlenýän protona nähili merkezden daşlaşma güýjüniň täsir edýändigini tapyň.

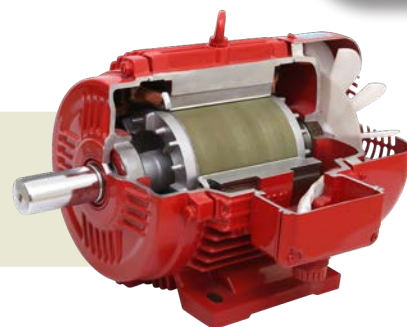


HEMIŞELIK TOGUŇ ELEKTRIK DWIGATELI

52-nji TEMA

1. Elektrodwigateliň gurluşy.
2. Elektrodwigateliň işleýiş prinsipi.

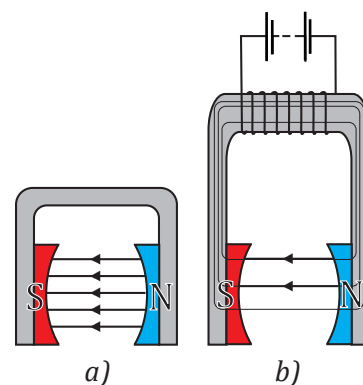
Elektrik dwigateliň walyňy aýlanma herekete getirýän sebäbini düşündiriň.



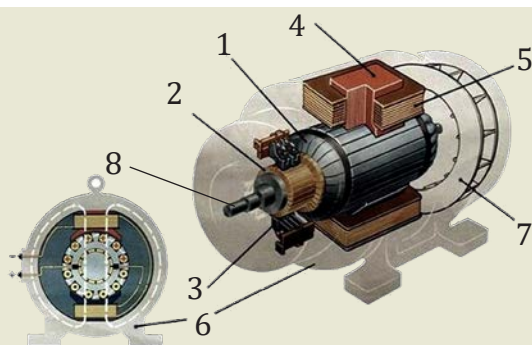
1. Elektrodwigateliň gurluşy

Hemişelik toguň elektrodwigateli iki esasy bölüm – statordan we rotordan ybarat gurluş bolup, hemişelik toguň elektrik energiýasyny mehaniki energiýa öwürüp berýär.

Stator latynçadan alnan söz bolup, «gozganmaýan» diýen manyny bildirýär. Stator hemişelik magnitden (7.26-njy *a* surat) ýa-da elektromagnitden (7.26-njy *b* surat) ybarat bolup, ol dwigatel korpusyna berkidilen bolýar. «Rotor» latynçadan alnan söz bolup, «aýlandyrmak» diýen manyny aňladýar. Rotor dwigateliň aýlanýan böleklerini düzýär. Rotoryň esasy bölegi bir ýa-da birnäçe tegekli ramka, ýagny ýakordan (1) (7.27-nji surat) we kollektordan (2) ybarat. Ýakor tegegindäki (oram) simleriň uçlary kollektoryň halkalaryna birleşdirilýär. Kollektor ýakor bilen bilelikde aýlanýar. Kollektoryň halkalary daş tarapyna gozganmaýan edip iki sany kömür çotka (3) berkidilen. Ýakor tegegindäki simleriň uçlary kollektoryň halkalaryna girleşdirilýär. Olar ýörite pružinlaryň kömeginde kollektoryň halkalaryna dykyz edip gysyp goýulýar. Zynjyrdaky elektrik togy şu çotkalar arkaly kollektoryň halkalaryna geçýär.



7.26-njy surat

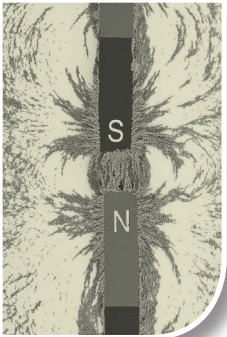


7.27-nji surat

1. Ýakor (demir özenli ramkalar).
2. Kollektor.
3. Çotgalar.
4. Elektromagnit polýusynyň özeni.
5. Elektromagnit polýusynyň tegekleri.
6. Stator.
7. Wentilýator.
8. Wal.

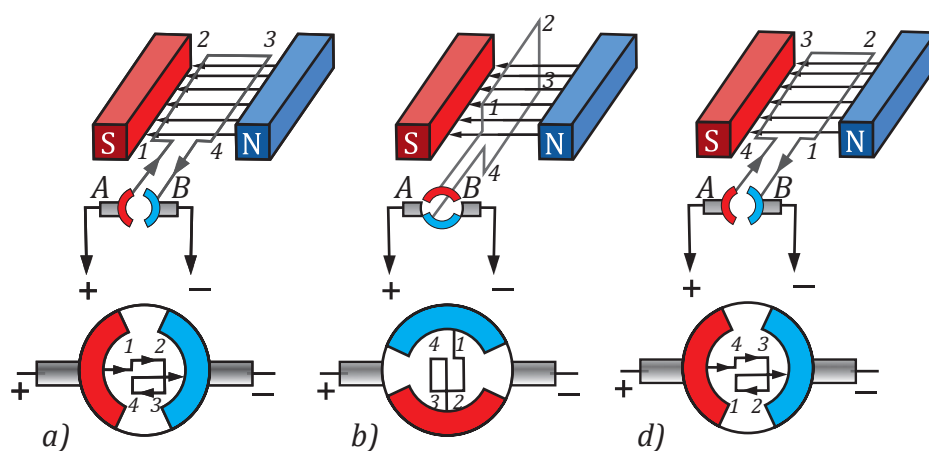
2. Elektrik dwigateliň işleýiş prinsipi

Amatly bolmagy üçin bir sany ramkaly rotordan ybarat bolan iň ýönekeý dwigateliň işleýiş prinsipini görüp çykalyň (7.28-nji surat). Dwigateliň kollektory iki sany ýarym halkadan ybarat bolup, olara

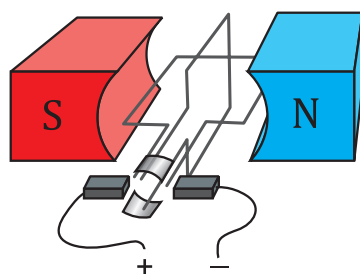


VII BAP. MAGNIT MEYDANY

A we B çotkalar direlip durýar. Çotkalara tok çeşmesiniň iki polýusyndan gelýän simler birleşdirilen. Tok çeşmesinden gelýän tok çotka, kollektor hem-de ramkadan A-1-2-3-4-B ugurda geçýär (7.28-nji a surat). Magnit meýdanynyň täsirinde ramka magnit güýç çyzyklaryna perpendikulýar ýerleşmäge hereket edýär. Ramkanyň tekizligi magnit güýç çyzyklaryna perpendikulýar bolanda A we B çotkalar kollektoryň halkalaryna degmän galýar we ramkadan tok geçmeýär (7.28-nji b surat). Emma ramka öz inersiýasy bilen aýlanmagyny dowam etdirip, magnit güýç çyzyklaryna parallel ýerleşip galýar (7.28-nji d surat). Munda çotkalar kollektoryň halkalaryna degip galýar we ramkadan A-4-3-2-1-B ugurda tok geçýär. Magnit meýdanynyň täsirinde ramka ýene perpendikulýar ýagdaýa gelip galmaga hereket edýär. Şeýlelikde bu hadysa dowam edip, ramka üznüksiz aýlanýar.



7.28-nji surat



7.29-nji surat

Amalda bir sany ramkaly rotordan ybarat bolan dwigateller peýdalanylmaýar. Çünki olarda ramkanyň aýlanmagy birtekiz bolmaýar we rotoryň okuny (waly) aýlandyrmaga ramkanyň güýji ýetmeýär. 7.29-nji suratda iki sany ramkaly elektrodwigateliň gurluşy görkezilen. Munda ramkalar bir-birine perpendikulýar edip bir sany oka berkidilýär. Kollektoryň plastinalary iki sany däl, dört sany bolýar. Iki sany ramkaly rotorda magnit güýç çyzyklaryna parallel ýerleşen birinji ramkadan tok geçende magnit meýdanynyň täsirinde ol perpendikulýar ýagdaýda bolmaga hereket edýär. Birinji ramka perpendikulýar ýagdaýda bolanda parallel ýagdaýdaky ikinji ramkadan tok geçýär we ol perpendikulýar ýagdaýa gelmäge hereket edýär. Şeýlelikde ramkalar rotory bir tekiz aýlandyrýar.



1. Hemişelik tok elektrik dwigateliinde energiýanyň bir görnüşden başga görnüşe öwürilmegini düşündiriň.
2. Elektrik dwigateliiniň gurluşyny düşündirip beriň.
3. Elektrik dwigateliiniň işleýiş prinsipini aýdyp beriň.
4. Elektrik dwigateliiniň amatly taraplaryny aýdyp beriň.
5. Elektrik dwigateliiniň ulanylyşy hakynda nämeleri bilýärsiňiz?



MESELELER ÇÖZMEK

53-nji TEMA

Mesele çözmegiň nusgalary

1. Iki parallel çäksiz uzyn göni geçiriji wakuumda bir-birinden 40 cm aralykda ýerleşen. Eger olaryň birinden 12 A, ikinjisinden bolsa 18 A tok akyp geçýän bolsa, simleriň uzynlyk birligine täsir edýän güýji F/l tapyň.

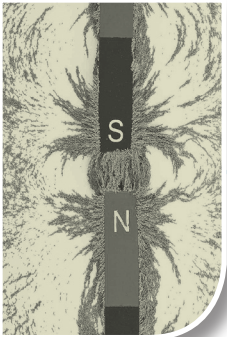
Berlen:	Formula:	Çözülüşi:
$I_1 = 12 \text{ A}$ $I_2 = 18 \text{ A}$ $d_0 = 0,4 \text{ m}$ $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ N/A}^2$ $F/l = ?$	$F = \frac{\mu_0 I_1 I_2 l}{2\pi d_0}$ $\frac{F}{l} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d_0}$	$\frac{F}{l} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N/A}^2 \cdot 12 \text{ A} \cdot 18 \text{ A}}{2\pi \cdot 0,4 \text{ m}} = 1,08 \cdot 10^{-4} \frac{\text{N}}{\text{m}}$ Jogaby: $F/l = 1,08 \cdot 10^{-4} \text{ N/m}$.

2. Induksiýasy 0.4 T bolan magnit meýdanda güýç çyzyklarynyň ugruna 45° burç astynda ýerleşen 0,5 m uzynlykdaky geçirijä 0,42 N güýç täsir etse, geçirijiden akyp geçýän toguň güýjüni tapyň.

Berlen:	Formula:	Çözülüşi:
$B = 0,4 \text{ T}$ $\alpha = 45^\circ$ $F_A = 0,42 \text{ N}$ $l = 0,5 \text{ m}$ $I = ?$	$F_A = IB l \sin \alpha$ $I = \frac{F_A}{B l \sin \alpha}$	$I = \frac{0,42 \text{ N}}{0,4 \text{ T} \cdot 0,5 \text{ m} \cdot 0,7} = 2,97 \text{ A}$ Jogaby: $I = 2,97 \text{ A}$.

3. Induksiýasy 10^{-3} T bolan bir jynsly magnit meýdanda 1,5 cm radiusly töwerek boýunça magnit güýç çyzyklaryna dik ugurda hereketlenýän elektronyň tizligini tapyň. Elektronyň massasy $9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ we zarýadynyň moduly $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ -a deň

Berlen:	Formula:	Çözülüşi:
$B = 1 \cdot 10^{-3} \text{ T}$ $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ $R = 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ $\alpha = 90^\circ$ $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ $v = ?$	$F_L = evB \sin \alpha$ $F_{mq} = \frac{mv^2}{R}$ $F_L = F_{mq}$ $v = \frac{eBR \sin \alpha}{m}$	$v = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 10^{-3} \text{ T} \cdot 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ m} \cdot 1}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}} = 2,64 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ Jogaby: $v = 2,64 \cdot 10^6 \text{ m/s}$.

**39-njy gönükme.**

1. Radiusy 4 cm bolan sim halkadan 0,8 A tok akyp geçýär. Halkanyň merkezindäki magnit induksiýasyny anyklaň.

2. Induksiýasy 0,1 T bolan bir jynsly magnit meýdanynda induksiýa çyzyklaryna parallel ýagdaýda 10 cm uzynlykdaky 0,5 A tokly göni geçiriji ýerleşdirilen. Geçirijä magnit meýdanynyň täsir güýji nähili?

3. Induksiýasy 0,4 T bolan bir jynsly magnit meýdanynda uzynlygy 0,15 m, tok güýji 8 A bolan göni geçiriji meýdan güýç çyzyklaryna perpendikulýar ýagdaýda ýerleşdirilen. Geçirijini Amper güýjüniň ugrunda 0,025 m aralyga orun ýýtgetmekde eden işini tapyň.

4. Eger induksiýasy 0,2 T bolan bir jynsly magnit meýdanynda ýerleşen meýdan 2 m^2 bolan üstünden geçýän magnit induksiýa akymy 0,2 Wb bolsa, üstüne geçirilen normal we induksiýa wektorynyň arasyndaky burçy hasaplaň.

5. Magnit meýdanynyň induksiýa çyzyklaryna perpendikulýar ýagdaýda 1 km/s tizlik bilen hereketlenýän 0,4 C zaryadly bölejige 4 N deň bolan Lorens güýji täsir edýär. Magnit meýdan induksiýasyny tapyň.

6. Induksiýasy 4 T bolan bir jynsly magnit meýdanynda 10^7 m/s tizlik bilen induksiýa çyzyklaryna perpendikulýar ugurda uçup giren elektrona täsir edýän güýjüň moduly nähili?

7. Induksiýasy 0,167 T bolan bir jynsly magnit meýdanynda protonyň radiusy 10 cm bolan töwerek boýunça hereketlense, onuň tizligi nähili? Protonyň massasy $1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ -a deň diýip alyň.

8. Proton induksiýasy 40 mT bolan bir jynsly magnit meýdanynyň güýç çyzyklaryna dik ýagdaýda $2 \cdot 10^6 \text{ m/s}$ tizlik bilen uçup girende ol nähili radiusly töweregi çyzýar? Protonyň massasy $1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ -a deň diýip alyň.

9. Bir jynsly magnit meýdan çyzyklaryna dik ugurda uçup giren elektronyň aýlanma döwri $20 \cdot 10^{-12} \text{ s}$ bolsa, magnit meýdanynyň induksiýasyny anyklaň. Elektronyň massasy $9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$



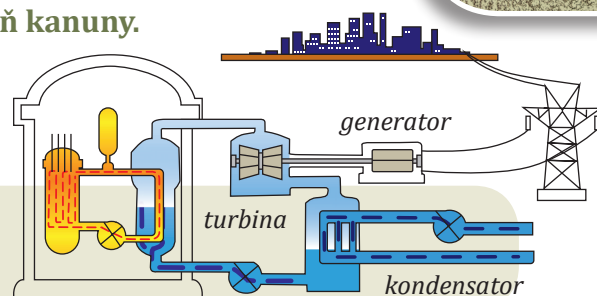
ELEKTROMAGNIT INDUKSIYASY

54-nji TEMA

1. Elektromagnit induksiýasy hadysasy.

2. Induksion elektrik hereketlendiriji güýç. Faradeýiň kanuny.

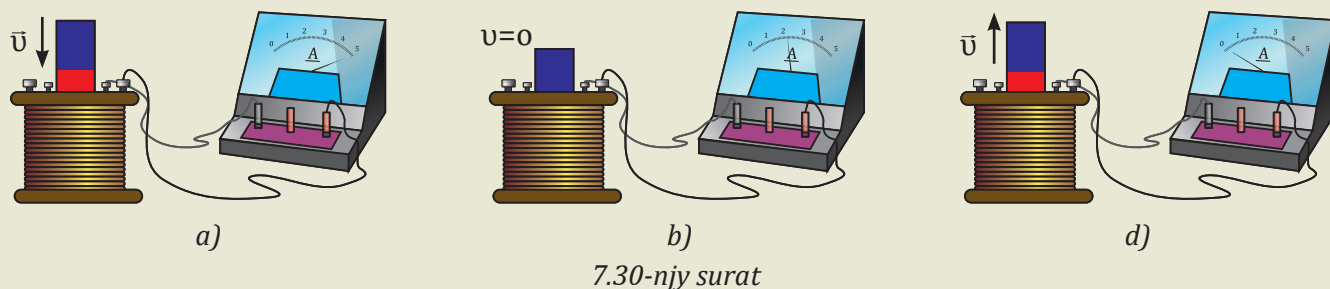
Elektrik energiýasy nähili alynýar?



1. Elektromagnit induksiýasy hadysasy

1820-nji ýylda daniýaly alym G. Ersted toguň magnit täsirini açyş edenden soň, iňlis alymy Maýkl Faradeý magnit meýdany arkaly elektrik toguny almagy özüne maksat etdi. Ol bu meseläniň üstünde 10 ýyldan köpräk işläp, 1831-nji ýylda arzuwyna ýetýär.

M. Faradeý tegek we galwanometri yzly-yzyna birleşdirip, berk zynjyr emele getirýär (7.30-njy surat). Tegegiň içine hemişelik magnit girizilende galwanometr strelkasynyň ogmagy görünýär. Munda tegekde tok hasyl bolýar (7.30-njy a surat). Eger magniti hereketlendirmän, tegegiň içinde dynçlykda tutup durulsa, galwanometr strelkasy noly görkezýär, ýagny tegekde tok ýoklugyny bildirýär (7.30-njy b surat). Magnit tegegiň içinden çykaryp alnanda bolsa ýene tegekde tok emele gelyänligi görünýär. Munda galwanometriň strelkasy ters tarapa agýar (7.30-njy d surat). Eger magnit dynçlyk ýagdaýda bolup, tegek herekete getirilse hem, şu hadysany görýäris.

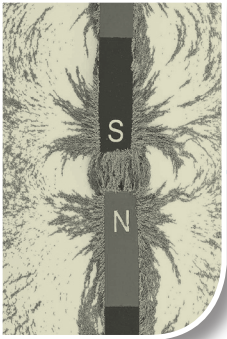


7.30-njy surat

Faradeý özüniň amala aşyran tejribeleriniň netijelerini analiz edip, aşakdaky netijä geldi: berk konturda induksion tok diňe geçiriji kontury bilen çäkleşen üsti arkaly geçýän magnit induksiýa akymy üýtgände emele gelyär, ýagny magnit akymy üýtgäp duran wagtynyň dowamynda bar bolýar. Bu netijä *elektromagnit induksiýasy kanuny* diýip hem ýöredilýär.

2. Induksion elektrik hereketlendiriji güýç. Faradeýiň kanuny

Bize mälim bolşy ýaly, elektrik zynjyrynda tok uzak wagtlap bolup durmagy üçin zynjyryň islendik böleginde elektrik hereket-



VII BAP. MAGNIT MEYDANY

lendiriji güýç (EHG) çeşmesi bolmaly. Konturda hemişelik görnüşde magnit akymynyň üýtgäp durmagy netijesinde hasyl bolan EHG onda induksion togy emele getirýän daşky çeşme wezipesini ýerine ýetirýär. Induksion togy hasyl edýän EHG induksion elektrik hereketlendiriji güýç diýilýär. Ýapyk konturda hasyl bolan induksion elektrik hereketlendiriji güýç san bahasy taýdan şu kontury kesip geçen magnit akymynyň üýtgemegine deň we belgisi tarapdan garşylyklydyr:

$$\varepsilon_i = -\Delta\Phi/\Delta t. \quad (1)$$

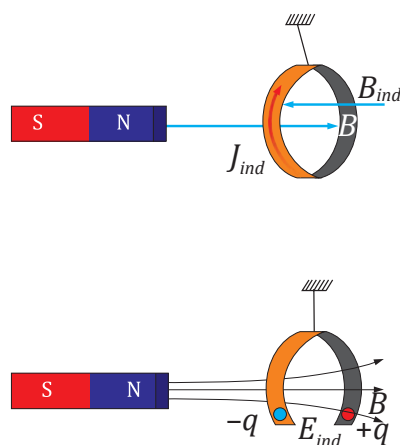
Muňa *elektromagnit induksiýasy kanuny ýa-da Faradeý-Makswell kanuny* diýilýär.

(1) aňlatmadaky (–) belgisi konturda emele gelýän induksion toguň ugry bilen bagly bolup, ol Lens düzgünine görä düşündirilýär.

HBS-da induksion elektrik hereketlendiriji güýjüň birligi üçin wolt (V) kabul edilen.

Eger kontur N sany oramdan ybarat bolsa, konturda hasyl bolýan induksion EHG aşadaky aňlatmanyň kömeginde hasaplanýar:

$$\varepsilon_i = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad (2)$$



7.31-nji surat

Rus alymy H. Lens induksion toguň ugruny anyklamak maksadynda aşadaky tejribäni geçirdi. Ol biri bütün we ikinjisi kesik bolan yeňil alýuminiý halkalary ýüpe daňyp, daýanja asýar (7.31-nji surat). Eger magnit bütün halka ýakynlaşdyrylsa, onda induksion tok hasyl bolýar. Şol wagtda bu tok halkanyň içinde özüniň magnit meýdanyny hasyl edýär. Hasyl bolan magnit meýdan bolsa magnitiň halka ýakynlaşmagyna garşylyk görkezýär we ondan gaçýar (7.31-nji a surat). Eger magniti halkadan uzaklaşdyryp başlasak, halka magnate çekilip, oňa eýerýär. Magnit kesik halka ýakynlaşdyrylanda ýa-da ondan uzaklaşdyrylanda magnitiň halka täsiri görünmeýär. Munuň sebäbi kontur berk bolmanlygy üçin halkada induksion toguň emele gelmeýänligidir (7.31-nji b surat). Tejribäniň netijelerine görä Lens induksion toguň ugruny anyklamak düzgünini tapdy. Bu düzgüne onuň hormatyna *Lens düzgüni* diýip atlandyryldy we aşadaky ýaly kesgitlenýär: berk konturda hasyl bolan induksion tok şeýle ugra eýe eýe bolýar, ýagny ol özüniň magnit meýdany bilen şu togy hasyl edýän daşky magnit akymynyň üýtgemegine garşylyk görkezýär.



1. Elektromagnit induksiýa hadysasynyň ähmiýetini düşündiriň.
2. Näme üçin kesik halka magnit ýakynlaşdyrylanda olar özara täsirleşmeýär?
3. Lens düzgüniniň ähmiýetini düşündirip beriň.
4. Elektromagnit induksiýa hadysasyndan amalyýetde nähili peýdalanylýar?



Mesele çözmegini nusgasy

Geçiriji halka arkaly geçen magnit akymy 0,2 s dowamynda 5 mWb -a üýtgäpdir. Halka 0,25 Ω elektrik garşylygyna eýe bolsa, halkada hasyl bolan induksion togy tapyň.

Berlen:	Formula:	Çözülişi:
$\Delta t = 0,2 \text{ s}$ $\Delta \Phi = 5 \text{ mWb} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ Wb}$ $R = 0,25 \Omega$ $I = ?$	$\varepsilon_i = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ $I = \frac{\varepsilon_i}{R} = \frac{\Delta \Phi}{R \cdot \Delta t}$	$I = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{0,25 \cdot 0,2} = 0,1 \text{ A}$ Jogaby: $I = 0,1 \text{ A}$.

40-njy gönükmä



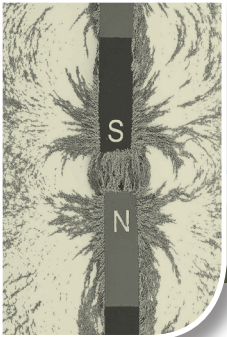
1. 100 sany oramdan emele gelen solenoidde magnit akymy 0,005 s dowamynda $5 \cdot 10^{-3}$ -den $2,5 \cdot 10^{-3} \text{ Wb}$ -a çenli bir tekizde üýt-gäpdir. Solenoidde hasyl bolan induksion EHG-ny tapyň.

2. Geçiriji kontury bilen çäkleşen ýüzüň meýdanyny kesip geçýän magnit akymy bir tekiz 0,8 Wb -a üýtgände konturdaky induksiýaly EHG 1,6 V -a deň bolupdyr. Magnit akymynyň üýtgeýän wagtyny tapyň. Geçirijiniň garşylygy 0,32 Ω bolsa, induksion tok güýji nähili bolan?

3. 500 sany oramy bolan solenoidde magnit akymy 5 ms -da 7 mWb -dan 9 mWb -a çenli tekiz üýtgedi. Solenoiddäki induksion EHG-niň ululygyny tapyň.

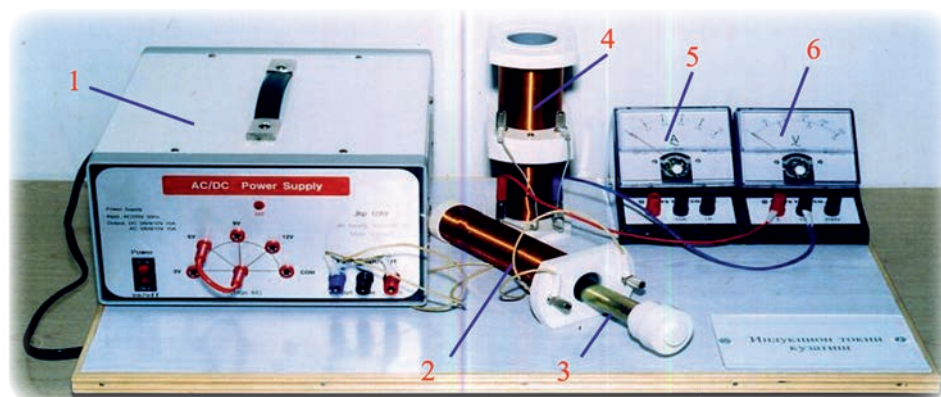
4. 2000 sany oramly solenoidde 120 V induksion EHG oýananda (hasyl bolanda) magnit akymynyň üýtgeýän tizligini tapyň.

5. Ýerden we bir-birinden izolýasiýаланан demir ýol relslerine milliwoltmetr birleşdirilen. Demir ýoluň üstünden 180 km/h tizlik bilen otly geçen wagtynda milliwoltmetr nämäni görkezýär (V)? Ýeriň magnit meýdanynyň induksiýasynyň wertikal emele getirijisi $B = 0,2 \cdot 10^{-4} \text{ T}$, relsleriň arasyndaky aralyk 1 m.



55-nji TEMA

AMALY SAPAK. ELEKTROMAGNIT INDUKSIYASY HADYSASINY ÖWRENMEK



Ishñ maksady: induksiya togy we induksiya elektrik hereketlendiriji güýjüniñ emele gelmegine gözegçilik etmek, induksiya togunyñ magnit akymyna baglydygyny öwrenmek.

Gerekli esbap we enjamlar: üytgeýän tok çeşmesi, üytgeýän tok ampermetri we woltmetri, kese kesiginiñ meýdany dürli bolan tegekler, demir özen we birikdiriji simler.

Gurluşyň gurluşy we işleýşi

Gurluşyñ umumy görnüşi şu temadaky 1-nji suratda teswirlenen. Gurluş üytgeýän tok çeşmesi (1), tegekler (2 we 4), demir özen (3), üytgeýän tok ampermetri (5) we woltmetri (6) den ybarat. Tegekler dürli kese kesiginiñ meýdanyna eýe bolup, biri ikinjisiniñ içine doly ýerleşdirilmegi mümkin. Kese kesigiñ meýdany kiçi bolan birinji tegek (2) üytgeýän tok çeşmesine birikdirmek üçin simleriñ kömeginde yzly-yzyna çatylýar. Kese kesiginiñ meýdany uly bolan ikinji tegek (4) bolsa ampermetr we woltmetrlere nobat bilen birikdirilýär. Gurluş üytgeýän tok elektrik çeşmesine birikdirilip işe düşürilýär. Birinji tegek üytgeýän tok çeşmesine birikdirilenligi sebäpli tegegiñ töwereginde üytgeýän magnit meýdan hasyl bolýar. Birinji tegek ikinji tegegiñ içine girizilse, ikinji tegege birikdirilen ampermetr (ýa-da woltmetr) onda induksion toguñ (ýa-da induksion EHG-ny) emele gelýänligini görkezýär.

Işi ýerine ýetirmegiñ tertibi

1. Kese kesigiñ meýdany kiçi bolan birinji tegegi üytgeýän tok çeşmesiniñ gysgyçlaryna birikdiriñ. Munda birinji tegek ikinji tegegiñ içinde ýerleşdirilmedik bolsun.

2. Ikinji tegegi ampermetre yzygider birikdiriñ. Munda ampermetr 0 bahany görkezzer.





3. Tok çeşmesini elektrik çeşmesine birikdiriň.
4. Tok çeşmesininin daşky zynjyra berýän güýjenmesini 3 V halatyna sazlaň.
5. Birinji tegegi ikinji tegegiň içine düşüriň.
6. Ikinji tegekde emele gelen induksion toguň bahasyny ampermetriň kömeginde belläň.
7. Birinji tegegiň içine demir özeği dolulygyna düşürüp, ampermetriň görkezijilerini ýene-de bellik ediň.
8. Tok çeşmesiniň daşky zynjyra berýän naprýaženiýesini 6 V ýagdaýyna sazlaň we tejribäni ýokarda edilişi ýaly gaýtalaň.
9. Tok çeşmesiniň daşky zynjyra berýän naprýaženiýesini 9 V we 12 V ýagdaýlaryna yzly-yzyna dogurlap tejribäni gaýtalaň.
10. Ikinji tegegi ampermetrden aýryp, woltmetre birikdiriň we birinji tegege berilýän naprýaženiýäniň 3 V, 6 V, 9 V we 12 V bahalarynda tegegiň içinde demir özen bolmadyk we bolan ýagdaýlary üçin tejribäni geçiriň. Ikinji tegekde hasyl bolýan induksion EHG-laryň bahalaryny belläp baryň.
11. Alnan netijeler esasynda aşakdaky jedweli dolduryň.

№	Demir özensiz			Demir özenli		
	Birinji tegege berlen naprýaženiýe U, (V)	Ikinji tegek-däki induksion tok I, (A)	Ikinji tegek-däki induksion EHG $\mathcal{E}$, (V)	Birinji tegege berlen naprýaženiýe U, (V)	Ikinji tegek-däki induksion tok I, (A)	Ikinji tegek-däki induksion EHG $\mathcal{E}$, (V)
1						
2						
3						

Tejribä esaslanyp netije çykaryň.

1. Ersted we Faradeýiň elektromagnit induksiýa hadysasyna degişli tejribeleri hakynda aýdyp beriň.
2. Induksion toguň peýda bolmagyny düşündirip beriň.
3. Elektromagnit induksiýa kanunyny düşündirip, onuň matematiki aňlatmasyny ýazyň.



56-njy TEMA

ÖZ-ÖZÜNDE INDUKSIYA. INDUKTIWLIK

1. Öz-özünde induksiya hadysasy.
2. Induktivlik.
3. Öz-özünde induksiya elektrik hereketlendiriji güýç.

Käte radiolary elektrik çeşmesinden üzeniñizde onuñ çykarýan sesi tiz gutarmaýar, eýsem ýuwaş-ýuwaşlyk bilen peselip gutarýar. Näme üçin şeýle hadysa bolýar?

1. Öz-özünde induksiya hadysasy

Her dürli konturdan geçýän tok şu kontur bilen çäkleşýän üstüň meýdanyny kesip geçýän magnit akymyny emele getirýär. Eger konturdan geçýän tok üýtgeşe onuñ emele getiren magnit akymy hem üýtgeýär. Netijede konturda induksion EHG hasyl bolýar. Bu hadysa öz-özünde induksiya hadysasy diýip atlandyrylýar.

Öz-özünde induksiya hadysasyny görmek mümkin bolan elektrik zynjyry 7.32-nji a suratda berlen. Zynjyr iki sany birmeňzeş lampa, R garşylyk, köp oramly tegek, açar we üýtgemeyän tok çeşmesinden ybarat. Lampalaryň biri içinde demir özeği bolan tegek arkaly ikinji R garşylyk arkaly tok çeşmesine birikdirilen. Açar birleşdirilende tegek arkaly zynjyra birleşdirilen lampa biraz eglenip, R garşylyk arkaly birleşdirilen ikinji lampa bolsa açar birleşdirilenden şol wagtda ýananlygyny görýäris (7.32 -nji b surat). Çünki açar birleşdirilen wagtynda tegekden geçýän tok güýji t_1 wagti içinde noldan I_0 -a çenli üýtgeýär (7.32-nji d surat). Bu wagti içinde tegekde tok çeşmesiniň emele getiren toga ters ugrugan öz-özünde induksiya togy emele gelýär. Bu birinji lampanyň gijräk ýanmagyna sebäp bolýar.

Edil şunuň ýaly, açar üzülende hem ikinji lampa şol bada sönýär, emma birinji lampa haýal peselip sönýär.

2. Induktivlik

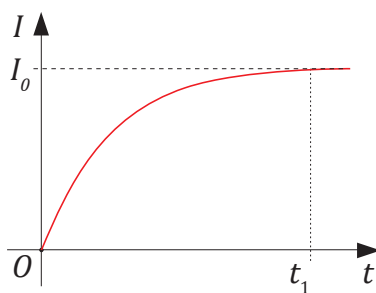
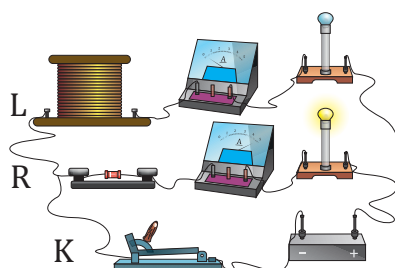
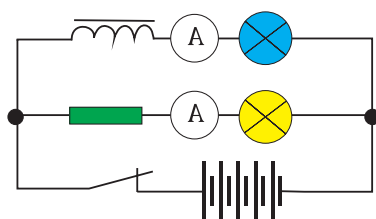
Tegegiň içinde hasyl bolan magnit akymy nähili fiziki ululyklara bagly bolýar?

Tejribede görenlerimizi umumylaşdyryp, aşakdaky netijä gelýäris: tokly geçirijiniň hasyl eden magnit akymy ondan geçýän tok güýjüne we tegegiň hususyýetlerine hem bagly bolýar, ýagny:

$$\Phi = L \cdot I \quad (1)$$

munda L -tegegiň geometrik ölçeglerine we tegegiň ýerleşen şertiniň (tegegiň özeginiň) magnit aýratynlyklaryna bagly bolan proporsionallyk koeffisiýenti bolup, oňa tegegiň *induktivligi* diýilýär.

HBS-da induktivlik birligini öz-özünde induksiya hadysasyny birinji bolup gözegçilik eden Amerikan alymy J. Henriniň hormatyna genri (Henri) (H) diýip atlandyrmak kabul edilen.



7.32-nji surat



3. Öz-özünde induksiya elektrik hereketlendiriji güýç

(1) aňlatma görä tegekde hasyl bolan öz-özünde induksiya elektrik hereketlendiriji güýjüň aňlatmasyny aşakdaky ýaly ýazýarys:

$$\varepsilon_i = -\Delta\Phi/\Delta t = -L \Delta I/\Delta t \quad (2)$$

Bu aňlatmadan aşakdaky netije gelip çykýar: öz-özünde induksiya elektrik hereketlendiriji güýjüň ululygy konturdaky tok güýjüniň üýtgemek tizligine ($\Delta I/\Delta t$) göni proporsional bolýar.

(2) deňlikden induktiwlik (ýa-da öz-özünde induksiya koeffisiýenti)niň aşakdaky fiziki manysy we birligi gelip çykýar: tok güýjüniň üýtgeýiş tizligi 1 A/s bolanda konturda bir wolt öz-özünde induksiya EHG emele gelse, konturyň induktiwligi 1 H -a deň bolýar, ýagny:

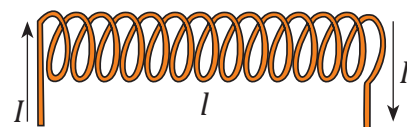
$$1\text{H} = \frac{1\text{V}}{1\text{A/s}} = \frac{1\text{V}\cdot\text{s}}{1\text{A}}$$

Uzynlygy l , kese kesiginiň meýdany S , oramlarynyň sany N bolan uzyn tegek ýa-da solenoidiň (7.33-nji surat) induktiwligi aşakdaky aňlatmanyň kömeginde anyklanýar:

$$L = \frac{\mu_0 \cdot \mu \cdot N^2 \cdot S}{l} \quad (3)$$

Munda: μ – koeffisiýent wakuumyň magnit hemişeligi, μ – solenoid içindäki şertiň magnit siňdirijiligi.

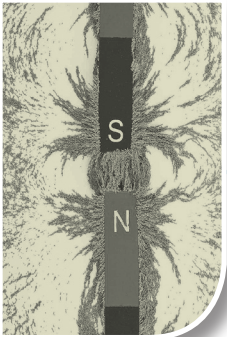
Öz-özünde induksiya hadysasyny mehanikadaky inersiya hadysasyna meňzetmek mümkin. Inersiya hadysasynda jisimiň massasy nähili ähmiýete eýe bolsa, öz-özünde induksiya hadysasynda induktiwlik hem şeýle ähmiýete eýe bolýar. Ýagny, massa näçe uly bolsa, jisim şonça inerträk bolşy ýaly induktiwlik näçe uly bolsa, zynjyrdaky toguň üýtgemegi hem şonça haýal (inert) bolýar. Ýokarda görüp geçen (7.32-nji surat) mysalyndaky tegege yzly-yzyna birleşdirilen lampanyň ýanyşy we sönüşiniň ýuwaş-ýuwaş bolup geçmek hadysasyny, inerträk jisimiň ornundan haýal gozganmagy we onuň sönende hem birden amala aşmazlygy bilen deňeşdirmek mümkin.



7.33-nji surat



1. Öz-özünde induksiya hadysasynyň ähmiýetini düşündirip beriň.
2. Öz-özünde induksiya hadysasy bolup geçýän elektrik zynjyryny çyzyp, ony düşündiriň.
3. Induktiwlik nähili fiziki ululyk, onuň fiziki manysyny aýdyp beriň.
4. Öz-özünde induksiya togy nähili ugurda bolýar?
5. Öz-özünde induksiya hadysasyna mysallar getiriň.



VII BAP. MAGNIT MEYDANY

Mesele çözmegini nusgasy

Tegekdäki tok 0,2 s dowamynda noldan 3 A çenli deňölçegli üýt-gände 1,5 V öz-özünde induksiya EHG emele gelse, tegegiň induktiwlighi näçä deň?

Berlen:	Formula:	Çözülişi:
$\Delta t = 0,2 \text{ s}$ $\Delta I = 3 \text{ A}$ $\varepsilon_i = 1,5 \text{ V}$ $L = ?$	$\varepsilon_i = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$ $L = \frac{\varepsilon_i \cdot \Delta t}{\Delta I}$	$L = \frac{1,5 \cdot 0,2}{3} \text{ H} = 0,1 \text{ H}$ Jogaby: $L = 0,1 \text{ H}$.



41-nji gönükme

1. Induktiwlighi 0,8 H we kese kesiginiň meýdany 200 cm² bolan tegek arkaly 2 A tok akyp geçýär. Eger tegek 50 sany oramdan düzülen bolsa, unuň içindäki magnit meýdan induksiýasy nähili?

2. Tegekden geçýän togy 0,1 s dowamynda noldan 5 A –a çenli bir tekiz artdyranymyzda 50 V öz-özünde induksiya EHG hasyl bolýar. Tegegiň induktiwlighini tapyň.

3. Induktiwlighi 0,12 H bolan tegekde 6 V öz-özünde induksiya EHg hasyl bolsa, tok näçe A/s tizlik bilen üýtgeýär?

4. Induktiwlighi 2 H bolan tegekden akyp geçýän tok 0,2 s içinde 1 A -den 5 A -e çenli tekiz artyp baran bolsa, tegekdäki induksion EHG nämä deň (V)?

5. Induktiwlighi 10 mH bolan tegekde näçe tok geçende 20 mWb magnit akymy hasyl bolýar?



MESELELER ÇÖZMEK

57-nji TEMA

Mesele çözmegiň nusgalary

1. Solenoiddäki toguň üýtgame tizligi $\Delta I/\Delta t = 50 \text{ A/s}$ -a deň bolanda onuň uçlarynda $0,075 \text{ V}$ öz-özünde induksiýa EHG hasyl bolan bolsa, solenoidiň induktiwligini tapyň.

Berlen:	Formula:	Çözülişi:
$\frac{\Delta I}{\Delta t} = 50 \frac{\text{A}}{\text{s}}$ $\varepsilon_{\text{öz.in.}} = 0,075 \text{ V}$ $L = ?$	$\varepsilon_{\text{öz.in.}} = -L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}$ $L = \frac{\varepsilon_{\text{öz.in.}}}{\left \frac{\Delta I}{\Delta t} \right }$	$L = \frac{0,075}{50} \text{ H} = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ H}$ Jogaby: $L = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ H}$.

42-nji gönükme.



1. Uzynlygy 20 cm we diametri 3 cm bolan tegek 400 orama eýe bolup, ondan 2 A tok geçýär. Tegegiň induktiwligini we tegegiň kese kesiginden geçýän magnit akymyny tapyň.

2. Diametri 4 cm bolan tegegiň induktiwligi $0,001 \text{ H}$ bolmagy üçin $0,6 \text{ mm}$ diametrli simden oňa bir hatar dykyz edip näçe oram oramaly?

3. Tegekden geçýän togy $0,1 \text{ s}$ dowamynda noldan 5 A -a çenli bir tekiz artdyranymyzda 50 V öz-özünde induksiýa EHG hasyl bolýar. Tegegiň induktiwligini tapyň.

4. 250 sany orama eýe bolan tegegiň içinde magnit akymy $0,4 \text{ s}$ -da 2 Wb -a üýtgedi. Tegekde hasyl bolan induksiýa EHG-ini tapyň.

5. Solenoiddäki tok güýji 5 A bolanda onda 50 mWb magnit akymy hasyl bolsa, solenoidiň induktiwligi näçe?

6. Induktivligi $0,4 \text{ H}$ bolan konturda tok güýji 2 A bolanda ondan geçýän magnit akymy näçe webere deň bolýar?

7. 5 ms -da solenoiddäki magnit akymy 3 mWb -dan 9 mWb -a çenli üýtgeýär. Eger solenoidde hasyl bolan EÝuK 60 V bolsa, solenoiddäki oramlaryň sany näçä deň?

8. Magnit meýdanynyň induksiýasynyň wektoryna dik bolan ýasy konturdan $0,6 \text{ Wb}$ magnit akymy geçýär. Eger magnit induksiýasy $0,2 \text{ T}$ -a deň bolsa, konturyň meýdany näçe?

9. Meýdany 2 m^2 bolan we magnit meýdan induksiýasy wektoryna dik ýerleşen ýasy konturdan 1 Wb -a deň magnit akymy geçse, magnit induksiýasy näçe tesla deň.

10. Induktivligi 2 mH bolan kontur 10 mWb magnit akym hasyl edýän bolsa, konturdan geçýän tok güýji näçä deň (A)?



58-nji TEMA

TOGUŇ MAGNIT MEYDANYNYŇ ENERGIYASY. MADDALARYŇ MAGNIT HÄSIYETLERI

1. Tokly geçirijiniň magnit meýdanynyň energiýasy
2. Maddalaryň magnit häsiýetleri
3. Daşky gurşawyň magnit siňdirijiligi.



Magnit demir predmetleri özüne çekmegi, rezin, agaç ýaly predmetleri bolsa çekmeýänligini görensiňiz. Näme üçin şeýle bolýar diýip pikir edýärsiňiz?

1. Toguň magnit meýdanynyň energiýasy

Zarýadlanan jisimiň elektrik meýdanynyň energiýasyna eýe bol-
sy ýaly tokly geçirijiniň töwereginde hasyl bolan magnit meýdany
hem energiýa eýe bolýar. Magnit meýdanynyň energiýasyny hasapla-
magy aşakdaky mysalda görüp çykýarys. Induktivligi L bolan tegek
tok çeşmesine reostat arkaly yzly-yzyna birleşdirilen bolsun (7.34-
nji surat).

Tegekdan geçýän elektrik togy energiýasynyň bir bölegi onda
magnit meýdany emele getirmäge sarplanýar. Energiýanyň saklan-
mak kanunyna görä, tok emele getiren energiýa magnit akymyny
emele getirmek üçin sarplanan işe deň bolýar, ýagny

$$W_{\text{mag}} = A.$$

Reostatyň nurbatyny süýşürüp, tegekdan geçýän togy tekiz
artdyrýarys. Tegekte hasyl bolan magnit akymy ($\Phi = L \cdot I$) ondan
geçýän toga göni proporsional, ýagny tok artdygy saýyn magnit aky-
my hem çyzykly artyp barýar (7.35-nji surat). Çyzgyda berlen üç-
burçlugyň meýdanynyň geometrik manysy edilen işi düşündirýär. Bu
meýdanyň san bahasy:

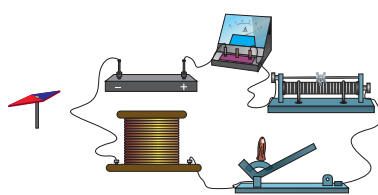
$$A = (I \cdot \Phi) / 2 \quad (1)$$

Onda tokly geçirijiniň töwereginde hasyl bolan magnit meýdanyň ener-
giýasyny hasaplamagyň formulasy aşakdaky görnüşe gelýär:

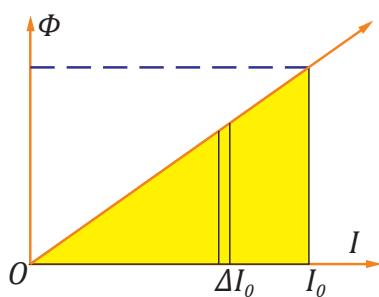
$$W_{\text{mag}} = A = \frac{I \cdot \Phi}{2} = \frac{L \cdot I^2}{2} \quad (2)$$

Diýmek, tokly konturyň magnit meýdanynyň energiýasy onuň in-
duktivligi bilen. Konturdan geçýän tok güýjüň kwadratynyň köpelt-
mek hasylynyň ýarymyna deň eken.

Tokly solenoidde magnit meýdanynyň energiýasynyň esasy bö-
legi solenoidiň içinde jemlenen bolýar. Solenoidiň içindäki meýdany
bir jynsly magnit meýdan energiýasynyň solenoidiň içki göwrüme
gatnaşygy bilen anyklanýan ululyga magnit meýdanynyň energiýa dy-
kyzlygy diýilýär:



7.34-nji surat



7.35-nji surat



$$\bar{\omega}_{mag} = \frac{W_{mag}}{V} = \frac{W_{mag}}{Sl} \quad (3)$$

Munda S – solenoidni kesigini meydani, l – solenoidni uzunlygy. HBS-da magnet meydanyning energiya dykizlygy J/m^3 -da olchenyar.

(2) denlikden gornushi yaly, toguñ magnet meydanyning energiyaning aňlatmasyny hereketlenyan jisimni kinetik energiya $E = (m \cdot v^2)/2$ aňlatmasy bilen deñesdirip, induktivligi mehanikadaky massa, tok gujyuni bolsa tizlige meñzeş fiziki ululyklardygyny goryaris. Yokarda aydyp geçisimiz yaly, mehanikada jisimni massasy onun tizligini uytgetmekde nahili rol oynasa, induktivlik hem konturna tok gujyuni uytgemeginde şeyle rol oynayar.

Guyçli magnet meydany hasyl etmekte elektromagnitler peydalanlyar. Elektromagnitni esasyny solenoid tegegi emele getiryar. Solenoidni ichine girizilen ferromagnet ozegi onun induktivligini yiti arttyryar. Netijeda elektromagnet tegegin towereginde magnet meydany hem guychlenyar we ol agyr yukleri shubhesiz goteryar. Tokly tegegin toweregindaki magnet meydany hasyl bolmagyna esaslanyp hereketlenyan, agyr yukleri goterip bilyan elektromagnet kranlar oba hojalygyny durl pudaklarynda ginden peydalanlyar (7.36-njy surat).

2. Maddalarni magnet hasiyetleri

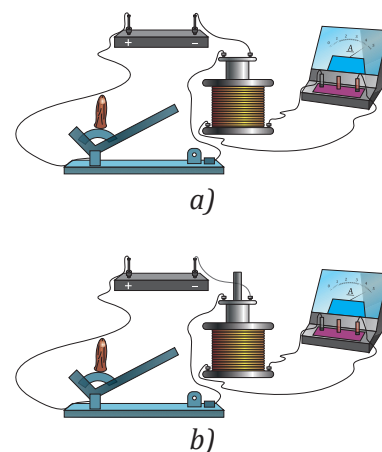
Kop maddalar (meselem, demir, nikel, kobalt yaly) magnet meydanyga girizilende ya-da olardan tok geçende magnetlenip galayar. Olar hemişelik magnet yaly oz towereginde magnet meydany hasyl edyar. Magnet meydanyning tasirinde magnetlenip galayan beyle maddalarga magnetikler diyilyar.

Biz 47-nji temada tokly tegegin ichinde hasyl bolan magnet meydanyning tegekden geçyan tok gujyune proporsionaldygyny gorup geçpidik. Tegegin ichindaki magnet meydanyning bahalamak maksadynda aşakdaky tejribani geçirmek mumkin. Gorkezme gurluşyni umumy gornushi 7.37-nji *a* suratda gorkezilen. Gorkezme gurluşy uytgeyan tok çeşmesi, kese kesigini meydany durl bolan iki sany tegek, durl maddadan yasalan ozenler, ampermetr we açardan ybarat. Kesigin meydany kici bolan birinji tegegi acar arkaly tok çeşmesine birikdiryaris we ony ikkinji tegegin ichine girizyaris. Ikkinji tegegi bolsa galvanometre birleşdiryaris. Açaryny birikdirsek, elektromagnet induksiya hadysasy sebapli ikkinji tegekde induksion EHG hasyl bolanlygyny galwanometri gornuzijileri boyunça anyklayarys.

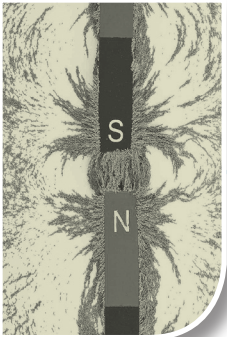
Tegekdeki napryazheniyani uytgetmezden, birinji tegegin ichine gezekli-gezegine durl gornuzdaki metal ozenler girizilip, tejribe gaytalansa, onun ichindaki magnet meydany induksiyaning durl bolyanlygy sebapli galvanometr strelkasyni agmagyni durlçe uytgeyanligini goryaris (7.37-nji *b* surat) (shu tejribani yerine yetirip gorun). Diymek durl gornuzdaki maddalar tegegin ichinde durl magnet meydany emele getiryandir.



7.36-njy surat



7.37-nji surat



VII BAP. MAGNIT MEYDANY

Daşky gurşawyň magnit siňdirijiligi

Tegegiň içinde hasyl bolýan magnit meýdanynyň induksiýasy oňa girizilen maddanyň tebigatyna bagly bolýan eken, ýagny:

$$B = \mu \cdot B_0 \quad (4)$$

Diýmek, tokly tegek islendik şertde emele getiren magnit meýdan induksiýasy (B) onuň wakuumda hasyl eden magnit meýdan induksiýasyna (B_0) göni proporsional bolup, şertiň görnüşine hem bagly bolýar. (4) aňlatmadan μ ni tapsak:

$$\mu = B/B_0 \quad (5)$$

Bu deňlikdäki μ – şertiň magnit siňdirijiligi diýip atlandyrylýar. Ol dine şertdäki ýagdaýa bagly bolup, şertdäki meýdan induksiýasy, wakuumdaky magnit meýdan induksiýasyndan näçe esse tapawut edýändigini bildirýär.

Tebigatda duş gelyän ähli maddalar magnit siňdirijiligine görä üç topara bölünýärler. Olar: diamagnetikler, paramagnetikler we ferromagnetikler.

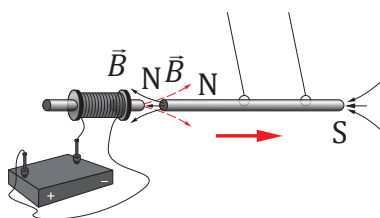
Magnit siňdirijiligi birden kiçi bolan ($\mu < 1$) maddalara diamagnetikler diýilýär. Altyn, kümüş, wismut, mis, sink we käte gazlar diamagnetiklerdir. Diamagnetikler magnit meýdanyny gowşadýar. Beýle maddalara magnit meýdany ýakynlaşdyrylanda olar meýdandan uzaklaşýar (7.38-nji surat).

Magnit siňdirijiligi birden biraz uly bolan ($\mu > 1$) maddalara paramagnetikler diýilýär.

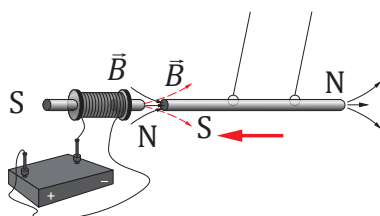
Paramagnetiklere platina, alýuminiý, hrom, marganes, kislorod ýaly maddalar girýär. Magnit meýdanyna girizilen paramagnetikler meýdanyň käbir ýerini (bölekleyin) güýçlendirýär.

Magnit siňdirijiligi birden örän uly bolan ($\mu \gg 1$) maddalara *ferromagnetikler* diýilýär. Demir, nikel, kobalt we olaryň käbir garyndylary ferromagnetiklerdir. Magnit meýdanyna girizilen ferromagnetikler ony güýçlendirýär. Beýle maddalardan ýasalan jisimler magnit meýdanyna girizilende meýdana çekilýär (7.39-njy surat).

Ferromagnetikler tebigatda örän köp bolmasa-da, olar häzirki zaman tehnikaşynda giňden peýdalanylýar. Meselem, transformator, tok generatory, elektrodwigatel we başga gurluşlaryň özenleri ferromagnetik materiallardan ýasalýar. Soňky wagtlarda hemişelik magnitler medisina hem giňden peýdalanylýar. Olardan gan basyşyny peseldýän enjam görnüşinde ele dakylýan bilezik taýýarlanýar.



7.38-nji surat



7.39-njy surat



1. Tegekden geçýän tok energiýasynyň sarpyny anyklaň.
2. Magnit meýdan energiýasyny düşündiriň.
3. Magnit meýdan energiýasynyň hasabyna işleýän nähili gurluşlary bilýärsiňiz?
4. Magnetikleri häsiýetlendirip beriň?
5. Magnit siňdirijiligiň fiziki manysyny düşündiriň.
6. Tebigatdaky maddalar magnit siňdirijiligine görä nähili görnüşlere bölünýärler?
7. Ferromagnetikleriň tehnika peýdalanylmagyna degişli mysallar getiriň.



Mesele çözmegiň nusgasy

Magnit meýdan induksiýasy 0,5 T bolan özensiz tegege magnit siňdirijiligi 60 -a deň bolan ferromagnit girizildi. Tegegiň içindäki magnit meýdanynyň induksiýasy näçä üýtgeýär?

Berlen:	Formula:	Çözülüşi:
$B_0 = 0,5 \text{ T}$ $\mu = 60$ $\Delta B = ?$	$B = \mu \cdot B_0$ $\Delta B = \mu \cdot B_0 - B_0$	$\Delta B = 60 \cdot 0,5 - 0,5 = 29,5 \text{ T}$ Jogaby: $\Delta B = 29,5 \text{ T}$

43-nji gönükme



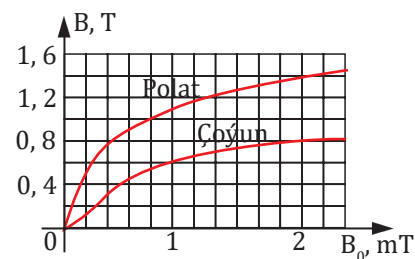
1. Tegekden 2 A tok akyp geçende hasyl bolýan magnit meýdanyň energiýasy 2 J bolsa, tegegiň induktiwligi näçe genri?

2. Meýdanyň energiýasy 1 J -a deň bolmasy üçin induktiwligi 0,5 H bolan drossel sargysyndaky toguň güýji näçe bolmaly?

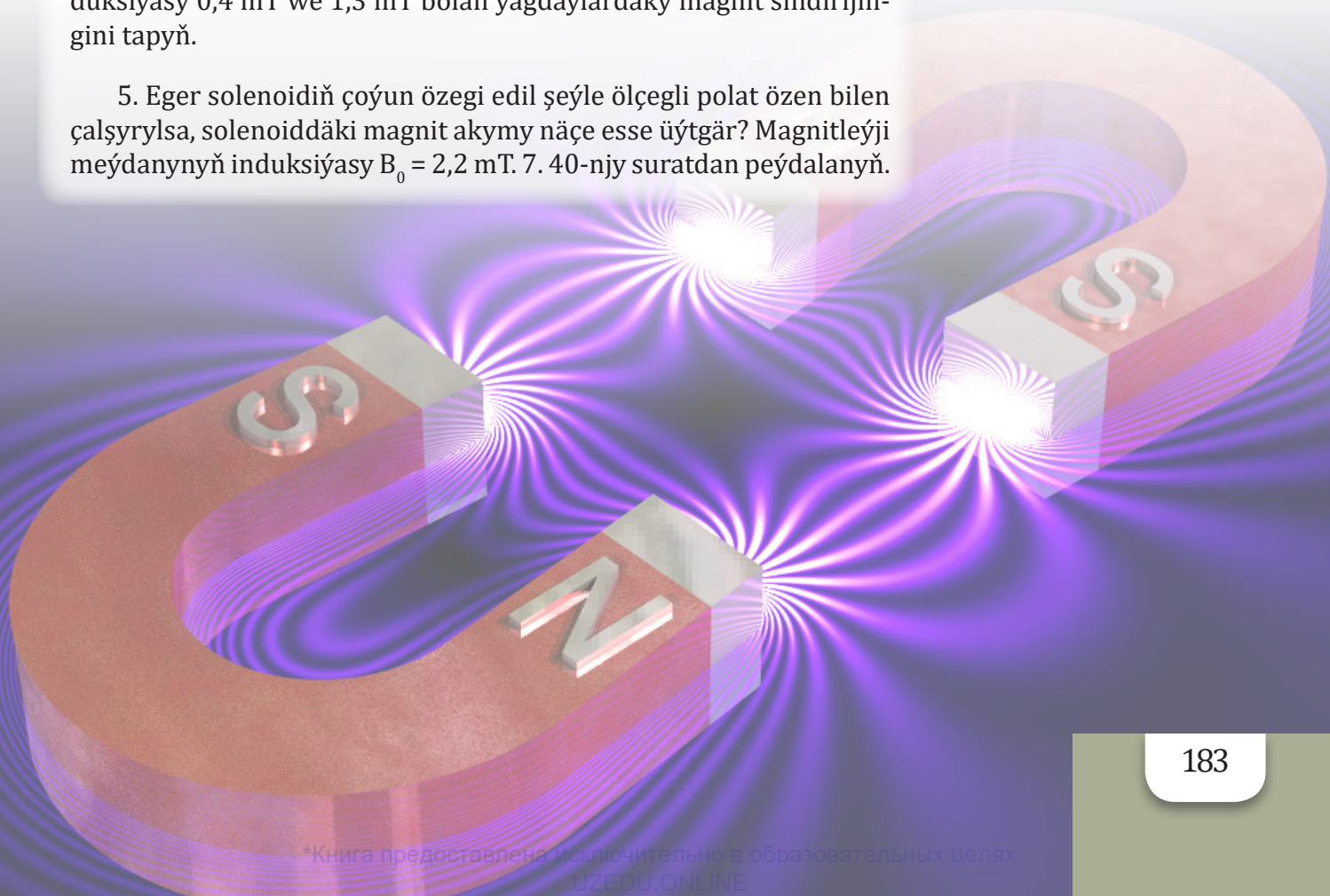
3. Uzynlygy 50 cm we kese kesiginiň meýdany 2 cm^2 bolan solenoid $2 \cdot 10^{-7} \text{ H}$ induktiwligi eýe. Solenoidiň içine demir özen girizilende magnit meýdan energiýasynyň dykzlygy 10^{-3} J/m^3 bolmasy üçin solenoidden näçe tok geçmeli?

4. 7.40-njy surata seredip polady magnitleýji meýdanyň (B) induksiýasy 0,4 mT we 1,3 mT bolan ýagdaýlardaky magnit siňdirijiligi tapyň.

5. Eger solenoidiň çöýun özegi edil şeýle ölçegli polat özen bilen çalşyrylsa, solenoiddäki magnit akymy näçe esse üýtgär? Magnitleýji meýdanynyň induksiýasy $B_0 = 2,2 \text{ mT}$. 7. 40-njy suratdan peýdalanyň.



7.40-njy surat





59-njy TEMA

MESELELER ÇÖZMEK

Meseleler çözmegiñ nusgalary

1. Induktivligi 0,6 H -a deñ bolan tegekden 5 A tok akyp geçýän bolsa, tegekde hasyl bolan magnit meýdanynyñ energiýasy tapylsyn.

Berlen:	Formula:	Çözülüşi:
$L = 0,6 \text{ H}$ $I = 5 \text{ A}$	$W_{\text{mag}} = \frac{LI^2}{2}$	$W_{\text{mag}} = \frac{0,6 \text{ H} \cdot (5 \text{ A})^2}{2} = 7,5 \text{ J}$
$W_{\text{mag}} = ?$		Jogaby: $W_{\text{mag}} = 7,5 \text{ J}$.

2. Magnit meýdanynyñ energiýasy 4 mJ bolmagy üçin induktiwligi 0,2 H bolan tegek oramyndaky tok güýji nähili bolmaly?

Berlen:	Formula:	Çözülüşi:
$W = 4 \text{ mJ} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ J}$ $L = 0,2 \text{ H}$	$W_{\text{mag}} = \frac{LI^2}{2}$	$I = \sqrt{\frac{2 \cdot 4 \cdot 10^{-3} \text{ J}}{0,2 \text{ H}}} = 0,2 \text{ A}$
$I = ?$	$I = \sqrt{\frac{2 \cdot W_{\text{mag}}}{L}}$	Jogaby: $I = 0,2 \text{ A}$.

3. Wakuumdaky tokly tegegiñ içinde magnit meýdanynyñ induksiýasy $B_0 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ T}$ -ge deñ. Tegege polat özen girizilende induksiýasy $B = 1,2 \text{ T}$ çenli artan bolsa, poladyñ şu şertdäki magnit siñdirijiligini tapyň.

Berlen:	Formula:	Çözülüşi:
$B_0 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ T}$ $B = 1,2 \text{ T}$	$B = \mu B_0$ $\mu = B/B_0$	$\mu = \frac{1,2 \text{ T}}{2 \cdot 10^{-4} \text{ T}} = 6000$
$\mu = ?$		Jogaby: $\mu = 6000$.

4. Özensiz tegegiñ içindäki magnit meýdanynyñ induksiýasy $B_0 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ T}$ -ge deñ. Eger tegegiñ içine nikel özen girizilýän bolsa, özende magnit meýdanynyñ induksiýasy we özeniñ kese kesigi $S = 10 \text{ cm}^2$ arkaly geçýän magnit induksiýasynyñ akymyny tapyň.

Berlen:	Formula:	Çözülüşi:
$B_0 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ T}$ $\mu = 800$ $S = 10 \text{ cm}^2 = 1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$	$B = \mu B_0$ $\Phi = BS$	$B = 800 \cdot 2 \cdot 10^{-4} \text{ T} = 16 \cdot 10^{-2} \text{ T}$ $\Phi = 16 \cdot 10^{-2} \cdot 1 \cdot 10^{-3} \text{ Wb} = 16 \cdot 10^{-5} \text{ Wb}$
$B = ? \Phi = ?$		Jogaby: $B = 16 \cdot 10^{-2} \text{ T}; \Phi = 16 \cdot 10^{-5} \text{ Wb}$.



44-nji gönükme



1. Uzynlygy 60 cm we kese kesiginiň meýdany 4 cm^2 bolan solenoidiň induktiwligi $4 \cdot 10^{-7} \text{ H}$ -a deň. Solenoidiň içinde magnit meýdan energiýasynyň dykzlygy $2 \cdot 10^{-3} \text{ J/m}^3$ bolmagy üçin solenoidden geçýän tok güýji nähili bolmaly?

2. Iki sany birmeňzeş polat brusoklar, olardan biri magnitlenen. Bu brusoklardan başga hiç zatdan peýdalanman, olaryň haýsy biriniň magnitlenenligini nähili anyklamak mümkin?

3. Solenoidde tok güýji 10 A bolanda 0,5 Wb magnit akym hasyl bolýar. Şu solenoidiň magnit meýdanynyň energiýasyny tapyň.

4. Tokly solenoidiň özege nikelden taýýarlanan bolup, onuň kesiginiň meýdany 20 cm^2 -a, magnit akymy bolsa $1,256 \cdot 10^{-2} \text{ Wb}$ -a deň. Eger solenoidiň içindäki bir jynsly magnit meýdanynyň induksiýasy 31,4 mT -a deň bolsa, nikeliň şu şertdäki magnit siňdirijiligini tapyň.

5. Metal jisimiň içindäki meýdan induksiýasy 5 T, daşky magnitleýji meýdan induksiýasy bolsa 2,5 mT. Metalyň magnit siňdirijiligini tapyň.

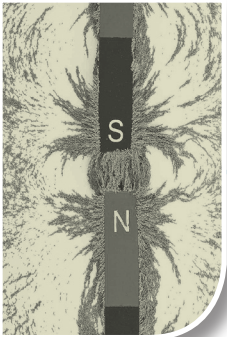
6. Özensiz tegekdäki magnit meýdanynyň induksiýasy 25 mT -a deň. Eger tegegiň içine magnit siňdirijiligi 60 -a deň bolan ferromagnit özege girizilse, tegekdäki magnit meýdanynyň induksiýasy nähili bolýar?

7. Uzynlygy 0,4 m -a, kese kesiginiň meýdany 2 cm^2 -a we uzynlyk birligine gabat gelýän oramlar sany 25 1/cm -e deň bolan özensiz solenoid oramlaryndan 0,8 A tok akyp geçýän bolsa, solenoidiň içinde hasyl bolan magnit meýdanynyň energiýasyny tapyň.

8. Tegekden 3 A tok geçende onuň magnit meýdan energiýasy 60 mJ -a deň bolsa, tegegiň induktiwligi nämä deň bolýar?

9. Uzynlygy 40 cm, kese kesiginiň meýdany 4 cm^2 we oramlarynyň sany 800 -e deň bolan tegegiň induktiwligini tapyň. Tegegiň özege materialynyň magnit siňdirijiligi 500 -e deň.

10. Nikeliň belli bir kesiginden geçýän magnit akymy magnit siňdirijiligi 634 bolan poladyň edil şeýle kesiginden geçýän magnit akymyndan 2 esse kem bolmagy mälim bolsa, nikeliň magnit siňdirijiligini tapyň.



VII BABY JEMLEMÄGE DEĞİŞLİ SORAGLAR WE MESELELER

1. Akkumulýatorlaryň batareýasyna iki sany zynjyr parallel edip birleşdirilen. Olaryň birinde gyzdyrýan lampä, ikinjisinde bolsa uly elektromagnit bar. Iki sany zynjyrdaky toguň ululygy birmeňzeş. Haýsy zynjyr üzülende güýçliäk uçgun çykarýar? Näme üçin?

2. Ýylmanak çüýşäniň üstünde ýatan kub şekilli demir bölegi şu çüýşäniň üstünde ýatan magnite çekilip, çüýşäniň üsti bilen süýşýär. Ol nähili hereketde bolýar: tekiz hereketmi, tizlenýän hereketdemi ýa-da tekiz tizlenýän hereketmi?

3. Elektrik togunyň magnite täsiri toguň haýsy şertlerinden geçende görünýär?

4. Geçirijiden üýtgemeyän tok geçende onuň töwereginde nähili meýdan hasyl bolýar?

5. Bir jynsly magnit meýdanyna ýerleşdirilen meýdany $0,05 \text{ m}^2$ bolan tokly ramkadan 2 A tok akyp geçýär. Eger aýlandyryjy maksimal güýç momenti $40 \text{ mN} \cdot \text{m}$ bolsa, meýdanyň induksiýasy nämä deň?

6. Magnit meýdanynyň induksiýa çyzyklaryna dik ugurda elektron we proton uçup girýär. Protonyň massasy elektronyň massasyndan 1800 esse uly. Bölejikleriň haýsy birine täsir edýän Lorens güýji uly bolýar?

7. Kontury kesip geçýän magnit akymy $0,4 \text{ s}$ içinde 5 Wb -dan 13 Wb -a çenli tekiz üýtgedi. Konturda hasyl bolan induksiýa EHG-ni tapyň.

8. Magnit akymynyň üýtgame tizligi $0,15 \text{ Wb/s}$ bolanda tegekde 120 V EHG hasyl bolsa, tegekdäki sargylaryň sany näçe bolupdyr?

9. Tok güýji $0,6 \text{ A}$ bolanda induktiwligi 80 mH bolan tegekde nähili magnit akymy emele geldi?

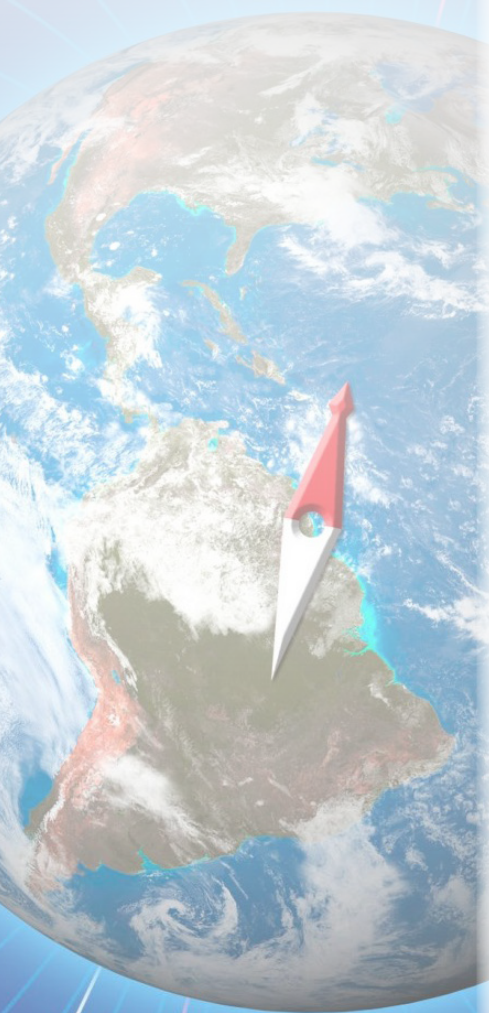
10. Induktiwligi 2 H bolan tegekde öz-özünde induksiýa EHG-niň bahasy 36 V bolmagy üçin tegekdan geçýän toguň üýtgame tizligi nähili bolmaly?

11. Tokly tegekdäki magnit meýdanynyň induksiýasy 20 mT -a deň. Tegegiň içine ferromagnit özeği girizilende onda hasyl bolan magnit meýdan induksiýasy 180 mT -a artan bolsa, tegege düşürilen özeğiň magnit siňdirijiligi nämä deň?

12. Radiusy 2 cm bolan tegekden 3 A tok akyp geçýär. Tegegiň içine magnit siňdirijiligi 20 deň bolan ferromagnit özeği girizilse, tegegiň içindäki magnit meýdan induksiýasy nähili bolýar? Tegegiň uzunlygy 20 cm , oramlarynyň sany 150 -ä deň.

13. Solenoidden $2,5 \text{ A}$ tok geçende, onda $0,8 \text{ mWb}$ magnit akymy hasyl bolsa, magnit meýdanynyň energiýasyny anyklaň.

14. Induktiwligi 5 mH bolan tegekden $0,4 \text{ A}$ tok akyp geçýär. Magnit meýdanynyň energiýasyny tapyň.



GÖNÜKMELERİN JOGAPLARY

1-nji gönükme. 1. 100 N, birinji topar tarapa ugrukdyrylsa çünki uly güýjüň ugrunda bolýar; 2. 90° burç astynda; 3. 0,4 m/s²; 0,3 m/s²; 4. F_4 tarapa.

2-nji gönükme. 1. 4 esse artýar; 2. 4 esse artýar; 3. 3 metre deň; 4. 1135,8 N; 5. 6 kN; 4 esse artýar.

3-nji gönükme. 1. 8 N F_2 ugurda; 2. 1 kg; 3. a) 250 N; b) 1000 N; 4. 0,25 m/s²; 0,2 m/s²; 5. 26,2 km/s; 6. 16 km/s; 7. 8 esse kemelýär; 8. 9 km/s; 9. 4 km/s;

4-nji gönükme. 1. 1,3 t; 2. 4,2 kN; 3. 720 N; 4. 663 N; 5. 4,5 kN.

5-nji gönükme. 1. 2 m/s², 2,4 N; 2. 0,981 m; 4. 1,105.

6-njy gönükme. 1. 306,25 kg; 2. $\approx 15,8$ m/s; 3. 600N, 300N; 4. 2,4525 m/s²; 5. g/3; 6. 3,27 m/s²; 7. 3 m/s; 8. 46400 N; 9. 950 N;

7-nji gönükme. 1. 220N; 20 N; 2. 1287 N; 3. m = 3,9 kg ;

8-nji gönükme. 1. 16 J; 2. 83,3%; 3. 62,5%; 4. N = 50 W;

9-njy gönükme. 1. 2,37 m; 2. 7,6 m; 1,5 s; 3. 495 m; 7,9 m/s²; 4. 26 kW; 5. $\approx 67\%$; 6. $\mu = \tan \alpha$; 7. 88,2%; 8. $442,8 \cdot 10^5$ J; 9. 12152 J; 65,8%;

10-njy gönükme. 1. 360 N; 2. 600 N; 3. Islendik ýönekeý mehanizmden işden utuş alyp bolmaýar; 4. 500 N; 5. 10 cm, 30 cm.

11-nji gönükme. 1. 1, 5, 3 görkezijiler jisimiň massa merkezinden geçmegi mümkin; 2. 2 N; 3. 2 kg; 4. 0,75 m; 5. d_1 ; 6. $l_1 = 60$ cm; $l_2 = 20$ cm uly ýükden 20 cm aňyrdan bolýar; 7. 1200 N.

12-nji gönükme. 1. 0,2 m; 8 s; 0,2 m; 2. 40 cm ; 3. 0,06 m; 50 Hz; 0,02 s; 4. 0,2 m; π ; $\pi/2$;

13-nji gönükme. 1. 4 esse kemelýär; 2. 0,25 Hz; 3. 0,314 s; 4. 1,2 π ;

14-nji gönükme. 1. 3 s; 2. 2 m; 3. 0,5 m/s; 4. 0,5 m;

15-nji gönükme. 1. 1,2 km; 2. Üýtgemelýär; 3. 1,6 s.

16-njy gönükme. 1. 4 kg; 2. $l_2 = 9l_1$; 3. 1 m; 4. 0,06 m; 0,67s; 1,5 Hz; 5. 20 Hz; 6. 5100 m; 7. 0,4 s; 8. 450 m; 9. Sudýa sekundomeri sapançanyň agzyndan çykan uçguny göreňde işe düşürmeli, çünki sesiň gelmegine garaşsa, wagt geçip gidýär. Sesiň ýaýraýyş tizligi ýagtylygyň ýaýraýyş tizliginden köp esse kiçi; 10. 1500 m/s.

17-nji gönükme. 1. 250 kPa; 2. 2,8 esse kemelýär; 3. $p_1 > p_2 > p_3$; 4. 1,13 m/s.

18-nji gönükme. 1. 5 m/s; 2. 0,5 m/s; 3. 1,21 esse artýar; 4. 0,45 m/s; 5. 4,5 m/s; 6. 40 kN; 8. 1382,4 kg; 9. 10 m/s.

19-njy gönükme. 1. K (-); L (-). 2. 187,5 nN. 3. $\frac{\sqrt{3}kq}{4d^2}$ 4. 4-nji ugurda pese. 5. 0.

20-nji gönükme. 1. 180 V/m. 2. 4,2 esse kemelýär. 3. $E_1 \neq 0$, $E_2 = 0$. 4. $E = \frac{\sigma}{9\epsilon_0}$. 5. $E_{o'rt} = \frac{4\sqrt{3}kq}{5a^2}$

21-nji gönükme. 1. Ikisi-de otrisatel. 2. 1,6 cm; 3. $9 \cdot 10^{-7}$ C. 4. 91 V/m. 5. Saga.

22-nji gönükme. 1. 50,4 kV/m. 2. 0. 3. 50 V/m. 4. 3750 V/m. 5. $\alpha = 60^\circ$.

23-nji gönükme. 1. $43,2 \cdot 10^{-19}$ J. 2. $v_2 = \sqrt{4,12 \cdot 10^{-2}}$ m/s. 3. $2 \cdot 10^9$ sany. 4. $12 \cdot 10^{-7}$ J. 5. 1,8 mm.

24-nji gönükme. 1. 10^{-16} J. 2. $2,125 \cdot 10^{-7}$ C/m². 3. 36 cm. 4. 400 V.

25-nji gönükme. 1. 22,5 kV. 2. 2,1 cm. 3. 2,275 kV. 4. 5,9 nF. 5. 711,1 μ F.

26-njy gönükme. 1. 10^{14} sany. 2. 3 kV/m. 3. 0,1 A. 4. $3 \cdot 10^{20}$ sany. 5. 6000 C.

27-nji gönükme. 1. 1,8 Ω . 2. 14 V. 3. 1 Ω . 4. 4 V. 5. 5 A

- 28-*nji* gönükme. **1.** 30 A. **2.** $64 \cdot 10^{14}$ A/m². **3.** 1,197 V. **4.** 1 A; 0,8 A; 0,2 A; 1 A; 1,2 V; 0,8V; 0,8 V; 1 V. **5.** 0,15 A. **6.** 4 A; **7.** 10 V; **8.** 10 A; **9.** 12 V. **10.** 8 V; **11.** 1,28 A/m²; **12.** $1,25 \cdot 10^{-4}$ m/s.
- 29-*nji* gönükme. **1.** 0,2 °C. **2.** 1,3 esse. **3.** 20,2 Ω. **4.** 181,8 °C; **5.** 250 °C.
- 30-*nji* gönükme. **1.** 1400 °C. **2.** 24 °C; **3.** 25,4 mA **4.** 12·9%-e artýar. **5.** 71,8 °C; **6.** 2517 °C; **7.** $4,4 \cdot 10^0$ C⁻¹; **8.** 500 °C.
- 31-*nji* gönükme. **1.** 4 esse artýar. **2.** 33 mg. **3.** 29412 C. **4.** 0,1 mm. **5.** 18 g.
- 32-*nji* gönükme. **1.** 9,26 mA. **2.** 4,032 kg. **3.** 182 cm². **4.** 5,47 g. **5.** $3,3 \cdot 10^{-7}$ kg/C. **6.** 4,125 mg.
- 33-*nji* gönükme. **1.** 15,6 V. **2.** 20 kA; 40 TW; 200 GJ. **3.** 1,2 ms. **4.** 6,4 mA.
- 34-*nji* gönükme. **1.** $28 \cdot 10^{-6}$ T. **2.** 14 A. **3.** 5 mT. **4.** $2,5 \cdot 10^{-5}$ T.
- 35-*nji* gönükme. **1.** 0,8 T. **2.** $4 \cdot 10^{-2}$ T. **3.** 17°. **4.** 15 A.
- 36-*nji* gönükme. **1.** 1 N. **2.** $0,125 \cdot 10^{-4}$ N. **3.** 20 A.
- 37-*nji* gönükme. **1.** $6,25 \cdot 10^{-4}$ Wb. **2.** 0,2 T. **3.** 5 W. **4.** 2 J; 0,2 W. **5.** 4,8 mJ.
- 38-*nji* gönükme. **1.** 10,6 cm. **2.** 32,3 cm. **3.** $3,2 \cdot 10^{-19}$ C. **4.** $7 \cdot 10^{14}$ m/s². **5.** 0,32 pN.
- 39-*nji* gönükme. **1.** $12,56 \cdot 10^{-6}$ T. **2.** 0.3, 12 mJ. **4.** 60°. **5.** 0,01 T. **6.** 6,4 pN. **7.** $1.6 \cdot 10^6$ m/s.
- 8.** 52,2 cm. **9.** 1,78 T.
- 40-*nji* gönükme. **1.** 50 V. **2.** 0,5 s; 0,5 A. **3.** 200 V. **4.** 0,06 Wb/s. **5.** 1 mV.
- 41-*nji* gönükme. **1.** 1,6 T. **2.** 1 H. **3.** 50 A/s. **4.** 40 V. **5.** 2 A.
- 42-*nji* gönükme. **1.** 0.71 mH; 1.42 mWb. **2.** 380 sany. **3.** 1 H. **4.** 1250 V; **5.** 10 mH. **6.** 0,8 Wb. **7.** 50 sany. **8.** 3 m². **9.** 0,5 T. **10.** 5 A.
- 43-*nji* gönükme. **1.** 1 H. **2.** 2 A. **3.** 1 A. **4.** 2; 0,92. **5.** 1,75 esse artýar.
- 44-*nji* gönükme. **1.** 1,55 A. **3.** 2,5 J. **4.** 5. **5.** 2000. **6.** 1,5 T. **7.** 0,2 mJ. **8.** 13,3 mH. **9.** 0,4 H. **10.** 317.

I BABA DEĞIŞLI ÖZBAŞDAK ÇÖZMEK ÜÇİN MESELELERİŇ JOGAPLARY

1. 2 N deň täsir edijii bolup bilmeýär; 2. Ýeriň üstünden R aralykda; 3. 10 cm; 90 cm;
4. $16,5 \cdot 10^2$ m/s; 5. 1 s; 6. $m g \sin \alpha$; 7. $\tan \alpha$; 8. 10 esse; 9. 360 N; 440 N; 10. 5 kN.

II BABA DEĞIŞLI ÖZBAŞDAK ÇÖZMEK ÜÇİN MESELELERİŇ JOGAPLARY

1. 16 cm; 0; 2. 0,5 Hz; 2 s; 3. $T_2 = 2T_1$; 4. $2,5 T_1$; 5. $x = 0,1 \sin 4\pi t$; 6. 6,28 s; 0,05 m;
7. $x = 0,001 \sin 20\pi t$; 8. 80 cm; 9. 10 cm; 10. 18 m; 11. 2,4 m/s;

III BABA DEĞIŞLI ÖZBAŞDAK ÇÖZMEK ÜÇİN MESELELERİŇ JOGAPLARY

1. 5; 2. 8 m/s; 3. $1 \cdot 10^{-3}$ m²; 4. 720 kg; 6. $S_2/S_1 = 1/5,6$ kem bolýar;
7. $\rho v^2/2$ – suwuklygyň akymynyň gidrodinamik basyşy; 8. 1,4 cm; 9. 3 l.

IV BABA DEĞIŞLI ÖZBAŞDAK ÇÖZMEK ÜÇİN MESELELERİŇ JOGAPLARY

1. $C_2 = 81 C_1$; 2. 30 cm; 3. 3600 V/m; 4. 50 nC; 5. 150 V; 6. – 30 kV; 7. 243 nJ; 8. 1500 V/m;
9. 120 V; 10. 6 mJ; 11. 1 kV; 12. $159,3 \mu\text{J}/\text{m}^3$; 13. $4,8 \cdot 10^{15}$ m/s².
14. Merkezden 3 cm-däki 0-a deň; üstden 4 cm-de bolsa 21,6 kV/m.

V BABA DEĞIŞLI ÖZBAŞDAK ÇÖZMEK ÜÇİN MESELELERİŇ JOGAPLARY

1. 4 mN; 2. 26,7 kV/m; 3. 13,5 kV; 4. $50 \mu\text{C}$; 5. $1,9 \Omega$; 6. $r = 4 \Omega$, $R = 6 \Omega$; 7. 3Ω , 40 V;
8. $50 \text{ m}\Omega$, 1,43 V; 9. $r_2/r_1 = 1,5$; 10. 21 A, 1,8 V; 11. 6 mJ; 12. $4 \mu\text{F}$; 13. 1 kV; 14. $159,3 \mu\text{J}/\text{m}^3$.

VI BABA DEĞIŞLI ÖZBAŞDAK ÇÖZMEK ÜÇİN MESELELERİŇ JOGAPLARY

1. 3Ω ; 2. 5,26 mg; 3. 1224 g; 4. 12 g; 5. 1 A; 6. 20 C; 7. $3,92 \cdot 10^{-18}$ J; 8. $2,26 \cdot 10^6$ m/s;
9. 13,88 V; 10. 3 esse artypdyr.

VII BABA DEĞIŞLI ÖZBAŞDAK ÇÖZMEK ÜÇİN MESELELERİŇ JOGAPLARY

5. 0,4 T; 6. Lorensiň güýji massa bagly däl; 7. 20 V; 8. 800; 9. 48 mWb; 10. 1,8 A/s;
11. 9; 12. 56,5 mT; 13. 1 mJ; 14. 0,4 mJ.

PEYDALANYLAN EDEBIYATLAR

1. Turdiyev N. Sh., Fizika, 10-sinf darsligi. – Toshkent: Niso Poligraf nashriyoti, 2017. – 176 b.
2. O'lmasova M. H., Fizika, 1-kitob. Mexanika va molekulyar fizika. Toshkent: «O'qituvchi» 2004. – 432 b.
3. O'lmasova M. H., Fizika, 2-kitob. Elektrodinamika asoslari, tebranishlar va to'lqinlar. Toshkent: O'qituvchi nashriyot-matbaa ijodiy uyi, 2010. – 360 b.
4. Shodiyev D. Sh., Shaxmayev N. M., Fizika, 7-sinfi uchun o'quv qo'llanma. Toshkent: Abu Ali ibn Sino nomidagi tibbiyot nashriyoti, 2004. 160 b.
5. Оплачко Т. М., Турсунметов К.А., Физика, часть I. Механика, молекулярная физика, термодинамика. – Т.: ИПТД им. Чулпана, 2012.–208 с.
6. Оплачко Т. М., Турсунметов К.А., Физика, часть II. Электродинамика, оптика, атомная физика. – Т.: ИПТД им. Илм ziyo, 2009.–328 с.
7. Ismoilov. M., Yunusov. M. S., Elementar fizika kursi. – Toshkent: O'qituvchi, 1990. – 488 b.
8. Ahmadjonov. O. I., Bekjonov. R. B., Kamolxo'jayev. Sh. M., Rizayev. H. A., Fizika. – Toshkent: O'qituvchi, 1992. – 368 b.
9. Tursunmetov K. A., Uzoqov A. A., Boriboyev I., Xudoyberganov A. M., Fizikadan masalalar to'plami. Toshkent: O'qituvchi nashriyoti, 2003.– 272 b.
10. Rimkevich A. P. Fizikadan masalalar to'plami. –Toshkent: O'qituvchi nashriyoti, 1990.

O'quv nashri

FIZIKA

Umumiy o'rta ta'lim maktablarining 10-sinfi uchun darslik
(Turkman tilida)

Terjime eden Kamiljan Hallyýew
Redaktor Altynaý Haýrullaýewa
Çeper redaktor Sarwar Farmonow
Tehniki redaktor Akmal Suleýmanow
Suratçy Zaýnalobiddin Abdulwahidow
Dizaýner Akbarali Mamasoliýew
Korrektor Aýnura Alymjanowa
Sahypalaýjy Rustam Isakulow

Çap etmäge 19.09.2022-nji ýylynda rugsat edildi. Möçberi 60×84 ¹/₈.
«Cambria» garniturasy. Kegli 12. Ofset çap ediliş usuly.
Ofset kagyzy. Şertli çap listi 22,32.
Neşirýat hasap listi 17,94.
1 177 nusgada çap edildi. Buýurma № 8-2022.

Kärendä berilýän dersligiň ýagdaýyny görkezýän jedwel

№	Okuwçynyň ady, familiýasy	Okuw ýyly	Dersligiň alnandaky ýagdaýy	Synp ýolbaşçy-synyň goly	Dersligiň tabşyrylan-daky ýagdaýy	Synp ýolbaşçy-synyň goly
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						

Derslik kärendesine berlip, okuw ýylynyň ahyrynda gaýtarylyp alnanda ýokardaky jedwel synp ýolbaşçysy tarapyndan aşakdaky baha bermek ölçeglerine esaslanylýp doldurylýar:

Täze	Dersligiň birinji gezek peýdalanmaga berlendäki ýagdaýy.
Ýagşy	Sahaby bütün, dersligiň esasy böleginden aýrylmadyr. Ähli sahypalary bar, ýyrtylmadyk, goparylmadyk, sahypalarynda ýazgylar we çyzyklar ýok.
Kanagatlanarly	Kitabyň daşy ýenjilen, ep-esli çyzylan, gyalary gädilen, dersligiň esasy böleginden aýrylan ýerleri bar, peýdalanyjy tarapyndan kanagatlanarly abatlanan. Goparylan sahypalary täzedan ýelmenen, käbir sahypalary çyzylan.
Kanagatlanarsyz	Kitabyň daşy çyzylan ýyrtylan, esasy böleginden aýrylan ýa-da bütünleý ýok, kanagatlanarsyz abatlanan. Sahypalary ýyrtylan, sahypalary ýetişmeýär, çyzylyp taşlanan. Dersligi dikeldip bolmaýar.