J.Awliýakuliýew, J.Altyýewa, G.Ataýew, G.Şukurowa

FIZIKADAN TEJRIBE IŞLERI

(Mehanika we molekulýar fizika)

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw gollanmasy

Türkmenistanyň Ylymlar akademiýasy tarapyndan makullanylan

Aşgabat
“Ylym” neşirýaty
2010

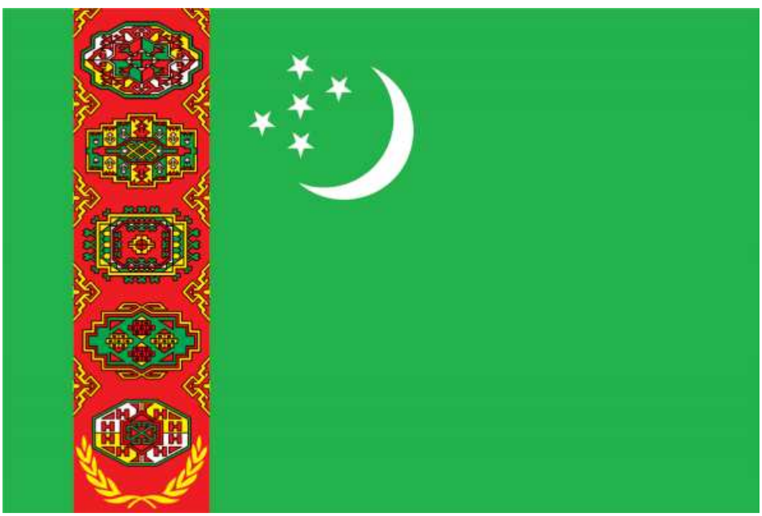
UOK 378: 531
A 90

J.Awliýakuliýew we başg.
A 90 **Fizikadan tejribe işleri.** (Mehanika we molekulýar fizika). Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw gollanmasy.- A.:“Ylym” neşirýaty, 2010.– 164 sah.

TDKP №289, 2010 KBK 22.36+74.58 ýa 73

TÜRKMENISTANYŇ PREZIDENTI GURBANGULY BERDIMUHAMEDOW

TÜRKMENISTANYŇ DÖWLET TUGRASY



TÜRKMENISTANYŇ DÖWLET BAÝDAGY

TÜRKMENISTANYŇ DÖWLET SENASY

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

Gaýtalama:

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

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

Gaýtalama:

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

SÖZBAŞY

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

Hormatly Prezidentimiz Gurbanguly Berdimuhamedow ýurdumyzyň geljegi bolan türkmen ýaşlarynyň ylymly, bilimli we dünýä ülňülerine laýyk gelýän derejede sowatly bolmagy üçin atalyk aladasyny edýär. Bu bolsa her bir bilim işgäriniň Watan öňündäki şahsy jogapkärçiligini has-da artdyrýar.

Bilim ulgamynyň ähli basgançaklarynda mugallymlary, talyplary we okuwçylary dünýä ülňülerine laýyk gelýän okuw maksatnamalary, okuw kitaplary we okuw gollanmalary bilen üpjün etmek gaýragoýulmasyz döwlet ähmiýetli wezipeleriň biridir. Çünki bu ýurdumyzda bilim ulgamyny belende galdyrmagyň, öz işine ussat hünärmenleri taýýarlamagyň ilkinji zerur şerti hasap edilýär.

Mugallymçylyk institutynda fizikany okatmagyň häsiýetli aýratynlyklarynyň biri, talyplaryň fizika boýunça özleşdiren bilimlerini okuwçylaryň aňyna ýetirip bilmek başarnyklaryny we endiklerini ele almalydygyndadyr. Her bir mugallym okuwçylary watansöýüji, il-halkyna wepaly, ynsanperwer, arassa ahlak sypatly, syýasy taýdan düşünjeli, giň dünýägaraýyşly, kiçigöwünli edip terbiýelemegi başarmalydyr. Bu wezipeler geljekki mugallymlary taýýarlamak boýunça guralýan we geçirilýän ähli okuw-usuly işler ulgamynyň üsti bilen amala aşyrylýar.

Umumy okuwda görkezilýän tejribeler şeýle-de tejribehanalardaky her bir tejribe işi geljekde fiziki tejribeleri geçirmek üçin talyplara nusgalyk bolmalydyr. Bu tejribe işleri teoriýa maglumatlar bilen gös-göni baglanyşykda bolup, olar mazmun taýdan bir-biriniň üstüni doldurmalydyr, bir-biriniň içinden eriş-argaç bolup geçmelidir. Adatça, öňe sürülýän ylmy çaklamalaryň ählisiniň dogrudygy diňe fiziki tejribelerde tassyklanylýar.

Şu hödürlenilýän okuw gollanmasy hem bu meseläniň çözgüdine belli bir derejede ýardam eder.

Kitapçada umumy fizikanyň mehanika we molekulýar fizika bölümlerine degişli tejribe işleri baradaky maglumatlar berilýär. Kitapça mugallymçylyk institutynyň okuw maksatnamasyna laýyklykda taýýarlanylyp, onda umumy fizikanyň mehanika bölümine degişli 13 sany tejribe işi, molekulýar fizika we termodinamika bölümine degişli 10 sany tejribe işi beýan edilen.

Kitapçada tejribe işlerine taýýarlyk we olary ýerine ýetirmek boýunça maslahatlar hem-de her bir işde ulanyljak enjamlaryň sanawy, gysgaça teoriýa maglumatlar, işiň gurnamasynyň gurluşy we işleýiş düzgüni, işiň ýerine ýetiriliş tertibi we barlag üçin soraglar yzygiderlilikde beýan edilýär. Mundan başga-da tejribe işlerinde peýdalanylýan matematika boýunça maglumatlar, fiziki ululyklaryň tablisalary, esasy fiziki hemişelikler berilýär.

Okuw gollanmasy mugallymçylyk institutynyň mugallymlary we talyplary üçin niýetlenilýär. Emma muňa garamazdan, ýurdumyzda umumy fizika okadylýan beýleki ýokary okuw mekdepleriniň mugallymlary we talyplary üçin hem gowy okuw gollanmasy bolup biler.

Tejribe işlerine taýýarlyk we olary ýerine ýetirmek boýunça maslahatlar.

1. Tejribe işiniň maksadyny we ony ýerine ýetirmegiň usulyny doly özleşdirmeli.

2. Işiň gysgaça teoriýa maglumatlaryny öwrenmeli. Işde peýdalanylýan aňlatmalary özbaşdak çykaryp öwrenmeli, düşünmedik ýerleriňizi mugallymdan soramaly.

3. Işde peýdalanylýan ölçeýji abzallaryň işleýiş düzgünini doly öwrenmeli. Gurnamanyň aýratynlyklaryny özleşdirmeli.

4. Mugallymyň rugsat bermegi bilen, ölçegleri geçirmäge başlamaly. Her ölçeg birnäçe gezek ýerine ýetirilmelidir.

5. Ölçegleriň esasynda absolýut, otnositel ýalňyşlyklary tapmaly. Işde talap edilýän halatda alnan netijeleri grafik görnüşde aňlatmaly.

6. Işiň barlagyny mugallyma görkezmeli.

Fiziki ululyklaryň ortaça bahasy. Ölçegleriň absolýut we otnositel ýalňyşlyklary

N ölçegleriň esasynda *x* ululygyň $x_1, x_2, x_3, ..., x_n$ bahalary alnypdyr diýeliň. Orta arifmetiki diýlip atlandyrylýan baha $\bar{x}$

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + ... + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n} \tag{1}$$

aňlatma boýunça kesgitlenilýär.

Bu baha ölçenilýän ululygyň takyk bahasyna has ýakyndyr. Ol ölçegleriň gutarnykly netijesi hökmünde kabul edilýär. Her ölçegiň orta arifmetiki bahadan Δx gyşarmasyna, ol ölçegiň absolýut ýalňyşlygy diýilýär. $x - x_1 = \pm\Delta x_1$, $x - x_2 = \pm\Delta x_2, \ldots\ldots$ haýsy ölçegiň absolýut ýalňyşlygy kiçi bolsa, şol ölçeg has takyk hasap edilýar. Orta arifmetiki bahadan uly gyşarmasy bolan ölçegleriň netijesi peýdalanylman taşlanýar.

Ölçegleriň orta arifmetiki absolýut ýalňyşlygy aşakdaky aňlatma boýunça tapylýar.

$$\left|\overline{\Delta x}\right| = \frac{|\Delta x_1| + |\Delta x_2| + |\Delta x_3| + ... + |\Delta x_n|}{n} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \Delta x_i}{n}. \tag{2}$$

Bu ýerde n – ölçegleriň sany, $|\Delta x_i|$ – i-nji ölçegiň absolýut ýalňyşlygynyň absolýut ululygy. $\frac{|\Delta x_1|}{x_1}, \frac{|\Delta x_2|}{x_2}, \frac{|\Delta x_3|}{x_3}, \ldots, \frac{|\Delta x_n|}{x_n}$

– gatnaşyklar degişlilikde bir ölçegiň otnositel ýalňyşlygyny häsiýetlendirýär.

Orta arifmetiki absolýut ýalňyşlygyň orta arifmetiki baha bolan gatnaşygyna ölçegleriň orta otnositel ýalňyşlygy diýilýär we köplenç, göterimde aňladylýar

$$E = \frac{|\Delta x|}{x} \cdot 100\% \cdot \qquad (3)$$

Absolýut ýalňyşlygyň birligi ölçenilýän ululygyň birligi ýalydyr. Absolýut ýalňyşlyk ölçegleriň nähili takyklyk bilen ýerine ýetirilendigine göz ýetirmäge mümkinçilik bermeýär. Otnositel ýalňyşlyk geçirilen ölçegleriň takyklygyna baha bermäge ýardam edýär.

Mysal üçin, uzynlygy l=3 *sm* bolan sim ölçenilende 0.06 *mm* absolýut ýalňyşlyk, Ýerden Aýa çenli $3.64 \cdot 10^5$ *km* aralyk ölçenilende 100 *km* absolýut ýalňyşlyk goýberilipdir diýeliň. Göräýmäge, simiň uzynlygy Ýerden Aýa çenli aralyga seredeniňde has takyk kesgitlenen ýaly. Emma ölçegleriň takyklyk derejesine diňe otnositel ýalňyşlyklary kesgitläp we deňeşdirip, göz ýetirip bolar. Degişlilikde otnositel ýalňyşlyklar

$$E_1 = \frac{0.06mm}{30mm} \cdot 100\% = 0.2\%, \quad E_2 = \frac{100km}{364000km} \cdot 100\% = 0.03\%$$

Görnüşi ýaly, Ýerden Aýa çenli aralyk simiň uzynlygy bilen deňeşdireniňde ýedi esse takyk kesgitlenipdir.

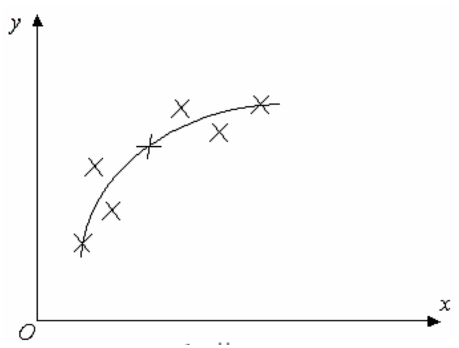
Köplenç ýagdaýlarda gözlenilýän ululyk diňe bir sany fiziki ululygy gös-göni ölçemek arkaly tapylmaýar. Agtarylýan ululygyň bahasy birnäçe başga ululyklary ölçemek arkaly, ýagny, gös-göni ölçemeler esasynda däl-de, keseden (koswennyý) ölçegler bilen tapylýar. Şeýle ýagdaýlarda absolýut we otnositel ýalňyşlyklar funksiýanyň görnüşine baglylykda aşakdaky ýaly kesgitlenilýär.

Matematiki funksiýa	Absolýut ýalňyşlyk	Otnositel ýalňyşlyk
$x+y$	$\pm(\Delta x+\Delta y)$	$\pm\dfrac{\Delta x+\Delta y}{x+y}$
$x-y$	$\pm(\Delta x+\Delta y)$	$\pm\dfrac{\Delta x+\Delta y}{x-y}$
$x\cdot y$	$\pm(x\cdot\Delta y+y\cdot\Delta x)$	$\pm\left(\dfrac{\Delta x}{x}+\dfrac{\Delta y}{y}\right)$
$x\cdot y\cdot z$	$\pm(yz\cdot\Delta x+xz\cdot\Delta y+xy\cdot\Delta z)$	$\pm\left(\dfrac{\Delta x}{x}+\dfrac{\Delta y}{y}+\dfrac{\Delta z}{z}\right)$
$\dfrac{x}{y}$	$\pm\dfrac{(y\cdot\Delta x+x\cdot\Delta y)}{y^2}$	$\pm\left(\dfrac{\Delta x}{x}+\dfrac{\Delta y}{y}\right)$
x^n	$\pm nx^{n-1}\Delta x$	$\pm n\dfrac{\Delta x}{x}$
$\sqrt[n]{x}$	$\pm\dfrac{1}{n}\cdot x^{\frac{1}{n}-1}\cdot\Delta x$	$\pm n\dfrac{\Delta x}{x}$
$sinx$	$\pm\cos x\cdot\Delta x$	$\pm ctgx\cdot\Delta x$
$cosx$	$\pm\sin x\cdot\Delta x$	$\pm tgx\cdot\Delta x$
tgx	$\pm\dfrac{\Delta x}{\cos^2 x}$	$\pm\dfrac{2\Delta x}{\sin 2x}$
$ctgx$	$\pm\dfrac{\Delta x}{\sin^2 x}$	$\pm\dfrac{2\Delta x}{\sin 2x}$

Ölçegleriň netijeleriniň grafiki görnüşde aňladylyşy

Ölçegleriň netijeleri köplenç halatlarda grafiki görnüşde aňladylýarlar, munuň sebäbi alnan netijeleriň özara baglanyşygy has äşgär ýüze çykýar. Şu maksat üçin köplenç, gönüburçly koordinatalar ulgamyndan peýdalanýarlar.

Goý, x üýtgeýäniň dürli bahalarynda y funksiýanyň dürli bahalary degişli bolsun. Ol bahalar koordinata tekizliginde bellenilýär. Mysal üçin, matematiki maýatnigiň yrgyldy periodynyň maýatnigiň uzynlygyna baglylykda üýtgeýşiniň grafigini gurmak üçin, tejribe esasynda maýatnigiň dürli uzynlyklaryna degişli yrgyldy periodlaryny kesgitlemeli. Maýatnigiň uzynlygyny absissa, yrgyldy periodyny ordinata okunda ýerleşdirmeli. Soňra tejribeden alnan bahalary grafikde nokatlar görnüşinde bellemeli. Ol nokatlaryň üstünden geçirilen egri (göni) çyzyk fiziki baglanyşygyň grafigini aňladar.



1-nji surat

Ölçegler esasynda absolýut takyk netijeleri alyp bolmaýar. Şonuň üçin ölçegleriň özara baglanyşygyny aňladýan egri ýa-da göni çyzygy alnan nokatlaryň üstünden simmetrik görnüşde geçirýärler, ýagny alnan netijeleri aňladýan nokatlar grafigiň iki tarapynda hem deňölçegli ýerleşmelidir (surata seret). Grafikler köplenç, millimetrlere bölünen kagyzda ýerine ýetirilýär. Şunlukda aşakdaky şertleri saklamak maslahat berilýär:

1. Grafigiň iň kiçi kesgitläp bolýan aralygy ölçegiň absolýut ýalňyşlygyndan kiçi bolmaly däldir.

2. Koordinata oklary boýunça ýerleşdirilýän ululyklary islendik ölçeg gatnaşykda (masştabda) alyp bolar. Ölçeg gatnaşygy (masştaby) grafikde fiziki ululyklaryň özara baglanyşygy has aýdyň görner ýaly edip saýlap almaly.

3. Koordinatalar başlangyjy hökmünde ölçenilýän ululyklaryň nol bahasynyň alynmagy hökman däldir. Koordinata başlangyjy deregine grafigiň oňaýly bolmagyny üpjün edýän ölçegleriň islendik bahasy alnyp bilner. Grafikler gurlanda deňölçegli ölçeg gatnaşygyndan (masştabdan) başga-da ýarymlogarifmik we logarifmik ölçeg gatnaşyklaryndan peýdalanýarlar. Logarifmik ölçeg gatnaşygynda (masştabda) iki ok boýunça hem sanlaryň natural logarifmleri ýerleşdirilýär.

MEHANIKA

1-nji tejribe işi

Jisimleriň ýokardan erkin gaçma kanunlaryny öwrenmek

Gerekli enjamlar:

1. FP 26 A kysymly gurnama,
2. Diametri 15 mm bolan polat togalajyk.

Gysgaça nazary maglumatlary

Deňtizlenýän hereketiň amalyýetde köp duş gelýän görnüşleriniň biri hem ýokardan erkin gaçýan jisimiň hereketidir.Jisimiň ýokardan erkin gaçma kanunyny ilkinji gezek XVI asyryň ahyrynda Galileý öwrenýär. Ol minaradan jisimleriň şol bir tizlenme bilen ýere gaçýandygyny anyklady we bu tizlenmäni takmynan hasaplady.

Eger biz *h* beýiklikden gaçýan jisimiň t_o wagtdaky tizligini υ_0 diýsek, *t* wagtdan soňky tizligi υ_t bolar. Onda $t–t_o$ wagt dowamynda onuň tizliginiň üýtgemesi $\upsilon_t–\upsilon_0$ bolar. Ýokardan erkin gaçýan jisimiň tizlenmesini *g* bilen belgiläp, ony matematiki görnüşde aşakdaky ýaly aňladyp bileris:

$$g = \frac{\upsilon_t - \upsilon_0}{t - t_0} . \tag{1.1}$$

Bu aňlatmanyň kömegi bilen jisimiň *t* wagtdaky tizligini kesgitlemek mümkin.

$\upsilon_t = \upsilon_0 + g(t - t_0)$, eger-de t_0 =0 bolsa $\upsilon = \upsilon_0 + gt$. (1.2)

Eger-de υ_0=0 bolsa, ýagny jisim başlangyç tizliksiz gaçýar diýsek:

$$\upsilon_t = gt \,. \tag{1.3}$$

Bize mälim bolşy ýaly, deňtizlenýän hereketde geçilen ýoluň deňlemesi aşakdaky ýaly aňladylýar:

$$S = \upsilon_0 t + \frac{at^2}{2} \,. \tag{1.4}$$

Bu aňlatmany erkin gaçýan jisimiň hereketi üçin ulansak, ýagny *S* ýoluň deregine *h*, tizlenmäni *g* bilen belgilesek, onda (1.4) aňlatma

$$h = \upsilon_0 t + \frac{gt^2}{2} \tag{1.5}$$

görnüşe eýe bolar.

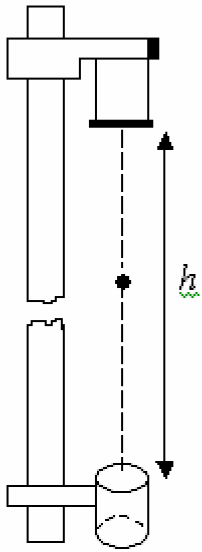
Eger-de jisimiň başlangyç tizligi nola deň bolsa, (1.5) aňlatma aşakdaky görnüşe eýe bolar:

$$h = \frac{gt^2}{2} \tag{1.6}$$

Bu ýerde: *h* – jisimiň erkin gaçýan beýikligi; g – agyrlyk güýjüniň tizlenmesi; *t* – jisimiň erkin gaçma wagty.

(1.2) aňlatmadan *t* –ni tapyp (1.5) aňlatma goýsak :

$$h = \frac{\upsilon_0(\upsilon_t - \upsilon_0)}{g} + \frac{g(\upsilon_t - \upsilon_0)^2}{2g^2} \tag{1.7}$$



1.1-nji surat

υ_0=0 ýagdaýda (1.7) aňlatma aşakdaky görnüşi alar:

$$\upsilon_t^2 = 2gh \,, \quad \upsilon_t = \sqrt{2gh} \tag{1.8}$$

(1.8) jisimiň tizliginiň beýiklige baglylykda üýtgeýşiniň aňlatmasyny alarys. Jisim t_1 we t_2 wagt dowamynda h_1 we h_2 ýollary geçýär diýsek:

$$h_1 = \frac{gt_1^2}{2}, \qquad h_2 = \frac{gt_2^2}{2} \qquad (1.9).$$

Bu ýerden

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{t_1^2}{t_2^2} \qquad (1.10).$$

Ýagny dürli beýikliklerden gaçýan jisimleriň geçýän ýollarynyň gatnaşygy, olaryň gaçýan wagtlarynyň kwadratlarynyň gatnaşygyna deňdir. (1.6) aňlatmadan g-ni kesgitlesek, onda:

$$g = \frac{2h}{t^2} \qquad (1.11)$$

Bu aňlatma dürli beýiklikden gaçýan jisimler üçin hem adalatlydyr.

$$g = \frac{2h_1}{t_1^2} = \frac{2h_2}{t_2^2} = \frac{2h_3}{t_3^2} = ... = \frac{2h_n}{t_n^2} \qquad \text{bolar.}$$

Şu ýerden görnüşi ýaly, agyrlyk güýjüniň tizlenmesi hemme jisimler üçin (howanyň garşylygy bolmasa) hemişelik ululykdyr.

Abzalyň gurluşy

FP 26 A kysymly gurnama santimetrlere bölünen hem-de wertikal ýagdaýda diwara berkidilen turbadan we elektrosekundomerden ybaratdyr. Turbada polat togalajygy saklar ýaly elektromagnitli süýşgüç ýerleşdirilen , turbanyň aşaky ujunda bolsa togalajygy tutmak üçin torbajyk berkidilen. Elektromagnit çeşmeden ýazdyrylan badyna togalajyk aşak gaçýar we sekundomer işläp başlaýar. Togalajygy tutujy torbajygyň agzynda ýazdyrgyjy ýerleşdirilen, erkin gaçýan togalajyk gapaga urlan pursaty elektrosekundomer çeşmeden ýazdyrylýar. Elektromagnitli süýşgüji belli bir beýiklikde berkidip hem-de elektrosekundomerde togalajygyň gaçma wagtyny ölçäp, g –ni tapmak bolar.

Işiň ýerine ýetirilişi

1. Gurnamany elektrik çeşmesine birleşdirmeli we togalajygy tutujy torbajygyň agzyndaky ýazdyryjy gapagy gorizontal ýagdaýda goýmaly.

2. Elektromagniti çeşmä birleşdirmeli we togalajygy oňa çekdirip saklatmaly.

3. Elektromagnitli süýşgüji belli bir beýiklikde berkidip, elektromagniti çeşmeden ýazdyrmaly.

4. Elektrosekundomerden wagty we elektromagnit süýşgüjiň berkidilen ýerinden togalajygyň erkin gaçan beýikligini bilip, (2.11) aňlatmadan g –ni tapmaly.

5. Tejribäni birnäçe gezek gaýtalamaly we $\frac{h_1}{h_2} = \frac{t_1^2}{t_2^2}$ gatnaşygyň dogrudygyna göz ýetirmeli.

Alnan netijeleri aşakdaky tablisalara ýazmaly.

T/B	h	t	g	$\bar{g}$	Δg_i	$\Delta \bar{g}$	$\frac{\Delta g}{\bar{g}} \cdot 100\%$	$\frac{\Delta \bar{g}}{\bar{g}} \cdot 100\%$
1.								
2.								
3.								

T/B	g	h	t	$\frac{h_1}{h_2}$	$\frac{t_1^2}{t_2^2}$
1.					
2.					
3.					

Barlag üçin soraglar

1. Jisimleriň erkin gaçmasy nähili hereket? Ol hereketde geçilen ýoluň we tizligiň aňlatmalaryny ýazyň.

2. $\upsilon = \sqrt{2gh}$ aňlatmany getirip çykaryň.

3. $\frac{h_1}{h_2} = \frac{t_1^2}{t_2^2}$ aňlatmany düşündiriň.

4. Agyrlyk güýjüniň tizlenmesi nämelere bagly üýtgeýär?

2-nji tejribe işi

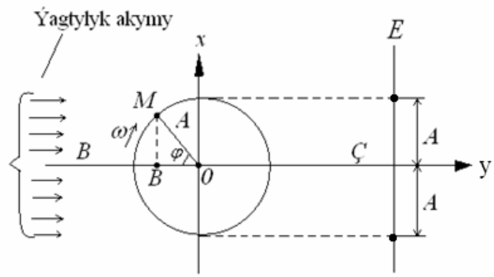
Matematiki maýatnigiň kömegi bilen agyrlyk güýjüniň tizlenmesini kesgitlemek

Gerekli enjamlar:

1. Uzynlygy üýtgedilip bilinýän matematiki maýatnik.
2. Sekundomer.

Gysgaça nazary maglumatlary

Wagtyň geçmegi bilen ulgamyň deňagramlylyk ýagdaýynyň töwereginde gaýtalanýan hereketine yrgyldyly hereket diýilýär. Yrgyldyly hereketler tebigatda giňden ýaýrandyr. Meselem: şemally howada agaçlaryň çybyklarynyň hereketi, mehaniki mehanizmli sagatlaryň maýatnikleriniň hereketi, pružinden asylan ýüküň hereketi, tikin maşynynyň iňňesiniň hereketi we ş.m-ler. Haýsydyr bir usul bilen deňagramlylyk ýagdaýyndan çykarylan jisimiň diňe içki güýçleriň täsiri netijesinde döreýän



2.1 surat

ýrgyldyly hereketine erkin yrgyldy diýilýär. Erkin yrgylda mysal hökmünde pružinden asylyp, deňagramlylyk ýagdaýyndan çykarylan ýüküň hereketini, süýnmeýän sapakdan asylyp, deňagramlylyk ýagdaýyndan çykarylan togalak jisimiň hereketini görkezmek bolar.

Eger-de yrgyldyly hereket deň wagt aralygynda gaýtalanýan bolsa, onda beýle herekete periodiki yrgyldyly hereket diýilýär. Sinus ýa-da kosinus kanuny boýunça bolýan periodiki yrgyldylara ýönekeý ýa-da garmoniki yrgyldylar diýilýär. Ýönekeý yrgyldyly hereketiň deňlemesini tapmak üçin *A* radiusly töwerek boýunça hemişelik ω burç tizligi bilen deňölçegli aýlanýan *M* maddy nokadyň *E* ekranda emele getirýän kölegesine seredeliň. *M* nokadyň deňölçegli aýlanmasynda *E* ekranda onuň kölegesi ýokary-aşak yrgyldyly hereketi emele getirýär. Indi *M* nokadyň käbir φ burça öwrülen ýagdaýy üçin onuň *BÇ* gönä görä *x* orun üýtgemesini kesgitläliň. Onda *OMB*-da

$$\sin\varphi = \frac{BM}{OM}; \quad BM = x; \quad OM = A$$

ýa-da $\sin\varphi = \dfrac{x}{A}$;

$$x = A\sin\varphi \qquad (2.1).$$

Goýan şertimize göra *M*-nokat ω hemişelik burç tizlik bilen aýlanýar, onda

$$\varphi = \omega t, \qquad (2.2)$$

öwrülme burçuň bahasyny ornuna goýup,

$$x = A\sin\omega t \qquad (2.3)$$

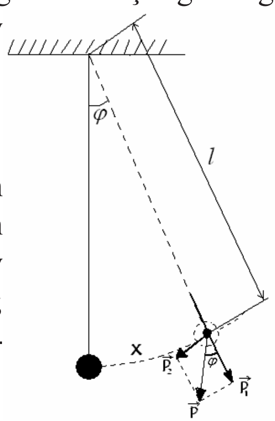
aňlatmany alarys.

Bu aňlatma *M*-maddy nokadyň kölegesiniň *BÇ*- gönä görä yrgyldysynyň deňlemesidir. Umumy ýagdaý üçin bu aňlatma

$$x = A\sin(\omega t + \phi_o) \qquad (2.4),$$

görnüşde ýazylýar.

Bu ýerde *A* yrgyldaýan nokadyň deňagramlylyk ýagdaýyndan (biziň şertimizde *BÇ*-gönä görä) iň uly gyşarmasy bolup, oňa yrgyldynyň amplitudasy diýilýär; $(\omega t + \varphi_o)$ yrgyldynyň fazasy diýlip atlandyrylýar; φ_0-yrgyldynyň başlangyç fazasy.



2.2-nji surat

Başlangyç faza düşünjesiniň manysy yrgyldaýan nokadyň başlangyç wagt pursatynda $(t=0)$ deňagramlylyk ýagdaýyndan tapawutly halda bolmagyny aňladýar.

Başgaça aýdanymyzda $t=0$ pursatda yrgyldynyň deňlemesi

$$x = x_o = A\sin\varphi_c, \tag{2.5}$$

görnüşde bolup, yrgyldaýan nokadyň biziň mysalymyzda *BÇ*-gönüden φ_0 burça öwrülen ýagdaýyny aňladýar. Yrgyldaýan nokadyň doly bir yrgyldy etmegi üçin gerek bolan wagtyna yrgyldynyň periody diýilýär. Biziň mysalymyzda *M*-nokadyň $\phi = 2\pi$ öwrülmegi üçin zerur bolan wagt. Bu ululyk köplenç, *T* bilen belgilenilýär. Onda *M*-nokadyň burç tizligini period bilen baglanyşykly görnüşde ýazmak bolar:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad (2.6), \qquad \nu = \frac{1}{T} \quad (2.7).$$

Yrgyldynyň periodynyň ters ululygyna yrgyldynyň çyzyk ýygylygy diýilýär. Bu düşünjäniň fiziki manysy wagt birligindäki yrgyldylaryň sanyny aňladýar. Onda *M*-nokadyň burç tizligi (aýlaw ýygylygy) çyzyk ýygylygy bilen baglanyşykly

$$\omega = 2\pi\nu$$

görnüşde hem aňladylyp bilner.

Yrgyldynyň periodyny we çyzyk ýygylygyny ulanmak bilen onuň deňlemesini

$$x = A\sin(\frac{2\pi}{T}t + \varphi_o)$$

we

$$x = A\sin(2\pi\nu t + \varphi_o) \qquad (2.8)$$

görnüşde ýazmak bolar.

Yrgyldaýan nokadyň tizligini we tizlenmesini yrgyldynyň deňlemesinde wagta görä, önüm almak bilen tapyp bolar.

$$\upsilon = \frac{dx}{dt} = \omega A\cos(\omega t + \varphi_o) \tag{2.9}$$

yrgyldaýan nokadyň tizligi

$$a = \frac{d\upsilon}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} = -\omega^2 A\sin(\omega t + \phi_o) = -\omega^2 x \qquad (2.10)$$

yrgyldaýan nokadyň tizlenmesi.

Tizlenmäniň deňlemesinden yrgyldaýan nokadyň tizlenmesiniň ugrunyň x-süýşmä garşylykly ugrukdyrylýandygy gelip çykýar. Indi yrgyldaýan nokadyň tizlenmesini aşakdaky görnüşde ýazyp, deňlemäniň iki tarapyny hem nokadyň massasyna köpeldip ýazaly:

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = -\omega^2 mx \qquad (2.11)$$

Nýutonyň II kanunyna görä, alnan deňligiň çep bölegi güýje deňdir.

$$m \cdot \frac{d^2x}{dt^2} = F\ .$$

Berlen şertde nokadyň massasy we burç tizligi hemişelik ululykdyr, ýagny

$$\omega^2 m = c = \text{const}$$

Onda

$$F = -cx \qquad (2.12)$$

Bu aňlatmadan aşakdaky ýaly netije çykýar: süýşmeklige proporsional güýjüň täsirinde nokat yrgyldyly hereket edýär. Deňlemedäki minus alamat güýç bilen orun üýtgemäniň (x-süýşmäniň) garşylykly ugrukdyrylýandygyny aňladýar. C-hemişelik ululyga yzyna gaýtaryjy güýjüň proporsionallyk (baglylyk) koeffisiýenti diýilýär. Süýşmä proporsional güýjüň täsirindäki yrgyldyly hereketiň periody

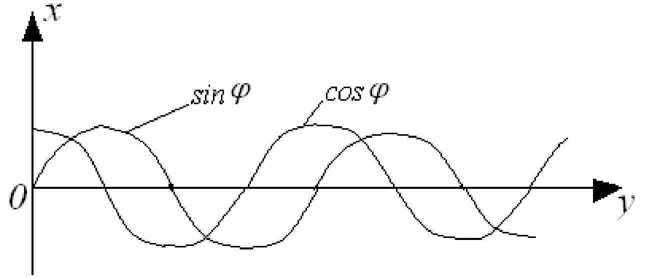
$$\omega^2 m = c \qquad (2.13)$$

aňlatmadan kesgitlenýär.

$$\omega = \frac{2\pi}{T}; \qquad \frac{4\pi^2}{T^2}m = c; \qquad T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{c}} \qquad (2.14)$$

Aňlatmadan görnüşi ýaly, süýşmä proporsional güýjüň täsirindäki yrgyldyly hereketiň periody nokadyň massasyna we yzyna gaýtaryjy güýjüň proporsionallyk koeffisiýentine baglydyr. Indi matematiki maýatnigiň yrgyldysynyň periodynyň aňlatmasyny tapalyň.

Süýnmeýän, agramsyz l uzynlykly sapakdan asylan agyr maddy nokada matematiki maýatnik diýilýär.



2.3-nji surat

Maýatnik deňagramlylyk ýagdaýyndan uly bolmadyk φ burça gyşardylanda onuň $\vec{P}$ agramy özara perpendikulýar $\vec{P_1}$ we $\vec{P_2}$ iki düzüjä dargaýar. $\vec{P_1}$ düzüji sapagyň dartylyş güýji $\vec{N}$ güýç bilen deňagramlaşýar; $\vec{P_2}$ düzüji maýatnigi deňagramlylyk ýagdaýyna getirmäge ymtylýan ýzyna gaýtaryjy güýç bolýar. Suratda görnüşi ýaly, $\vec{P_2}$ güýjüň ululygy

$$P_2 = P\sin\varphi \tag{2.15}$$

deňdir. φ burçuň uly bolmadyk ýagdaýynda $\sin\varphi = \frac{x}{l}$ deňligi adalatly hasap etmek mümkin. Onda $P_2 = P\frac{x}{l}$ aňlatmany alarys.

Suratdan görnüşi ýaly, $\vec{P_2}$ - güýç bilen $\vec{x}$ orun üýtgetmäniň ugurlary garşylykly ugrukdyrylandyr. Onda soňky aňlatmany aşakdaky görnüşde ýazmak bolar.

$$P_2 = -\frac{P}{l}x \quad \text{ýa-da} \quad P_2 = -\frac{mg}{l}x \tag{2.16}$$

Bu aňlatmany (2.12) aňlatma bilen deňeşdirip,

$H = \frac{mg}{l}$ (2.17) alarys.

Bu ýerde *c* matematiki maýatnigi deňagramlylyk ýagdaýyna getirmäge ymtylýan yzyna gaýtaryjy güýjüň proporsionallyk koeffisiýentidir.

c ululygy (2.14) ornuna goýup alarys:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \tag{2.18}$$

Bu deňleme matematiki maýatnigiň periodyny aňladýar.

Aňlatmadan görnüşi ýaly, matematiki maýatnigiň deňagramlylyk ýagdaýyndan uly bolmadyk gyşardylmasy bilen ýüze çykýan erkin yrgyldylarynyň periody diňe onuň uzynlygyna we agyrlyk güýjüniň tizlenmesine baglydyr.

Onda kesgitli uzynlykly matematiki maýatnigiň periodyny tejribede kesgitläp, agyrlyk güýjüniň tizlenmesini tapmak bolar, ýagny

$$g = \frac{4\pi^2 l}{T^2} \qquad (2.19).$$

Şeýle usul bilen agyrlyk güýjüniň tizlenmesi kesgitlenende ýeterlik takyk netije almak kynçylyk döredýär. Sebäbi maýatnigiň uzynlygy we periody uly takyklyk bilen kesgitlenmeýär. Ölçemäniň takyklygyny ýokarlandyrmak üçin üýtgeýän uzynlykly matematiki maýatnik peýdalanylýar. Eger-de maýatnigiň dürli uzynlyklarynda onuň periody kesgitlenilse, onda maýatnigiň uzynlygynyň üýtgemesini bilmek ýeterlik bolýar. l_1 we l_2 uzynlykly ýagdaýlar üçin matematiki maýatnikleriň periodlary

$$T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{l_1}{g}} \qquad (2.20).$$

$$T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{l_2}{g}} \qquad (2.21).$$

(3.20) we (3.21) aňlatmalardan alarys.

$$g = 4\pi^2 \frac{(l_1 - l_2)}{T_1^2 - T_2^2} \qquad (2.22).$$

Şeýlelikde, maýatnigiň uzynlygyna derek maýatnigiň iki ýagdaýy üçin uzynlyklaryň tapawudyny bilmek ýeterlikdir.

Işiň ýerine ýetirilişi

Maýatnigi l_1 uzynlykly ýagdaýda goýup , onuň $n_1 = 80 \div 100$ doly yrgyldy t_1 wagtyny sekundomeriň kömegi bilen bilmeli. Maýatnigiň yrgyldy periodyny $T_1 = \frac{t_1}{n_1}$ aňlatma arkaly tapmaly.

Soňra maýatnigiň uzynlygyny kiçeldip (başga bir ýagdaýa geçirip) , ýene-de $n_2 = 80 \div 100$ doly yrgyldynyň wagty t_2 –ni bilmeli we $T_2 = \frac{t_2}{n_2}$ aňlatma arkaly maýatnigiň 2-nji ýagdaý üçin periody

tapmaly.

Alnan bahalary (2.22) aňlatma goýup, g-ni hasaplamaly. Ýokardaky yzygiderlilikde n_1 we n_2 –niň dürli bahalarynda g-ni tapmaly we aşakdaky tablisany doldurmaly.

T/b	T_1	T_2	$l_1 - l_2$	**g**	$\bar{g}$	Δg	$\Delta \bar{g}$	$E = \frac{\Delta \bar{g}}{g} \cdot 100\%$
1.								
2.								
3.								

$$\bar{g} = \frac{\sum_{i=1}^{n} g_i}{n}, \qquad \Delta g_i = \left| g_i - \bar{g} \right|, \qquad \Delta \bar{g} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \left| \Delta g_i \right|}{n}.$$

Barlag üçin soraglar

1. Yrgyldyly hereketlere mysallar getirmeli.
2. Yrgyldynyň deňlemesini çykarmaly.
3. Period, ýygylyk, amplituda näme? Olaryň birliklerini görkezmeli.
4. Yzyna gaýtaryjy güýç näme?
5. Matematiki maýatnik diýip nämä aýdylýar?
6. Matematiki maýatnigiň periodynyň aňlatmasyny çykarmaly.
7. Işiň ýerine ýetirilişini düşündirmeli.

3-nji tejribe işi

Agyrlyk güýjüniň tizlenmesini Besseliň usuly bilen kesgitlemek

Gerekli enjamlar:

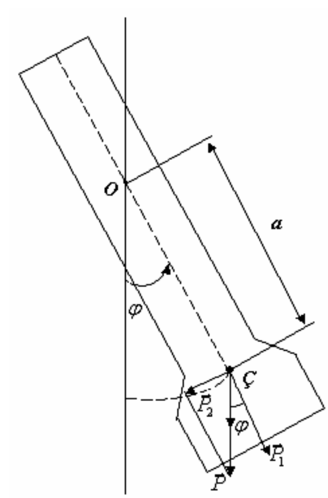
1. Öwrülýän fiziki maýatnik.
2. Sekundomer.

Gysgaça nazary maglumatlary

Agyrlyk (massa) merkezinden geçmeýän okuň daşynda yrgyldaýan islendik jisim fiziki maýatnik bolup biler. Fiziki maýatnigiň yrgyldy periodynyň kesgitlenilişine seredeliň. Goý, bize gorizontal okda oturdylan we wertikal tekizlikde erkin yrgyldaýan fiziki maýatnik berlen bolsun. Fiziki maýatnigiň agyrlyk merkezinden asma okuna çenli aralygy a deň bolsun (*3.1-nji surata seret*).

Ç – jisimiň agyrlyk merkezi.

Hasaplamalaryň görkezişi ýaly, fiziki maýatnigiň yrgyldy periodynyň aňlatmasy



3.1-nji surat

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{D}} \qquad (3.1)$$

görnüşdedir.

$$M = D\varphi \qquad (3.2)$$

Bu ýerde I – aýlanma okuna görä, maýatnigiň inersiýa momenti; D yzyna gaýtaryjy güýjüň momentiniň koeffisiýenti. Maýatnik deňagramly ýagdaýyndan uly bolmadyk φ burça gyşardylanda onuň agramy (P_1 we P_2) iki düzüjä dargaýar. 1-nji suratdan görnüşi ýaly, maýatnigiň agramynyň P_2 düzüjisi ony deňagramly ýagdaýyna getirmäge çalyşýar. Bu güýjüň aýlanma okuna görä, momenti

$$M = P_2 OÇ; \qquad OÇ=a$$

$$M = P_2 a; \quad P_2 = P\sin\varphi$$

$P=mg$;

Gyşarma burç uly bolmadyk ýagdaýynda $\sin\varphi = \varphi$ şert ýerine ýetýär. Onda

$$M = mga\varphi \qquad (3.3)$$

(3.2) we (3.3) aňlatmalary deňeşdirip, fiziki maýatnik üçin yzyna gaýtaryjy güýjüň momentiniň koeffisiýentini alarys:

$$D=mga \qquad (3.4).$$

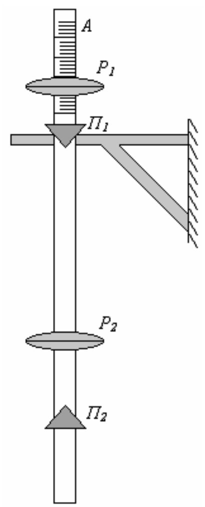
(3.4) – aňlatmadan D-iň bahasyny (3.1) deňlige goýup, fiziki maýatnigiň periodynyň aňlatmasyny alarys:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{mga}} \qquad (3.5),$$

ýa-da

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}, \qquad (3.6).$$

Bu ýerde L - fiziki maýatnigiň getirilen uzynlygy diýlip atlandyrylýan ululyk.



3.2-nji surat

$$L = \frac{I}{ma}. \qquad (3.7).$$

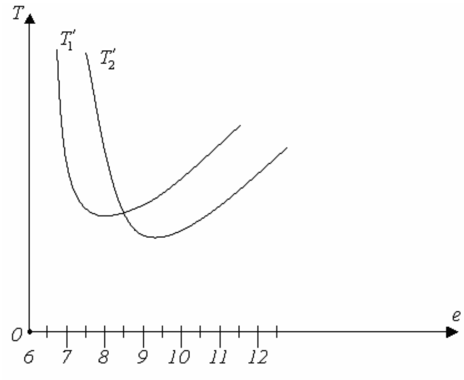
Uzynlygy fiziki maýatnigiň getirilen uzynlygyna deň bolan, matematiki maýatnigiň yrgyldy periody edil şol fiziki maýatnigiň periodyna deňdir. (3.5) aňlatmadan görnüşi ýaly, fiziki maýatnigiň T – periodyny, m –massasyny, aýlanma okundan agyrlyk merkezine çenli a – aralygy we I inersiýa momentini kesgitläp, agyrlyk güýjüniň tizlenmesini tapmak mümkin. Emma dogry geometrik görnüşi bolmadyk jisimleriň inersiýa momentini kesgitlemek uly kynçylyk döredýär. Şol sebäpli fiziki maýatnigiň getirilen uzynlygy düşünjesiniň girizilmegi maksadalaýykdyr. Fiziki maýatnigiň asma oky bilen agyrlyk merkezini birleşdirýän gönüniň ugry boýunça L aralykda ýerleşen okunyň daşynda maýatnik herekete getirilende onuň periodynyň üýtgemeýändigini görkezmek mümkin. Diýmek, maýatnigiň periodlary özara deň bolan iki sany aýlanma oky bar bolsa, onda ol oklaryň aralygy maýatnigiň getirilen uzynlygyna barabardyr. Şeýlelikde, (3.5) aňlatmadaky T periody we L getirilen uzynlygy ölçegler esasynda ornuna goýup, g – agyrlyk güýjüniň tizlenmesini kesgitläp bolar. Agyrlyk güýjüniň tizlenmesini kesgitlemek üçin öwrülýän (oborotnyý) maýatnikden peýdalanylýar.

Ýönekeýje öwrülýän maýatnik uzynlygy bir metre golaý bolan A metallik okdan, oňa geýdirilen P_1 we P_2 ýüklerden hem-de gozganmaz ýaly edilip, oka berkidilen Π_1 we Π_2 daýanç prizmalardan ybaratdyr. (*3.2-nji surat*) P_2 ýük daýanç prizmalarynyň aralygynda gozganmaz ýaly berkidilen P_1 ýük okuň bir ujuna golaý ýerleşip, okuň millimetrik çyzgyç görnüşli bölegi boýunça süýşürilip, gerek ýerinde berkidilip bilinýär.

Maýatnigiň islendik aýlanma okuna görä, inersiýa momenti Şteýneriň tekliplemesi boýunça tapylýar:

$$I = I_0 + ma^2 \qquad (3.8)$$

I_0 - maýatnigiň agyrlyk merkezinden geçýän oka görä, inersiýa momenti I –agyrlyk merkezinden geçýän okuna parallel we ondan a aralykda ýerleşen oka görä, inersiýa momenti; m- maýatnigyň massasy.



33-nji surat

Goý, maýatnigiň yrgyldy periody degişlilikde $П_1$ we $П_2$ daýanç prizmalaryna görä, T_1 we T_2 bolsun. Onda

$$T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{I_0 + ma_1^2}{mga_1}};$$

$$T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{I_0 + ma_2^2}{mga_2}} \qquad (3.9)$$

Bu ýerden

$$g = (T_1^2 a_1 - T_2^2 a_2) = 4\pi^2 (a_1^2 - a_2^2) \qquad (3.10)$$

Bessel bu deňlemede birnäçe özgertmeler geçirmek bilen agyrlyk güýjüniň tizlenmesini kesgitlemek üçin aşakdaky aňlatmany teklip edýär.

$$g = \frac{8\pi^2 L}{T_1^2 + T_2^2} - \frac{1}{1 + \frac{T_1^2 - T_2^2}{T_1^2 + T_2^2} \cdot \frac{L}{a_1 - a_2}} \qquad (3.11)$$

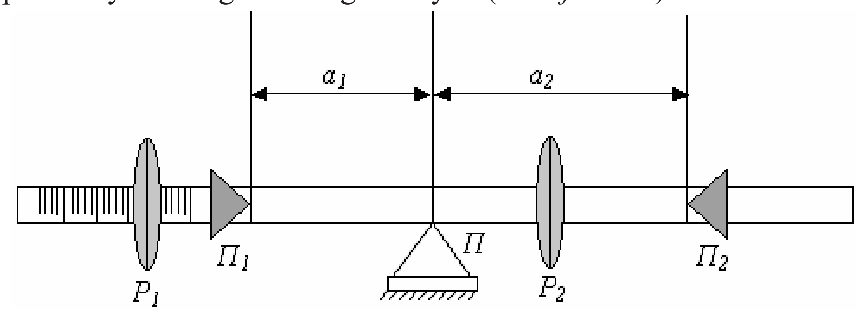
Bu ýerde $a_1 + a_2 = L$ maýatnigiň getirilen uzynlygy. Besseliň aňlatmasy T_1 we T_2 biri-birine has ýakyn bolan, a_1 we a_2 biri-birinden ep-esli tapawutlanýan ýagdaýda agyrlyk güýjüniň tizlenmesini ýeterlik takyklyk bilen kesgitlemäge mümkinçilik berýär.

Işiň ýerine ýetirilişi

Sekundomeriň kömegi bilen P_1 ýüküň dürli ýagdaýlarynda $П_1$ daýanç prizma görä, maýatnigiň yrgyldy periodyny kesgitlemeli. Onuň üçin P_1 ýüküň ýagdaýyny $7 \div 12$ sm aralykda her gezek 0,5 sm üýtgedip, (11 gezek) degişli periodlary hasaplamaly. Her ölçegi 2 gezek geçirip, orta bahasyny almaly. Periody maýatnigiň 100 yrgyldysynyň wagtyndan kesgitlemeli. Maýatnigiň gyşarmasy 5^0 -dan uly bolmaly däldir. Alnan netijeler esasynda absissa okundan millimetrlik çyzgyjyň görkezmelerini, ordinata okunda bolsa, yrgyldynyň periodynyň bahalaryny ýerleşdirip egrisini (grafik) gurmaly. Egri millimetrlere bölünen kagyzda ýerine ýetirilmelidir.

Soň maýatnigi tersine öwrüp, Π_2 daýanç prizma görä, yrgyldyly herekete getirmeli. Ýene-de öňki ýaly P_1 ýüki her 0,5 sm aralyga süýşürip, degişli yrgyldy periodlary tapmaly. Bu bahalary öňki koordinata ulgamynda ýerleşdirmeli we egrisini gurmaly. (*3.3-nji surat*)

Iki egriniň kesişýän nokady P_1 ýüküň, T_1 we T_2 periodlarynyň biri-birine has ýakynlaşýan ýagdaýydyr. P_2 ýüki şu ýagdaýda berkidip, maýatnigiň Π_1 we Π_2 prizmalara görä, T_1 we T_2 yrgyldy periodlaryny has takyklyk bilen täzeden ölçemeli. Periody her gezek 100 yrgyldynyň wagtyny peýdalanyp tapmaly we azyndan 3 gezek ölçeg geçirip, onuň orta bahasyny kesgitlemeli. a_1 we a_2 ululyklary kesgitlemek üçin maýatnigi ýörite prizmada ýerleşdirip, deňagramlylyk ýagdaýyny tapmaly. Maýatnigiň deňagramlylyk ýagdaýy ýörite prizmanyň kömeginde kesgitlenilýär. (*3.4-nji surat*)



3.4-nji surat

Ýörite prizmadan (Π) Π_1 we Π_2 daýanç prizmalara çenli aralyklar a_1 we a_2 ululyklara barabardyr.

Alnan netijeleri (3.12) aňlatmada goýup, g-ni kesgitlemeli

$$g = \frac{8\pi^2(a_1 + a_2)}{T_1^2 + T_2^2} - \frac{(T_1^2 + T_2^2)\cdot(a_1 - a_2)}{(T_1^2 + T_2^2)\cdot(a_1 - a_2) + (T_1^2 - T_2^2)\cdot(a_1 + a_2)} \qquad (3.12)$$

Egri (grafik) gurmak üçin tablisa

№	n_1'	t_1'	T_1'	l_1'	n_2'	t_2'	T_2'	l_2'
1.								
2.								
3.								

l_1' – P_1 ýüküň dürli ýagdaýlara süýşürilmesini [(7, 7.5, 8, 8.5, …12)sm] görkezýan aralyklar. l_2'– maýatnik ters öwrülip goýlan ýagdaýyndaky P_1 –ýüküň dürli ýagdaýlara süýşürilmesini görkezýän aralyklar. Şol bir koordinatalar ulgamynda $T_1 = f(l_1')$ we $T_2 = f(l_2')$ egrileri gurmaly.

№	n_1	t_1	T_1	a_1	a_2	n_2	t_2	T_2	g
1.									
2.									
3.									

Barlag üçin soraglar

1. Fiziki maýatnik diýip nämä aýdylýar? Onuň yrgyldy periodynyň aňlatmasy nähili? Fiziki maýatnigiň getirilen uzynlygy näme?
2. Öwrülýän maýatnik näme? Ýönekeýje öwrülýän maýatnigi düşündiriň. Besseliň aňlatmasyndan nähili şertler ýerine ýetirilen ýagdaýda peýdalanylýar ?
3. Işiň ýerine ýetirilişini düşündiriň.

4-nji tejribe işi

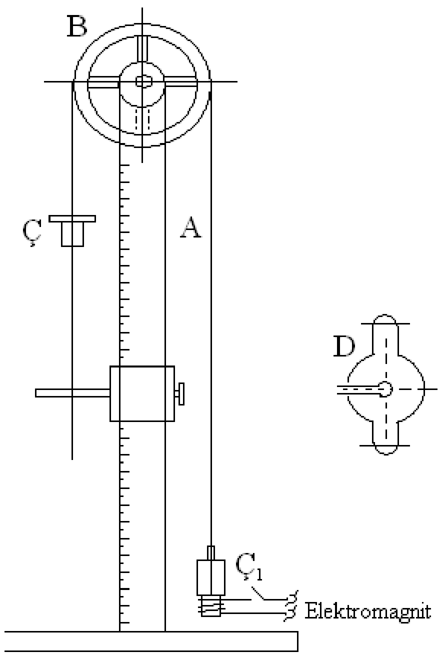
Atwudyň abzalynda dinamikanyň kanunlaryny öwrenmek

Gerekli enjamlar:

1. Atwudyň abzaly.
2. Elektromagnit.
3. Esasy we goşmaça ýükleriň toplumy.
4. Sekundomer.
5. Elektromagnit çeşmä birleşdirýän utgaşdyryjy we ýazdyryjy.

Gysgaça nazary maglumatlary

Abzal santimetrlere bölünen, diwara wertikal ýagdaýda berkidilen “A” turbadan ybarat. Turbanyň ýokarsynda az sürtülme bilen aýlanýan “B” ýeňil tigirçek ýerleşdirilen (*4.1-nji surata seret*). Tigirçegiň üstünden uçlaryna deň “m” massaly “Ç” we “$Ç_1$”ýükler berkidilen inçe ýüp aşyrylan. Ç” we “$Ç_1$”ýükleriň massalaryny “D” goşmaça ýüküň kömegi bilen ulaltmak mümkin. Eger, Ç” ýüke “m_1” massaly goşmaça ýük goýulsa, onda ähli ulgam deňtizlenýän hereket edip başlar. Bu ýagdaýda her ýüke iki güýç täsir edýär – agyrlyk we ýüpüň dartylyş güýji. Eger ýüp süýnmeýär diýsek, onda ululyklary boýunça çep we sag tarapdaky ýükleriň tizlenmeleri deň, emma ugry boýunça garşylykly bolarlar. Eger tigirçegiň agramyny



4.1-nji surat

hasaba almasak, tigirçekden sag we çep tarapda ýüpüň dartylyşy özara deň bolar, şeýlelikde Nýutonyň ikinji kanuny esasynda ýazyp bileris:

$$m\left(m+m_1\right)=\left(m+m_1\right)g-T\ , \tag{4.1}$$

$$ma=T-mg \tag{4.2}$$

Bu ýerde *a*-ulgamyň tizlenmesi, *T*-ýüpüň dartyş güýji, *g*-agyrlyk güýjüniň tizlenmesi.

Bu deňlemelerden peýdalanyp ýüpüň dartyş güýjüniň ululygyny we tizlenmäni tapmak bolar.

$$a=g\frac{m_1}{2m+m_1}\ , \tag{4.3}$$

$$T=gm\frac{2\left(m+m_1\right)}{2m+m_1}=gm\frac{1+\frac{m_1}{m}}{1+\frac{m_1}{2m}} \tag{4.4}$$

Tizlenmäni has takyk kesgitlemek üçin tigirçegiň agramyny hem hasaba almaly. Onda tigirçekden sag we çep tarapda ýüküň dartyş güýji dürli bolar we tigirçegiň aýlanma hereketini häsiýetlendirýän momentler deňlemesi hem goşular. Eger-de ýüpi agramsyz we süýnmeýär diýip kabul etsek, onda aşakdaky deňlemeleri alarys:

$$\left.\begin{aligned}&\left(m+m_1\right)a_1=\left(m+m_1\right)g-T\\&-ma_1=mg-T_1\\&I\varepsilon=\alpha\cdot m_0r^2\varepsilon=\left(T_2-T_1\right)\cdot r\end{aligned}\right\} \tag{4.5}$$

Bu ýerde *I* - tigirçegiň inersiýa momenti

m_0 - tigirçegiň massasy

r - tigirçegiň radiusy

ε - tigirçegiň burç tizlenmesi

α - tigirçegi häsiýetlendirýän koeffisiýent.

Eger-de ýüp tigirçek boýunça typmasa, onda çyzyk we burç tizlenmeler aşakdaky deňleme bilen baglanyşýar:

$$a_1 = \varepsilon \cdot r\,. \tag{4.6}$$

(4.5) deňlemeler ulgamyny çözüp, a_1 tizlenme üçin aňlatmany alarys:

$$a_1 = g\frac{m_1}{2m + m_1 + \alpha m_0} \tag{4.7}$$

(4.7)-den görnüşi ýaly, ulgam erkin gaçma tizlenmesinden kiçi tizlenme bilen hereketlenýär. Goşmaça "m_1" ýüküň kömegi bilen ulgamyň tizlenmesini ulaltmak mümkin. Eger-de ulgam hereketde mahaly "m_1" ýüki aýyrsak, onda ulgam ýüki aýyran pursatdaky tizlige deň bolan hemişelik tizlikde hereket eder. "*A*" turbada tutuş we süýşýän tekizçeler (goşmaça ýüki aýyrmak üçin) bar. Wagt aralyklaryny sekundomeriň kömegi bilen kesgitlemek mümkin.

Atwudyň abzalynda deňtizlenýän hereketiň kanunyny we Nýutonyň II kanunyny barlamak mümkin.

Işiň ýerine ýetirilişi

1. $S = \dfrac{at^2}{2}$ **ýoluň kanunyny barlamak.**

Elektromagniti çeşmä birleşdirip, "Ç$_1$" ýüki elektromagnitiň üstüne goýmaly. Ony elektromagnit saklar. Soňra "*D*" ýüki "Ç" ýüküň üstüne ýerleşdirmeli. Tutuş tekizçegi bolsa „Ç“ ýüküň aşaky ýagdaýyndan haýsy-da bolsa "*S*" aralykda berkitmeli. Elektromagnit çeşmeden aýrylan pursatyndan başlap, tä "Ç" ýükjagaz tutuş tekizçege degýänçä sekundomeri işletmeli. Ol wagt aralygy ýüküň hereket edýän wagtydyr.

"S" aralyk dürli bolsa, *t*-gaçma wagty hem dürli bolar. Dürli "*S*" aralyk üçin degişli *t* wagty ölçäp, aşaky şertiň ýerine ýetýänligini barlamaly.

$$a = \frac{2S_1}{t_1^2} = \frac{2S_2}{t_2^2} = \ldots\ldots = \frac{2S_n}{t_n^2}$$

Alnan bahalary tablisa geçirmeli:

T/b	t	S	$a=\frac{2S}{t^2}$
1			
2			
3			

2. $\upsilon = at$ **tizligiň üýtgeýiş kanunyny barlamak.**

Bu baglanyşygy barlamak üçin, “Ç” ýükden birnäçe aralykda deşikli tekizçegi ýerleşdirmeli, ondan aşagyrakda tutuş tekizçegi ýerleşdirmeli. Elektromagnit çeşmeden aýrylan pursatyndan başlap, sekundomer işlär, şeýlelikde, käbir “t_1” wagtdan soň deşikli tekizçek “Ç” ýükden goşmaça ýüki aýyrar. Şondan soň ýük hemişelik tizlik bilen hereket edip, “t_1” wagtda tutuş tekizçege baryp urlar. Tekizçekleriň aralygyny we ol aralygy geçmek üçin gerek bolan „t_1“ wagty bilip, ýüküň deňölçegli hereketiniň „υ_1“ tizligini kesgitläris. Dürli aralyklar üçin ýokarky tejribäni gaýtalamaly. Şeýlelikde,

$$\upsilon_1 = \frac{S_1}{t_1'}, \quad \upsilon_2 = \frac{S_2}{t_2'}, \quad \upsilon_3 = \frac{S_3}{t_3'}$$ bahalar alnar.

Şol bir goşmaça ýükde $a_1 = \frac{\upsilon_1}{t_1} = \frac{\upsilon_2}{t_2} = ... = \frac{\upsilon_n}{t_n}$ netije alnar.

Bahalary tablisa geçirmeli:

T/b	t	S	υ	t'	$a_1=\frac{\upsilon}{t'}$	α
1						
2						
3						

3. **Nýutonyň II kanunyny barlamak.**

Bilşimiz ýaly,

$$F = m \cdot a$$

Eger-de goşmaça ýükleri ulgamyň bir tarapyna geçirsek, ulgamyň umumy massasy üýtgemese-de deň täsir ediji daşky güýçler üýtgäp, ulgamyň tizlenmesiniň üýtgemesine getirýär. Iki dürli ýagdaý üçin degişlilikde:

$$F_1 = m \cdot a_1, \quad F_2 = m \cdot a_2, \quad S_1 = \frac{1}{2} a_1 t_1^2, \quad S_2 = \frac{1}{2} a_2 t_2^2$$

Degişlilikde gatnaşdyryp, alarys: $\frac{F_1}{F_2} = \frac{a_1}{a_2}, \quad \frac{S_1}{S_2} = \frac{a_1 t_1^2}{a_2 t_2^2}.$

Bu ýerden $\frac{F_1}{F_2} = \frac{S_1 t_2^2}{S_2 t_1^2}$

soňky aňlatmany hem barlamaly.

Mysal üçin, ilkibada „$Ç_1$“ ýüke 1G, „Ç“ ýüke 3G goşmaça ýük goýulýar, diýmek, $F_2 = 4G$ ýene-de „S_1“ we „S_2“-niň dürli bahalaryny almaly we aşaky tablisa geçirmeli:

T/b	F_1	S_1	t_1	F_2	S_2	t_2	$\frac{F_1}{F_2}$	$\frac{S_1 t_2^2}{S_2 t_1^2}$
1								
2								
3								

Bellik: Wagt kesgitlenende her gezek üç ölçegiň ortaça bahasyny almaly.

Barlag üçin soraglar

1. *a* we *T* üçin aňlatmalary çykaryp görkezmeli.
2. $S = \frac{at^2}{2}$ aňlatmany çykarmaly.
3. Nýutonyň kanunlaryny düşündirmeli.
4. Işiň ýerine ýetirilişini beýan etmeli.

5-nji tejribe işi

Süýnme deformasiýasyny öwrenmek

Gerekli enjamlar:

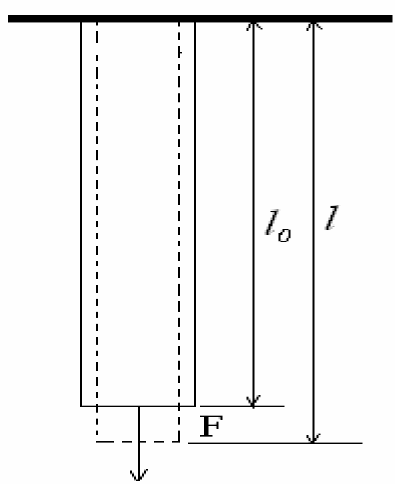
1. Görüş turbasy.
2. Mikrometr.
3. Çyzgyç.
4. Ýörite gurnama.
5. Ýükler.

Gysgaça nazary maglumatlary

Daşky täsir netijesinde gaty jisimiň ölçegleriniň we görnüşiniň üýtgemegine onuň deformasiýasy diýilýär.

Gaty jisimleriň deformasiýasynyň fiziki tebigaty heniz doly öwrenilen däldir. Deformasiýa wagtynda gaty jisimleriň kristallik gözenekleriniň düwünlerinde ýerleşen bölejikler ýagdaýlaryny üýtgedýärler. Muňa bolsa bölejikleriň arasyndaky özara täsir güýji päsgel berýär netijede,deformirlenen jisimde içki maýyşgak güýçler ýüze çykýar.

Eger-de güýjüň täsiri aýrylandan soň, jisim başlangyç ýagdaýyna gelýän bolsa, (deformasiýa ýok bolýan bolsa), beýle deformasiýa maýyşgak deformasiýa diýilýär. Meselem, süýndürilen rezin ýa-da polat puržin güýjüň täsiri kesilse, öňki ýagdaýlaryny alýarlar.



5.1-nji surat

Güýjüň täsiri kesilenden soň, gaty jisim başlangyç görnüşini alyp bilmese, beýle deformasiýa plastik deformasiýa diýilýär. Bu deformasiýa netijesinde gaty jisimiň kristallik gözenekleri öwrülişiksiz üýtgemelere sezewar bolýarlar. Meselem: gurşun, mum we ş.m.

Deformasiýanyň süýnme we gysylma, towlanma, süýşme görnüşleri tapawutlanýar.

Deformasiýany döredýän güýçleriň belli bir bahasyna çenli maýyşgak deformasiýa ýerine ýetýär. Şol baha maýyşgaklyk çägini kesgitleýär.

Goý, bize l_o uzynlykly, kese-kesiginiň meýdany *S*-e deň bolan steržen berlipdir diýeliň. Eger-de onuň bir ujuny gozganmaz ýaly berkidip sterženiň ugry boýunça *F* güýç täsir etdirilse, uzynlygy üýtgäp, *l* bolar. (*5.1-nji surat*)

$$\Delta l = l - l_o$$

tapawut absolýut deformasiýasyny aňladýar.

$\varepsilon = \dfrac{\Delta l}{l_o}$ - gatnaşyga otnositel deformasiýa diýilýär.

Tejribe üsti bilen iňlis fizigi Guk 1675-nji ýylda $\dfrac{\Delta l}{l_o}$ ululygyň täsir edýän *F* güýje göni, sterženiň S kese-kesiginiň meýdanyna ters proporsionaldygyny tapýar. Ýagny

$$\frac{\Delta l}{l_o} \sim \mathrm{F}, \quad \frac{\Delta l}{l_o} \sim \frac{1}{\mathrm{S}}, \quad \frac{\Delta l}{l_o} \sim \frac{\mathrm{F}}{\mathrm{S}}$$

Eger-de proporsionallyk koeffisiýentini girizsek,

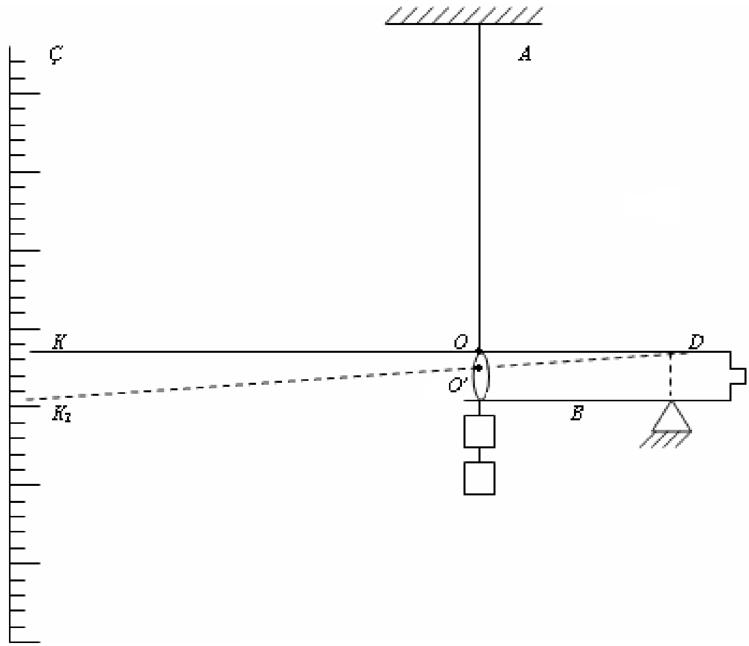
$$\frac{\Delta l}{l_o} = \alpha \frac{\mathrm{F}}{\mathrm{S}} \tag{5.1}$$

α – maýyşgaklyk koeffisiýenti diýlip atlandyrylýar.

$E = \dfrac{1}{\alpha}$ ululyga maýyşgaklyk moduly ýa-da Ýunguň moduly diýilýär.

$$E = \frac{F}{S} \cdot \frac{l_o}{\Delta l} \qquad (5.2)$$

Ýunguň moduly berlen jisim üçin hemişelik ululykdyr.



5.2-nji surat

$P_z = \frac{F}{S}$ sterženiň kese-kesigininiň üst birligine düşýän güýji görkezýär. Oňa zor diýilýär.

Sterženiň üzülmän çydap bilýän zoruna berkligiň çägi diýilýär. (5.2) aňlatmadan

$$E = \frac{\frac{F}{S}}{\left[\frac{\Delta l}{l_o}\right]}, \text{ diýmek, } \frac{\Delta l}{l_o} = 1 \text{ ýa-da } \Delta l = l_o \text{ bolanda } E = \frac{F}{S} = P_z$$

Bu ýerden Ýunguň modulynyň fiziki manysy gelip çykýar.

Ýunguň moduly sterženiň başlangyç uzynlygyny 2 esse uzaldyp biljek zory aňladýar.

Tejribe işiniň gurnamasy

Gurnama maýyşgaklyk moduly kesgitlenilýän simi asmak üçin *A* diregden, *B* görüş turbadan we *Ç* çyzgyçdan ybarat.

Ýunguň modulyny tapmak üçin simiň absolýut deformasiýasyny bilmeli. Ony aşaky ýagdaýlary nazarda tutup tapmak mümkin. Entek güýç täsir etmänkä, görüş turbasynda seredilende mm-ik çyzgyjyň *K* nokady görner. Eger-de güýç täsir etdirilse, barlanylýan sim süýner we görüş turbadan çyzgyjyň K' nokady görner. Degişlilikde simiň aşak ujunyň başlangyç we deformasiýa sezewar bolan O we O' nokatlar alnar. $OO' = \Delta l$ absolýut deformasiýa. $OO'D$ we $KK'D$ üçburçluklaryň meňzeşliginden peýdalanyp, Δl ululygyň san ba-

hasyny taparys. Biziň ýagdaýymyzda $OO' = \Delta l$, $OD=0.5m$ görüş turbasynyň uzynlygy, $KD=5m$, okulýardan *Ç* çyzgyja çenli aralyk.

$$OO' = KK'\frac{OD}{KD} \qquad (5.3),$$

$$\Delta l = KK' \cdot \frac{0.5}{5} = 0.1KK'; \; [\Delta l]=[mm];$$

$\Delta l = 0.1\ KK'\ mm$. KK' - görüş turbasyndan alynýan çyzgyçdaky başlangyç we soňky ýagdaýlaryň aralygy. (5.2) aňlatma girýän *F* asylýan ýüküň ululygy. $S = \pi \cdot r^2$ polat simiň kese-kesiginiň meýdany. l_o-simiň başlangyç uzynlygy.

Işiň ýerine ýetirilişi

1. Işiň ýazgysy bilen doly tanyşmaly, aňlatmalary çykaryp öwrenmeli.
2. Simiň uzynlygy l_0 we radiusy r-i degişli esbaplaryň kömegi bilen ölçemeli.

3. Görüş turbasynda K nokady belläp, ýük asmaly we K' nokady kesgitläp, OO' absolýut deformasiýany kesgitlemeli. (5.2)-den E –ni tapmaly.

4. Her bir tejribäni 3-4 gezek geçirip, netijelerini tablisa geçirmeli.

T/B	l_0	F	S	KK'	E	E_{orta}	ΔE_i	ΔE_{orta}	$\frac{\Delta \bar{E}}{\bar{E}} \cdot 100\%$
1.									
2.									
3.									

$$\Delta E_i = E_i - \bar{E}, \quad \bar{E} = \frac{\sum_{i=1}^{n} E_i}{n}, \quad \Delta \bar{E} = \frac{\sum_{i=1}^{n} |\Delta E_i|}{n}, \quad E = E_{orta} \pm \Delta E_{orta}$$

Barlag üçin soraglar:

1. Deformasiýa näme? Deformasiýanyň görnüşleri. Maýyşgak we plastik deformasiýalar näme?
2. Otnositel we absolýut deformasiýa näme?
3. Ýunguň moduly we onuň fiziki manysy nämeden ybarat?

Δl =0.1 KK' aňlatmany çykaryp görkezmeli.

5. Gurnamanyň işleýşini düşündirmeli.

6-njy tejribe işi

Towlanma usuly bilen süýşme modulyny kesgitlemek

Gerekli enjamlar:

1. Ýörite gurnama.
2. Sekundomer.

Gysgaça nazary maglumatlary

Eger-de bir ujy berkidilen simiň ýa-da sterženiň beýleki ujuna momenti M bolan jübüt güýç bilen täsir etdirilse, onda (Gausyň guralyndaky) simiň towlanma burçy φ, (Gukuň kanuny esasynda)

$$\varphi = \frac{M}{f} \tag{6.1}$$

aňlatma arkaly kesgitlenilýär.

Bu ýerde f- towlanma moduly.Towlanma moduly süýşme moduly bilen aşakdaky ýaly baglanyşyga eýedir:

$$f = \frac{\pi N r^4}{2l} \tag{6.2}$$,

N-süýşme moduly

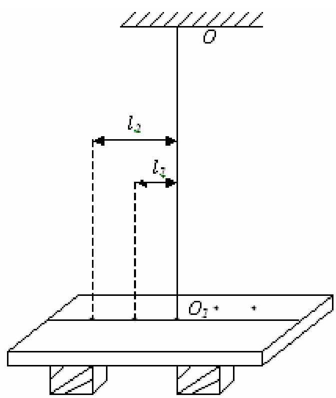
r- simiň radiusy

l- simiň uzynlygy

Jübüt güýjüň täsir etmegi netijesinde ulgam deňagramlylyk ýagdaýyndan çykarylýar we soňra özbaşyna goýberilýär. (surata seret). Şeýlelikde, simiň maýyşgak towlanmasy zerarly ulgam OO_1 okuň daşynda yrgyldyly hereket edýär. Ýük asylan sim bolsa towlanma deformasiýasyna duçar bolýar. Bu ulgamyň hereketine aýlanma hereketiň dinamikasynyň esasy kanunyny ulanmak bolýar. Ýagny

$$M = -I\frac{d^2\varphi}{dt^2} \tag{6.3}$$.

Bu ýerde M-ulgamy OO_1 okuň daşynda aýlanmaga mejbur edýän güýjüň momenti; I - ulgamyň OO_1 oka görä, inersiýa momenti;



7.1-nji surat

$\frac{d^2\varphi}{dt^2} = \varepsilon$ ulgamyň burç tizlenmesi.

(6.1) we (6.3) deňlemelerden

$$I\frac{d^2\varphi}{dt^2} = -f\varphi; \quad \frac{d^2\varphi}{dt^2} = -\frac{f}{I}\varphi \qquad (6.4),$$

aňlatmany alarys.

Bu aňlatma maýyşgak towlanma yrgyldynyň differensial deňlemesidir. Bilşimiz ýaly, maýyşgak towlanma yrgyldylarynyň periody $T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{f}}$ görnüşde aňladylýar, bu aňlatmany aýlaw ýygylygynyň üsti bilen aňladyp, $\omega^2 = \frac{4\pi^2}{T^2} = \frac{f}{I}$ görnüşde ýazyp bileris. Onda (6.4) aňlatma aşakdaky görnüşe eýe bolar.

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + \omega^2\varphi = 0 \qquad (6.5)$$

Bu ýönekeý (garmoniki) yrgyldynyň differensial deňlemesi bolup, onuň çözlüşi

$$\varphi = \varphi_0 \sin\omega t \qquad (6.6)$$

görnüşde bolup biler.

Towlanma modulyny kesgitlemek üçin ilki guralyň simden asylan böleginiň inersiýa momentini kesgitlemeli. Onuň üçin silindrleri içki we gyraky ýagdaýda ýerleşdirip, degişlilikde

$I_1 = 2ml_1^2 + I_0$ (6.7) we $I_2 = 2ml_2^2 + I_0$ (6.8)

aňlatmalardan peýdalanmaly.

Bu ýerde I_0 silindrleriň berkidilmedik ýagdaýynda guralyň inersiýa momenti; $l_1$we l_2 degişlilikde silindrleriň içki we gyraky ýagdaýlaryň aýlanma merkezinden uzaklygy; m-bir silindriň massasy.

(6.8)-den (6.7)-ni aýryp, silindrleriň ýerleşişine baglylykda ulgamyň inersiýa momentiniň üýtgemesi üçin,

$$I_2 - I_1 = 2m(l_2^2 - l_1^2) \tag{6.9}$$

aňlatmany alarys.

Silindrleriň içki we gyraky ýagdaýy üçin ulgamyň yrgyldy periodlary degişlilikde

$$T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{I_1}{f}} \tag{6.10}$$

$$T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{I_2}{f}} \tag{6.11}$$

görnüşde bolar. Bu ýerde f hemişelik ululyk bolup simiň towlanma modulydyr. (6.10) we (6.11) aňlatmadan towlanma modulyny kesgitlesek

$$f = 4\pi^2 \frac{(I_2 - I_1)}{T_2^2 - T_1^2} \tag{6.12}$$

aňlatmany alarys.

(6.9) aňlatmadan $(I_2$-$I_1)$ bahasyny (6.12)-de goýsak,

$$f = 8\pi^2 m \frac{(l_2^2 - l_1^2)}{(T_2^2 - T_1^2)} \tag{6.13}$$

alarys.

Bu deňligi (6.2) deňlik bilen deňeşdirip

$$\frac{\pi N r^4}{2l} = 8\pi^2 m \frac{(l_2^2 - l_1^2)}{(T_2^2 - T_1^2)} \tag{6.14}$$

alarys.

Bu ýerden süýşme moduly

$$N = \frac{16\pi m l}{r^4} \cdot \frac{(l_2^2 - l_1^2)}{(T_2^2 - T_1^2)} \tag{6.15}$$

deň bolar.

Işiň ýerine ýetirilişi

Silindrleri içki (l_1) we gyraky (l_2) ýagdaýda ýerleşdirip, ulgamyň T_1 we T_2 periodlaryny kesgitlemeli. Onuň üçin ilki silindrleri içki (l_1) ýagdaýda ýerleşdirip, ulgamy OO_1 okuň daşynda 30^0 - töwereklerindäki burça öwrüp goýbermeli. (ulgam deňagramlylyk ýagdaýyndan burça öwrülende OO_1 okdan gapdala gyşarmasyna ýol bermeli däl). Ulgam 3-4 gezek yrgyldaýança, garaşyp soňra T_1 periody kesgitlemek üçin ölçeg geçirip başlamaly. ($20 \div 30$ doly yrgyldynyň wagtyny kesgitlemeli)

$T_1 = \frac{t_1}{n_1}$ (periody kesgitlemek üçin goşar sagadynyň sekundomerini peýdalanmak bolar). Soňra silindirleri gyraky (l_2) ýagdaýda ýerleşdirip, yrgyldynyň T_2 periodyny kesgitlemeli

$T_2 = \frac{t_2}{n_2}$. Tejribede alnan bahalary (6.15) aňlatmada ornuna goýup, N süýşme modulyny hasaplamaly. Ölçegleri 3-4 gezek gaýtalap, alnan netijeleri tablisa geçirmeli we f- iň hem-de N-iň orta bahalaryny tapmaly.

T/B	n_1	t_1	T_1	n_2	t_1	T_2	m	l	l_1	l_2	f	N	$\bar{f}$	$\bar{N}$
1.														
2.														
3.														
4.														

Barlag üçin soraglar

1. Nähili jisimlere maýyşgak jisimler diýilýär?
2.Gukuň kanunynyň aňlatmasyny ýazyp beýan etmeli.
3. Towlanma we süýşme modullarynyň fiziki manysyny hem-de olaryň ölçeg birliklerini bilmeli.
4. Işiň ýerine ýetirilişini beýan etmeli.

7-nij tejribe işi

Çekili haýallandyryjy bilen elektrik hereketlendirijiniň kuwwatyny kesgitlemek

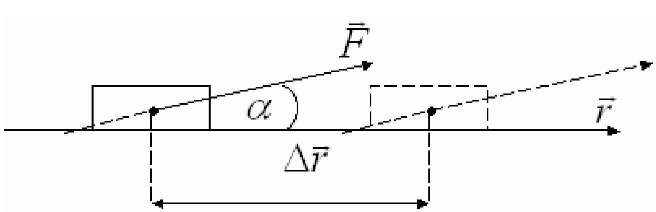
Gerekli enjamlar:

Elektrik hereketlendirijiniň kuwwatyny kesgitlemek üçin ýörite gurnama.

Gysgaça nazary maglumatlary

Jisimleriň özara täsirini mukdar taýdan häsiýetlendirmek üçin güýç diýilýän düşünje girizilýär. Güýç ululygy, ugry we goýlan nokady belli bolan ýagdaýynda doly kesgitlenen hasaplanýar. Mehanikada bütindünýä dartylma (grawitasiýa) güýji we elektromagnit tebigatly maýyşgak hem-de sürtülme güýçlerine seredilýär. Güýjüň täsirinde jisimiň tizligi üýtgeýär (tizlenmä eýe bolýar) ýa-da deformirlenýär. Halkara birlikler ulgamynda güýjüň ölçeg birligi hökmünde nýuton kabul edilen. Bir kilogram massaly jisime 1 $\frac{m}{s^2}$ tizlenme berýän güýç 1N-a deň hasap edilýär.

$$1N = 1kg \cdot \frac{m}{s^2}.$$

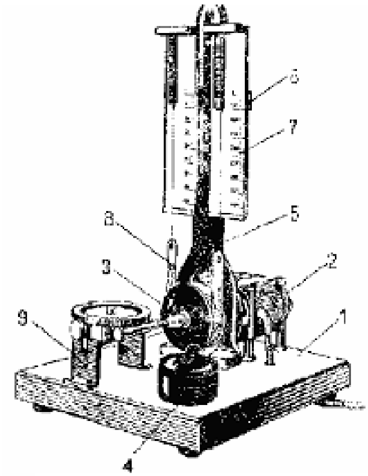


7.1-nji surat

Jisime täsir edýän güýjüň jisimiň orun üýtgetmesi bilen baglanyşygyny häsiýetlendirmek üçin iş diýilýän düşünje girizilýär. Iş güýç wektorynyň orun üýtgetme wektoryna skalýar köpeltmek hasyly ýaly aňladylýar.

$$A = \vec{F} \cdot \Delta\vec{r},$$

$$A = F \cdot \Delta r \cdot \cos\left(\hat{\vec{F}\,\vec{r}}\right) = F \cdot \Delta r \cdot \cos\alpha \quad (7.1).$$



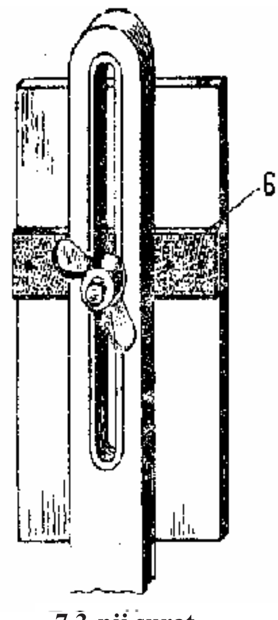
7.2-nji surat

Eger jisime täsir edýän güýç hemişelik (F=hemişelik) bolsa we hereket gönüçyzykly bolup, $\left|\Delta\vec{r}\right| = \Delta S = S - S_0 = S$; $S_0=0$; $\alpha=0$ şert kanagatlandyrylsa, onda işiň aňlatmasy aşakdaky görnüşde bolýar.

$$A = F \cdot S. \quad (7.2)$$

Halkara birlikler ulgamynda işiň ölçeg birligi hökmünde joul kabul edilen. Bir nýuton güýjüň täsirinde jisimiň bir metr aralyga süýşmesindäki iş bir joula deň hasap edilýär.

$$1\text{Joul} = 1\ \text{N} \cdot 1\text{m}.$$



7.3-nji surat

Işiň ýerine ýetiriliş çaltlygyny häsiýetlendirmek üçin kuwwat diýilýän düşünje girizilýär. Kuwwat wagt birliginde edilen işi aňladýan ululykdyr.

$$N = \frac{A}{t} = \frac{F \cdot S}{t} = F \cdot \upsilon \quad (7.3).$$

Halkara birlikler ulgamynda kuwwatyň ölçeg birligi hökmünde watt kabul edilen. Bir sekunt wagtyň dowamynda bir joul iş edilýän kuwwat bir watta deň hasap edilýär.

$$1\ \text{Watt} = 1\,\frac{J}{s}.$$

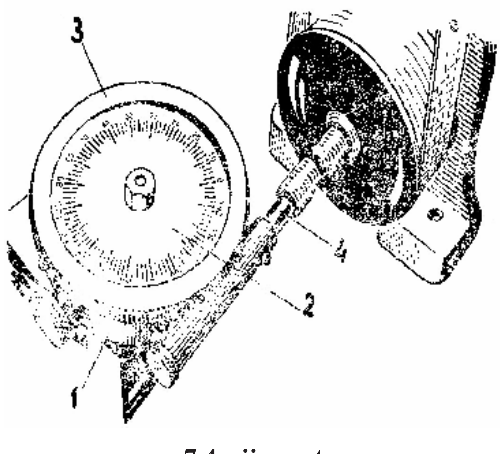
Amalyýetde kuwwatyň “at güýji”diýlip atlandyrylýan birligi hem giňden peýdalanylýar.

$$1a.g=75\ \frac{kG\cdot m}{s}=75\cdot 9.8\frac{N\cdot m}{s}=735\ Wt.$$

Mehanizmleriň kuwwatlary dürli usullar bilen kesgitlenip bilinýär. Biz şu tejribe işimizde elektrik hereketlendirijiniň kuwwatyny çekili haýallandyryjynyň kömeginde kesgitlenilişini öwreneris.

Gurnamanyň gurluşy we işleýşi

Gurnama ölçegleri *725x180x25* mm bolan tagta oturgyçda *(1)* oturdylan *220 W* naprýaženiýede işleýän elektrik hereketlendirijiden (2) dinamometrleri oturtmak üçin niýetlenen sütün görnüşli diregden (5) aýlaw sanaýjyny berkitmek üçin diregden (9), ýazdyryjydan (4) ybarat. (1-nji surat). Mundan başga-da oturgyçda (suratda görkezilmedik) naprýaženiýäni sazlaýjy reostat, elektrosekundomer ýerleşdirilýär. Elektrik hereketlendirijiniň okunda diametri 60 mm, ini 25 mm tigirçek (3) oturdylan, okuň dowamy rezin turbajyk arkaly aýlaw sanaýja birleşdirilen.



7.4-nji surat

Dinamometrleri sütün görnüşli direge berkitmek we ýokary-aşak süýşürmek üçin niýetlenen gysgyçly enjam (6) (2-nji surat). Enjamda 2 sany dinamometr (7) ýerleşdirilip olaryň uçlary tigirçekden aşyrylan çekä (8) birleşdirilýär. Aýlaw sanaýjy (3-nji surat), synadan (1) aýlaw sany görkezijili diskden (2), dişli tigirden (3), hyrly okdan (4) ybarat. Elektrik hereketlendiriji işe girizilende aýlaw sanaýjy we sekundomer hem herekete başlap, aýlaw sany we wagty ölçenilýär.

Işiň ýerine ýetirilişi

1. Ýörite süýşgüçde oturdylan dinamometrleri çeki tigirçege gowy degýänçä ýokary galdyryp berkitmeli.

2. Gurnamany iýmitlendiriş çeşmesine birleşdirmeli we utgaşdyryjyýazdyryjynyň kömeginde elektrik hereketlendirijini işletmeli.

3. Çekiniň tigirçege sürtülmesi zerarly dinamometrler dürli F_1 we F_2 güýçleri görkezerler,bu ululyklary belläp almaly.

4. Dinamometrleri üýtgetmän, elekrtik hereketlendirijiniň aýlaw sanaýjysynyň we sekundomeriň kömeginde 800-1000 doly aýlawlaryň wagtyny kesgitlemeli.

5. Hereketlendirijini saklamazdan dinamometrleri süýşürip, olaryň görkezýänlerini 0.5 N-a artdyrmaly we ýokardaky ýagdaýy gaýtalamaly.

6. Kuwwatyň aňlatmasynda tejribede alnan bahalary ornuna goýup, hasaplama geçirmeli.

$$N = \frac{A}{t} = \frac{F \cdot S}{t};$$

Bu ýerde S=φR; $\varphi=2\pi N_a$; $F=F_1–F_2$ – dinamometrleriň görkezenleriniň tapawudy

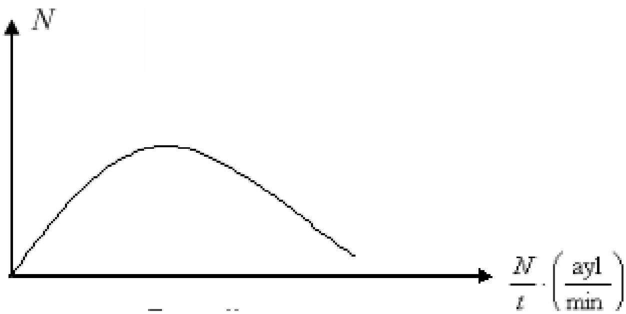
$$N = \frac{2\pi N_a F}{t} \cdot R \cdot$$

Bu ýerde N_a –doly aýlawlaryň sany, sanaýjydan tejribe arkaly kesgitlenýär, R –tigirçegiň radiusy t- N_a doly aýlaw etmek üçin sarp bolan wagt, sekundomerden alynýar.

Alnan netijeler tablisa geçirmeli

T/b	N	t	F_1	F_2	R	$\frac{N}{t} \cdot 60 \frac{\text{ayl}}{\text{min}}$
1						
2						
3						

Tablisadaky bahalary aşakdaky görnüşdäki baglanyşykda şekillendirmeli.



7.5-nji surat

Suratdaky şekilden hereketlendirijiniň kuwwatynyň iň uly bahasyna degişli minutdaky aýlaw sanyny tapmaly.

Barlag üçin soraglar

1. Güýç we onuň ölçeg birligi.
2. Iş we onuň ölçeg birligi.
3. Kuwwat we onuň ölçeg birligi.
4. Işiň ýerine ýetirilişiniň beýany.

8-nji tejribe işi

Oberbekiň maýatniginde aýlanma hereketiň kanunlaryny öwrenmek

Gerekli enjamlar:

1. Oberbekiň maýatnigi.
2. Beýikligi ölçemek üçin çyzgyç.
3. Sekundomer.
4. Ştangensirkul.
5. Ýükler.

Gysgaça nazary maglumatlary

Gaty jisimiň aýlanma hereketi öwrenilende güýç düşünjesi bilen bir hatarda güýjüň momenti, massa düşünjesi bilen bir hatarda inersiýa momenti diýilýän düşünjeler girizilýär. Bu düşünjeleriň manysyna düşünmek üçin aşakdaky mysala seredeliň.

Goý, r radiusly töwerek boýunça hereket edýän M massaly A maddy nokat berlen bolsun. Eger A nokada ululygy boýunça hemişelik F güýç täsir etdirilse, ol hemişelik tangensial tizlenme a_τ bilen hereket eder. Bu tizlenme A nokada täsir edýän F güýjüň tangensial düzüjisi F_τ arkaly kesgitlenýär. Suratdan görnüşi ýaly,

$$F_\tau = F\cos\alpha = ma_\tau \qquad (8.1).$$

Belli bolşy ýaly aýlanmanyň burç tizlenmesi bilen çyzyk tizlenmesi

$$a_\tau = \varepsilon \cdot r \qquad (8.2)$$

görnüşde baglanyşykdadyr.

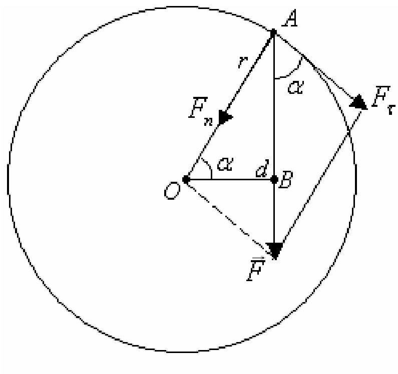
Onda (1) deňligi

$$F\cos\alpha = mr\varepsilon$$

görnüşinde ýazmak bolar. Bu aňlatmanyň sag we çep bölegini r-e köpeldip alarys:

$$Fr\cos\alpha = mr^2\varepsilon \tag{8.3}$$

Bu ýerde $d=r\cos\alpha$, O nokatdan F güýjüň täsir çyzygyna inderilen perpendikulýaryň uzynlygyna deňdir (8.1-nji surat $OA=r$; $OB=d=r\cos\alpha$).



8.1-nji surat

F güýjüň ululygynyň O nokatdan (aýlanma merkezinden) güýjüň täsir çyzygyna inderilen perpendikulýaryň uzynlygyna köpeltmek hasylyna san taýdan deň bolan

$$M=Fr\cos\alpha=Fd \tag{8.4}$$

ululyga F güýjüň O nokada görä, momenti diýilýär.

Nokadyň m massasynyň (O nokatdan) aýlanma merkezinden uzaklygynyň kwadratyna köpeltmek hasylyna san taýdan deň bolan

$$I = mr^2 \tag{8.5}$$

ululyga nokadyň aýlanma merkezine görä, inersiýa momenti diýilýär.

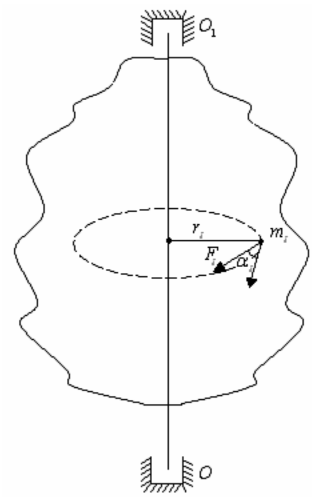
Güýjüň momenti we inersiýa momenti düşünjelerini girizmek bilen (8.3) deňligi

$$M=I\varepsilon \tag{8.6}$$

görnüşde ýazyp bileris.

Indi OO_1 gozganmaýan okda aýlanýan gaty jisim üçin bu ululyklaryň kesgitlenişine seredeliň. Güýjüň jisimi okda aýlamaklyga bolan ukybyny häsiýetlendirmek üçin güýjüň oka görä, momenti diýilýän düşünje girizilýär.

Täsir çyzygy jisimiň aýlanma oky bilen kesişýän şeýle-de täsir çyzygy jisimiň aýlanma okuna parallel bolan güýçler jisimiň okda aýlanmasyny döredip bilmeýär. Jisimiň oka görä aýlanmasyny güýç momentiniň diňe aýlanma okuna perpendikulýar bolan tekizlikde ýatan düzüjisi döredip bilýär. Gaty jisime biri-biri bilen berk baglanyşykda bolan nokatlar toplumy hökmünde seretmek mümkin (*8.2-nji surat*).



8.2-nji surat

Goý, gaty jisimiň OO_1 aýlanma okundan r_i aralykda ýerleşen m_i nokadyna F_i güýç täsir edýän bolsun we ol nokadyň traýektoriýasyna geçirilen galtaşýana α_i ýiti burç bilen ugrukdyrylan bolsun. Onda bu m_i nokat üçin (8.3) deňligi aşakdaky ýaly ýazmak bolar:

$$F_i r_i \cos\alpha_i = m_i r_i^2 \varepsilon \cdot$$

Bu ýerde ε-m_i - nokadyň burç tizlenmesi. Gaty jisimi emele getirýän ähli nokatlary üçin hem şeýle deňlikleri ýazyp, soňra olary jemläp ýazyp bolar.

$$\sum_{i=1}^{n} F_i r_i \cos\alpha_i = \sum_{i=1}^{n} m_i r_i^2 \varepsilon ,$$

ε-burç tizlenmesi ähli nokatlar üçin hemişelikdir, şoňa görä-de, ony jem alamatlaryň öňüne çykarmak bolar.

$$\sum_{i=1}^{n} F_i r_i \cos\alpha_i = \varepsilon \sum_{i=1}^{n} m_i r_i^2 . \qquad 8.7)$$

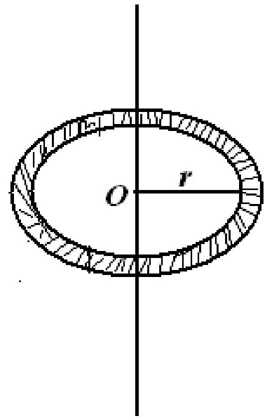
Bu ýerde

$$M = \sum_{i=1}^{n} F_i r_i \cos\alpha_i \qquad (8.8)$$

ululyk gaty jisimiň ähli nokatlaryna täsir edýän güýçleriň momentleriniň jemidir, ýagny ol gaty jisimi OO_1 okuň daşynda aýlanma täsir döredýän güýçleriň doly momentidir;

$$I = \sum_{i=1}^{n} m_i r_i \qquad (8.9)$$

I-ululyk gaty jisimiň berlen OO_1 oka görä inersiýa momentini aňladýar.Gaty jisimiň görnüşine we aýlaw okunyň geçýän ýerine baglylykda inersiýa momentleri tapawutlanýar.



8.3-nji surat

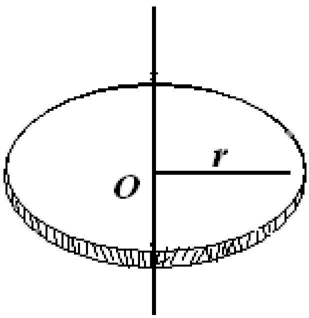
Mysal hökmünde birnäçe dogry geometrik görnüşe eýe bolan jisimleriň inersiýa momentlerini ýazalyň:

1. Birjynsly halkanyň merkezinden geçýän oka görä inersiýa momenti (*8.3-nji surat*)

$$I = m\,r^2$$

2. Birjynsly (silindriň) diskiň massa merkezinden geçýän oka görä inersiýa momenti (*8.4-nji surat)*

$$I = \frac{m\,r^2}{2}$$



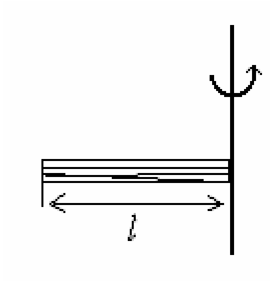
8.4-nji surat

3. Birjynsly sterženiň(pürsjagaz) bir ujundan geçýän oka görä inersiýa momenti (*8.5-nji surat*)

$$I = \frac{ml^2}{3}$$

4. Birjynsly togalagyň (şaryň) massa merkezinden geçýän oka görä inersiýa momenti (*8.6-njy surat*)

$$I = \frac{mr^2}{5}$$



8.5-nji surat

Jisimiň massalar merkezinden geçýän oka görä inersiýa momenti I_o belli bolsa, onda şol oka parallel we ondan d aralykda ýerleşen başga bir oka görä, jisimiň inersiýa momenti Gýuýgensiň-Şteýneriň teoremasy esasynda

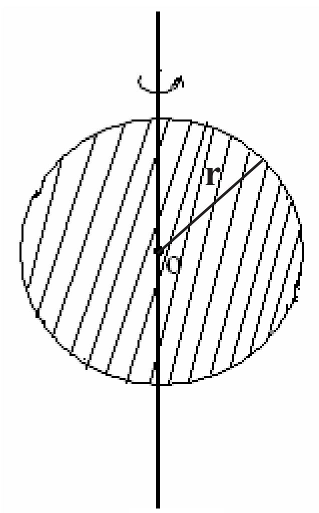
$$I=I_0 +md^2 \tag{8.10}$$

aňlatma boýunça hasaplanylýar.

Güýçleriň doly momenti we jisimiň inersiýa momenti düşünjeleri girizip, gaty jisimiň aýlanma hereketi üçin deňlemäni aşakdaky görnüşde ýazmak bolar.

$$M=I\varepsilon \tag{8.11}$$

Bu aňlatma gaty jisimiň aýlanma hereketiniň dinamikasynyň esasy deňlemesi ýa-da gaty jisimiň aýlanma hereketi üçin Nýutonyň II kanuny diýilýär. Bu kanuny Oberbekiň maýatniginiň kömegi bilen tejribede barlamak mümkin. Oberbekiň maýatnigi dört sterženiň biri-birine göniburç bilen birleşdirilen badalga (mahowik) tigrinden ybaratdyr (*8.7-nji surat*). Birmeňzeş massaly we meňzeş görnüşli dört sany ýük sterženlere geýdirilip, aýlanma okundan islendik aralykda ýerleşdirilip bilinýär. Badalga tigir, r radiusly silindriň üstüne saralan ýüpden asylan, P ýüküň täsirinde herekete getirilýär. (*8.7-nji surat*) Netijede, badalga tigir deňtizlenýän aýlanma hereket edýär. Maýatnigi hereketlendirýän ýüküň ýagdaýy dik ýerleşdirilen ölçeg çyzgyjyndan kesgitlenilýär.



8.6-njy surat

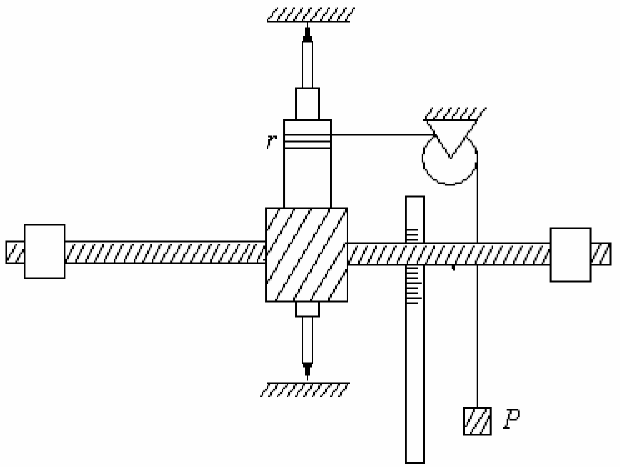
Maýatnigiň sterženlerine ýük geýdirilmedik ýagdaýyndaky inersiýa momenti, I_o gaty jisimiň aýlanma hereketiniň dinamikasynyň esasy deňlemesinden kesgitlenilýär.

$$I_o = \frac{M}{\varepsilon}$$

Maýatnigiň burç tizlenmesi P ýüküň h beýikligi geçen wagty we ýüpüň saralan silindriniň radiusy arkaly kesgitlenilýär.

Bilşimiz ýaly,

$$a = \frac{2h}{t^2}$$



8.7-nji surat

$$\varepsilon = \frac{a}{r} = \frac{2h}{rt^2} \tag{8.12}$$

Maýatnige täsir edýän güýjüň momenti ýüpüň dartylyş güýji we ýüpüň saralan silindriniň radiusy arkaly kesgitlenilýär. Belli bolşy ýaly ýüpüň dartylyşy:

$$F_d=m(g-a) \tag{8.13}$$

Ýüp saralan silindire täsir edýän güýjüň momenti:

$$M= F_d \cdot r=m(g-a)r \tag{8.14}$$

Bu ýerde g agyrlyk güýjüniň tizlenmesi "a" ýüküň tizlenmesi (ýüp saralan silindriň üstündäki nokatlarynyň çyzyk tizlenmesi).

Onda badalga tigiriň sterženlerine ýük geýdirilmedik ýagdaýyndaky inersiýa momenti

$$I_o = \frac{m(g-a)r^2}{2h}t^2 \qquad (8.15)$$

boýunça kesgitleniler.

Maýatnigiň sterženlerine ýük geýdirilen ýagdaýynda doly inersiýa momenti ýüksüz maýatnigiň we ýükleriň inersiýa momentleriniň jemi ýaly kesgitlenilýär.

$$I = I_o + 4m_1R^2 + \frac{m_1}{3}(l^2 + 3r_1^2) \qquad (8.16)$$

Bu ýerde m_1 - steržene geýdirilýän bir ýüküň massasy; R-aýlanma okundan steržene geýdirilen ýüküň merkezine çenli aralyk; l-steržene geýdirilýän silindrik ýüküň uzynlygy; r_1-steržene geýdirilýän silindrik ýüküň radiusy.

Işiň ýerine ýetirilişi

1. Teoriýa maglumatlary bilen doly tanşylandan soň, maýatnigiň sterženlerine geýdirilen ýükleri aýyrmaly we maýatnigiň silindrine ýüpi sarap, onuň boş ujuna gezekli-gezegine bir, iki, üç ýükleri asmaly. Her gezek ýüpden asylan ýükeriň belli bir (h) aralygyny näçe (t) wagtda geçýändigini sekundomeriň kömeginde kesgitläp, badalga tigiriň ýüp saralan silindrik üstüniň çyzyk tizlenmesini (ýüküň aşak gaçmak tizlenmesini)

$$a = \frac{2h}{t^2}$$

aňlatma arkaly tapmaly we maýatnigiň burç tizlenmesini

$$\varepsilon = \frac{a}{r}$$

aňlatmadan tapmaly.

Asylýan ýükleriň sanyny üýtgedip (bir, iki, üç), her ýük bilen 4-5 gezek ölçeg geçirmeli. I_o-hemişelik bolmagyna görä,

$$I_o = \frac{M_1}{\varepsilon_1}; \qquad I_o = \frac{M_2}{\varepsilon_2}; \qquad I_o = \frac{M_3}{\varepsilon_3};$$

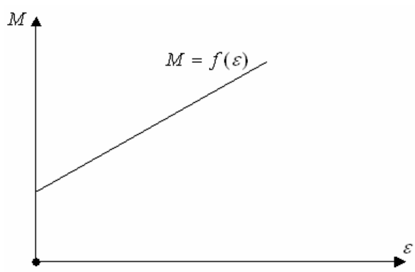
$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}; \quad \frac{M_2}{M_3} = \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_3}$$

Gatnaşyklary barlamaly we tablisany doldurmaly.

T/B	***m***	***h***	***T***	***a***	***ε***	***r***	***M=m(g-a)r***	$\frac{M_1}{M_2}$	$\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}$	I_o
1.										
2.										
3.										

Alnan netijeler esasynda

M = f(ε)



8.8-nji surat

baglanyşygyň egrisini gurmaly. Egriden peýdalanyp, sürtülme güýjüniň momentini we badalga tigiriň inersiýa momentini kesgitlemeli.

2. Maýatnigiň sterženlerine ýükleri geýdirmeli we olaryň ählisini aýlanma okundan deň uzaklykda ýerleşdirmeli. Soňra öňki usul bilen bu ulgamyň inersiýa momentini kesgitlemeli. Alnan netijäni 9.17-nji aňlatmada hasaplanan netije bilen deňeşdirmeli. Soňra steržene geýdi-

rilen ýükleri aýlanma okundan dürli deň aralykda ýerleşdirip tejribe usuly we hasaplama usuly bilen maýatnigiň inersiýa momentlerini tapmaly. Netijeleri tablisa geçirmeli.

T/B	I_o	$I = I_o + 4m_1R^2 + \frac{m_1}{3}(l^2 + 3r_1^2)$	m	h	t	a	r	ε	M	$I = \frac{M}{\varepsilon}$
1.										
2.										
3.										

Barlag üçin soraglar

1. Burç tizligi, tizlenmesi we birlikleri.
2. Nokadyň we jisimiň inersiýa momenti name?
3. Aýlanma hereketiniň esasy deňlemesini çykarmaly?
4. Işiň ýerine ýetirilişini düşündirmeli.

9-njy tejribe işi

Maýyşgak towlanma esaslanan TM-98 kysymly abzalyň kömegi bilen gaty jisimiň inersiýa momentini we simiň towlanma modulyny kesgitlemek

Gerekli enjamlar:

1 TM 98 kysymly abzal.
2. Sekundomer.
3. Disk.
4. Terezi we çekuw daşlary.
5. Massasy 5 kg ýakyn inersiýa momenti kesgitlenilýän jisim.

Gysgaça nazary maglumatlary

Bilşimiz ýaly, $F = -CX$ yzyna gaýtaryjy güýjüň täsiri netijesinde yrgyldaýan nokadyň yrgyldy periodynyň aňlatmasy.

$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{c}}$ görnüşdedir.

Bu ýerde C- yzyna gaýtaryjy güýjüň koeffisiýenti, m- yrgyldaýan nokadyň massasy.

Eger-de maýyşgak towlanma yrgyldylary üçin ýazsak, yrgyldynyň periody.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{f}} \qquad (9.1)$$

Bu ýerde I - jisimiň inersiýa momenti, f-simiň (sterženiň) towlanma moduly (sterženi başlangyç ýagdaýa getirmäge ymtylýan towlaýjy momentiň koeffisiýenti).

Dogry geometrik görnüşe eýe bolan jisimleriň inersiýa momentlerini kesgitlemek kyn däl. Emma durmuşda islendik görnüşe eýe bolan jisimler hem duş gelýär, olaryň hem inersiýa momentini kesgitlemek gerek bolýar. Dogry geometrik görnüşi bolmadyk jisimleriň inersiýa momentini tejribe üsti bilen kesgitlemek amatly bolýar. Şeýle usullaryň biri hem towlanma yrgyldylaryň kömegi bilen inersiýa momentini kesgitlemek usulydyr. Abzalyň işleýiş düzgüni maýyşgak towlanma yrgyldylaryň häsiýetine esaslanandyr. Ilki bilen abzalyň hususy inersiýa momenti kesgitlenilýär. Onuň üçin abzalyň diskini wertikal okda towlanma hereket eder ýaly käbir burça gyşardyp goýbermeli. Sekundomeriň kömegi bilen $20 \div 30$ doly yrgyldynyň wagtyny ölçemeli we yrgyldy periodyny $T_o = \frac{t_o}{n_o}$ aňlatma arkaly kesgitlemeli. Emma (1) deňlemede 2 sany näbelli bar. Şonuň üçin abzalyň diskiniň üstüne inersiýa momenti belli bolan, meselem, ýörite disk goýup, tejribäni gaýtalamaly. Bu ýagdaýda yrgyldy periody aşakdaky ýaly aňladylýar:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I_o + \frac{mr^2}{2}}{f}} \qquad (9.2)$$

Bu ýerde $\frac{mr^2}{2}$ - birjynsly diskiň merkezinden geçýän oka görä, inersiýa momenti; T - üstüne disk ýerleşdirilen ýagdaýda yrgyldy periody; m - diskiň massasy; r - diskiň radiusy; I_o - abzalyň hususy inersiýa momenti.

Abzalyň hususy periody:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I_o}{f}} \tag{9.3}$$

(9.2) we (9.3) deňlemelerden I_o we f näbelliler

$$I_o = \frac{mr^2T_0^2}{2\left(T^2 - T_0^2\right)} \quad (9.4),$$

$$f = \frac{2\pi^2mr^2}{T^2 - T_0^2} \quad (9.5),$$

9.1-nji surat

aňlatmalar arkaly kesgitlenilyär. Soňra abzalyň diskiniň üstüne inersiýa momenti näbelli jisimi ýerleşdirmeli we $n_1 = 20 \div 30$ doly yrgyldynyň t_1 wagtyny ölçemeli we $T_1 = \frac{t_1}{n_1}$ aňlatmadan periody kesgitlemeli.

Bu ýagdaý üçin yrgyldynyň periody

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I_o + I_1}{f}} \tag{9.6}$$

görnüşde bolar. Bu ýerde I_1 - inersiýa momenti kesgitlemek talap edilýän jisimiň inersiýa momenti. (6) aňlatmany aşakdaky görnüşde ýazyp,

$$T_1^2 = 4\pi^2 \left(I_o + I_1\right)\frac{1}{f}, \qquad \frac{T_1^2 f}{4\pi^2} = I_o + I_1$$

$$I_1 = \frac{T_1^2 f}{4\pi^2} - I_o$$

(9.7) kesgitlenilýär.

Işiň ýerine ýetirilişi

1. Ýüksüz ýagdaýda abzalyň diskiniň $n_o = 20 \div 30$ yrgyldysynyň t_o wagtyny kesgitlemeli we periody $T_o = \frac{t_o}{n_o}$ aňlatmada hasaplamaly.

2. Abzalyň diskiniň üstüne inersiýa momenti belli bolan disk ýerleşdirmeli we $n = 20 \div 30$ yrgyldysynyň t wagtyny kesgitlemeli we yrgyldynyň periodyny $T = \frac{t}{n}$ aňlatmada kesgitlemeli.

3. (9.4) we (9.5) aňlatmalaryň kömegi bilen abzalyň I_o inersiýa momentini we simiň f towlanma modulyny kesgitlemeli.

4. Abzalyň diskiniň üstüne inersiýa momenti näbelli jisimi goýmaly we $n_1 = 20 \div 30$ doly yrgyldynyň t_1 wagtyny ölçemeli we periody tapmaly.

$$T_1 = \frac{t_1}{n_1}$$

5. (9.7) aňlatmadan I_1-i tapmaly. Her bir tejribäni 3-4 gezek gaýtalamaly we olaryň hersiniň orta bahasyny tapmaly.

6. Alnan netijeleri tablisalara geçirmeli.

T/B	t_o	n_o	m	r	T	N	T_o	T	f	$\overline{f}$	I_o	$\overline{I_o}$
1.												
2.												
3.												

T/B	$\overline{f}$	$\overline{I_o}$	n_1	t_1	T_1	I_1	$\overline{I_1}$
1.							
2.							
3.							

Absolýut we otnositel ýalňyşlyklary hasaplamaly, gözlenilýän ululyklaryň orta arifmetik bahalaryny tapmaly.

$\Delta f_i = f_i - \overline{f}$ - absolýut ýalňyşlyk

$\overline{f} = \frac{\sum f_i}{\overline{f}}$ - towlanma modulynyň orta bahasy

$E_i = \frac{\Delta f_i}{\overline{f}}$ - bir ölçegiň otnositel ýalňyşlygy

$\overline{E} = \frac{\Delta \overline{f}}{\overline{f}}$ - orta otnositel ýalňyşlyk

$$f = \overline{f} \pm \Delta \overline{f}$$

Barlag üçin soraglar

1. Inersiýa momenti näme? Onuň birligi nähili?
2. Yrgyldy hereketiň periodynyň aňlatmasyny çykarmaly.
3. Maýyşgak towlanma yrgyldylary üçin periodyň aňlatmasy.
4. Işiň ýerine ýetirilişiniň yzygiderliligini düşündirmeli.

10-njy tejribe işi

Trifilýar asma usuly bilen inersiýa momentini kesgitlemek

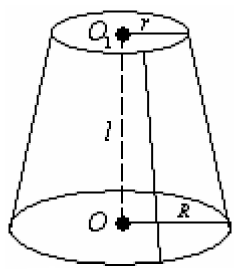
Gerekli enjamlar:

1. Trifilýar asma.
2. Sekundomer.

3. Ştangensirkul.

Gysgaça nazary maglumatlary

Trifilýar asma – käbir beýiklikde gozganmaz ýaly berkidilen diskden özara simmetrik ýerleşen üç sany ýüpüň kömeginde asylan, ýokarky diske görä, uly diametrli diskden ybarat gurnamadyr. (10.1 surat). Aşakdaky diski ýokarky we aşaky diskleriň merkezinden geçýän oka görä, käbir burça towlap özbaşyna goýberilse, ol aýlanma yrgyldyly hereket edýär. Bu bolsa diskiň agyrlyk merkeziniň ýokary-aşak ugurda yrgyldyly hereket etmegine getirýär. (*10.2 surat*)



10.1-nji surat

Trifilýar asmada yrgyldynyň periody aşaky diskiň inersiýa momentiniň ululygyna baglydyr. Eger oňa käbir ýük ýerleşdirsek, onda yrgyldy periody hem üýtgeýär.

Bu "*m*" massaly aşaky disk OO_1 okda käbir burça towlanyp, "*h*" beýiklige göterilen bolsa, onda onuň potensial energiýasynyň üýtgemesi

$$\Delta E_p = mgh \qquad (10.1)$$ deň bolar.

Bu ýerde "*g*" agyrlyk güýjüniň tizlenmesi.

Disk yzyna towlanyp, deňagramlylyk ýagdaýyndan geçen pursatynda

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot I\omega_0^2 \qquad (10.2)$$

kinetik energiýa eýe bolar. Bu ýerde "*I*" diskiň inersiýa momenti.

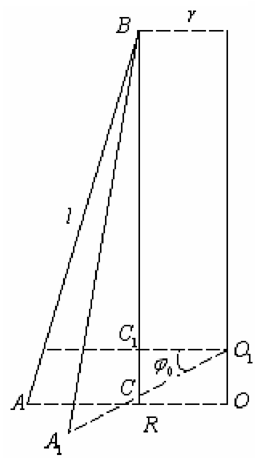
"ω_0"– deňagramlylyk ýagdaýyna ýeten pursatynda diskiň burç tizligi.

Sürtülme güýçleriň işi hasaba alynmasa, mehaniki energiýanyň saklanma kanuny esasynda

$$\frac{1}{2} \cdot I\omega_0^2 = mgh \qquad (10.3)$$

ýazmak bolar.

Disk ýönekeý (garmoniki) yrgyldy edýär diýip kabul edip, diskiň burç öwrülmesini aşakdaky görnüşde ýazyp bileris:



10.2-nji surat

$$\varphi = \varphi_0 \sin\frac{2\pi}{T}t$$

Bu ýerde φ- diskiň öwrülme burçy

φ_0 - öwrülme burçunyň amplitudasy

T - yrgyldynyň periody

t - wagt

Burç tizligi "ω" öwrülme burçundan wagta görä alnan birinji önüme deňdir.

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt} = 2\pi\frac{\varphi_0}{T}\cos\frac{2\pi}{T}t$$

Yrgyldaýan disk deňagramlylyk ýagdaýyndan geçen pursatlarynda

ýagny $t=0,\ \frac{1}{2}T,\ T,\ \frac{2}{3}T$ we ş.m. ω_0 burç tizligiň absolýut bahasy

aşakdaky ýalydyr:

$$\omega_0 = \frac{2\pi\varphi_0}{T} \qquad (10.4)$$

(10.3) we (10.4) deňlemelerden

$$mgh = \frac{1}{2}\cdot I\left(\frac{2\pi\varphi_0}{T}\right)^2 \qquad (10.5)$$

Eger ýokarky we aşaky diskleriň aralygy "l" ýokarky we aşaky diskleriň radiuslary degişlilikde r we R bolsa, onda 10.2-nji suratdan peýdalanyp, ýazyp bileris:

$$h = OO_1 = BC - BC_1 = \frac{BC^2 - BC_1^2}{BC + BC_1}$$

$$BC^2 = AB^2 - AC^2 = l^2 - (R-r)^2$$

$$BC_1^2 = BA_1^2 - A_1C_1^2 = l^2 - (R^2 + r^2 - 2Rr\cos\varphi_0)$$

Şeýlelikde, $$h = \frac{2Rr(1-\cos\varphi_0)}{BC+BC_1} = \frac{4Rr\sin^2\frac{\varphi_0}{2}}{BC+BC_1} \qquad (10.6)$$

Uly bolmadyk burçlarda $\sin\alpha \approx \alpha$ deň diýip almaklyk uly ýalňyşlyga getirmeýär. Soňky aňlatmada φ_0- yň kiçi bahalarynda $BC + BC_1 \approx 2l$ deň diýip almak mümkin. Onda

$$h = \frac{Rr\varphi_0^2}{2l} \qquad (10.7)$$

Şeýlelikde, (10.5) deňlemäni aşakdaky ýaly ýazyp bileris:

$$mg\frac{Rr\varphi_0^2}{2l} = \frac{1}{2}I\left(\frac{2\pi\varphi_0}{T}\right)^2 \qquad (10.8)$$

bu ýerden $$I = \frac{mgrR}{4\pi^2 l}T^2 \qquad (10.9)$$

(10.9) aňlatmanyň kömegi bilen diskiň özüniň we onuň ýükli ýagdaýynda inersiýa momentini kesgitlemek mümkin.

Işiň ýerine ýetirilişi

Ilki (10.9) aňlatmanyň kömegi bilen diskiň özüniň inersiýä momentini kesgitlemeli. Ondaky “l”, “R”, “r” we “m_0” ululyklaryň san bahasy (aşaky diske ýazylgy), guralyň hemişelik ululyklary hökmünde berilýär. Diskiň ýüksüz ýagdaýynda onuň yrgyldy “T_o” periodyny kesgitlemeli. Onuň üçin towlanma impulsyny bermeli we diskiň $n_0 = 50 \div 100$ doly yrgyldysynyň t_o wagtyny sekundomeriň kömegi bilen ölçäp, $T_0 = \dfrac{t_0}{n_0}$ aňlatmadan periodyny kesgitlemeli, (10.9) aňlatmada T_o periodyň bahasyny ýerine goýup, boş diskiň I_o inersiýa momentini kesgitlemeli.

Diskiň üstüne inersiýa momenti kesgitlenýän jisimi ýerleşdirip, ýene-de T_1 periodyny $T_1 = \frac{t_1}{n_1}$ aňlatmanyň kömegi bilen kesgitlemeli we (10.9) aňlatmada “I_1 ” inersiýa momentini kesgitlemeli. Ýükli we ýüksüz ýagdaýlaryndaky inersiýa momentleriniň tapawudy $I = I_1 - I_0$ jisimiň inersiýa momentine deň bolar. Ýüki diskiň okuna simmetrik ýagdaýda ýerleşdirmeli.

Ölçeg geçirilende yrgyldynyň amplitudasynyň bahasy 6^0-8^0 dan köp bolmaly däl. Şeýle tejribäni 3 gezek geçirip orta bahasyny tapmaly.

(10.7) aňlatmada ýükli ýagdaýda $m_1 = m_0 + m$ diýip almaly. Bu ýerde m – inersiýa momenti kesgitlenilýän jisimiň massasy .

Alnan netijeleri tablisa geçirmeli

T/B	n_0	t_0	T_0	n_1	t_1	T_1	I_0	I_1	I
1.									
2.									
3.									

Aşakdaky ululyklary tapmaly:

$$\bar{I} = \frac{\sum_{i=1}^{n} I_i}{n}, \quad \Delta I_i = I_i - \bar{I}, \quad \Delta\bar{I} = \frac{\sum_{i=1}^{n} |\Delta I_i|}{n}, \quad E = \frac{\Delta\bar{I}}{\bar{I}} \cdot 100\%$$

Barlag üçin soraglar:

1. Kinetik we potensial energiýa näme?
2. Nokadyň we jisimiň inersiýa momenti nähili kesgitlenilýär ?
3. Aýlanýan jisimiň kinetik energiýasynyň aňlatmasyny ýazmaly ?
4. Yrgyldyly hereketiň deňlemesi. Yrgyldynyň amplitudasy, fazasy, ýygylygy we olaryň birliklerini aýdyp bermeli.
5. Işiň ýerine ýetirilişini beýan etmeli.

11-nji tejribe işi

Togalak jisimleriň maýyşgak we maýyşgak däl urgularyny öwrenmek

Gerekli esbaplar: Ф П - 101A kysymly ýörite gurnama.

Gysgaça nazary maglumatlary

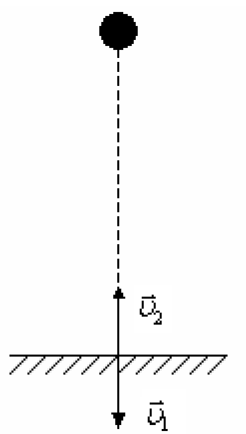
Urgy hadysasyny öwrenmek üçin ilki dikeldiş koeffisiýenti diýilýän düşünje girizilýär. Goý, togalak jisim tekiz üste υ_1 tizlik bilen urulýar diýeliň, urgudan soňky tizligi υ_2 bolsun (*11.1-nji surat*).

$k = \dfrac{\upsilon_2}{\upsilon_1}$ - gatnaşyga dikeldiş koeffisiýenti diýilýär. Eger-de $\upsilon_2=0$ bolsa $k=0$, onda urgy absolýut maýyşgak däl hasap edilýär. Eger-de $|\upsilon_2| = |\upsilon_1|$ bolsa $k=1$, onda urgy absolýut maýyşgak hasap edilýär. Şeýlelikde, dikeldiş koeffisiýenti $0 \le k \le 1$ bahalary eýeläp biler. Dikeldiş koeffisiýentini h_1 beýiklikden gorizontal tekizlige gaçan togalak jisimiň urgudan soň nähili h_2 beýiklige galýanlygy belli bolsa, kesgitläp bolar

$$k = \frac{\upsilon_2}{\upsilon_1} = \frac{\sqrt{2gh_2}}{\sqrt{2gh_1}} = \sqrt{\frac{h_2}{h_1}}$$

Özara çaknyşýan togalak jisimleriň urga çenli tizlikleri ol togalak jisimleriň massalar merkezlerinden geçýän göni çyzyk boýunça ugrukdyrylýan ýagdaýda bolup geçýän urga göni merkezi urgy diýilýär.

Absolýut maýyşgak däl urgudan soň urga gatnaşan togalak jisimler deň tizlige eýe bolup, bir bitewi jisim ýaly hereket edýär. Muňa plastilinden ýasalan togalak jisimleriň biri-birine tarap hereketine gözegçilik etmek bilen göz ýe-



11.1-njy surat

tirmek mümkin. Olar özara çaknyşandan soň deformirlenýärler we başlangyç ýagdaýdaky görnüşini alyp bilmeýärler. Beýle diýmeklik togalak jisimleriň içki energiýasy olaryň kinetik energiýasynyň we özara täsir potensial energiýasynyň hasabyna artýar diýmekdir.

Çaknyşýan togalak jisimleriň massalary m_1 we m_2 urga çenli tizlikleri $\vec{\upsilon}_1$ we $\vec{\upsilon}_2$ bolsa, urgudan soňky $\vec{\upsilon}$ tizligi kesgitläp bolar. Impulsyň saklanma kanunyna görä,

$$m_1\vec{\upsilon}_1 + m_2\vec{\upsilon}_2 = (m_1 + m_2)\vec{\upsilon}$$ bu ýerden $$\vec{\upsilon} = \frac{m_1\vec{\upsilon}_1 + m_2\vec{\upsilon}_2}{m_1 + m_2}$$

Tizligiň san gymmaty tapylanda impulsyň wektor ululykdygyny nazarda tutmaly. Togalak jisimler bir ugra hereket etseler we $\vec{\upsilon}_1 > \vec{\upsilon}_2$ bolsa,

$$u = \frac{m_1\upsilon_1 + m_2\upsilon_2}{m_1 + m_2} \tag{11.1}$$

Biri-birine tarap hereket edýän iki togalak jisim çaknyşanda kiçi impulsly togalak jisim impulsy uly bolan togalak jisimiň hereket ugry boýunça (bilelikde) hereket eder.

Iki togalak jisimiň absolýut maýyşgak däl urgusyndan soň, olaryň potensial energiýalary üýtgemeýärler. Doly mehaniki energiýanyň üýtgemegi kinetik energiýanyň üýtgemesi bilen baglanyşyklydyr. Hasaplamalaryň görkezişi ýaly,

$$\Delta E = \frac{m_1 \cdot m_2}{2(m_1 + m_2)}(\upsilon_1 - \upsilon_2)^2 \tag{11.2}$$

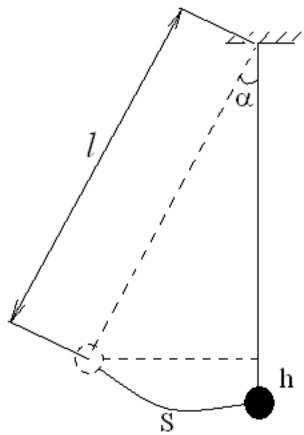
Alnan aňlatma içki energiýanyň nähili ululyga atrýandygyny görkezýär. Ýagny bu energiýa togalak jisimleriň gyzmagyna harç bolýar.

Urgy absolýut maýyşgak däl bolmasa, çaknyşmadan soň togalak jisimler deň tizlik bilen hereket etmezler. Emma impulsyň saklanma kanuny ýerine ýetiriler:

$$m_1\vec{\upsilon}_1 + m_2\vec{\upsilon}_2 = m_1\vec{u}_1 + m_2\vec{u}_2 \tag{11.3}$$

Iki togalak jisimleriň çaknyşmasyndan dikeldiş koeffisiýentini kesgitläp bolar.

$k = \dfrac{u_2 - u_1}{\upsilon_1 - \upsilon_2}$ bu ýer-de υ_1, υ_2 we u_1, u_2 degişlilikde togalak jisimleriň çaknyşmadan öňki we soňky tizlikleridir. Dikeldiş koeff-isiýenti togalak jisimleriň urgudan soň tizligiň nähili ülüşini saklaýandygyny görkezýär. 11.2-nji suratda gorkezilişi ýaly, iki togalak jisimi hem özara deň burça gyşardyp, soňra göýberilse, çaknyşmadan soň olar islendik wagt pursatynda deň we garşylykly tizliklere eýe bolarlar. Bu ýagdaýda dikeldiş koeffisiýenti



11.2-nji surat

$$k = \frac{u - (-u)}{\upsilon - (-\upsilon)} = \frac{u}{\upsilon}$$

görnüşde ýazylar. u urgudan soňky υ urgudan öňki tizligi (islendik togalak jisimiň). Şeýlelikde, yzygider n urgy üçin aşaky deňlemeler alynýar:

$$u_1 = k\upsilon_1, u_2 = k\upsilon_2, \cdots\cdots, u_n = k\upsilon_n$$

$u_1 = \upsilon_2$, $u_2 = \upsilon_3$, …… şertden peýdalanyp ,

$$k^n = \frac{u_n}{\upsilon_1}$$

baglanyşygy alarys.

Tizlikleriň gatnaşygyny geçýän aralyklarynyň gatnaşygy bilen çalşyp bolar. Bilşimiz ýaly, h beýiklik bilen tizligiň arasynda $\upsilon = \sqrt{2gh}$ baglanyşyk alynýar (energiýanyň saklanma kanuny es-asynda).

11.2-nji suratdan $h = l(1 - \cos\alpha) = 2l\sin^2\dfrac{\alpha}{2}$

Eger-de $l << S$ bolsa, $\alpha \approx \frac{S}{l}$

$$\upsilon = \sqrt{2gh}, \quad h = \frac{S^2}{2l}, \quad \upsilon = S\sqrt{\frac{g}{l}}$$

Onda ýokarky deňlemelerden $\left(\frac{S_n}{S_1}\right)^{\frac{1}{n}} = K$ (11.4),

$S_1 -$ togalak jisimiň bir urgudan, $S_n - n$ urgudan soň deňagramlylyk ýagdaýyndan gyşarma aralyklary.

Işiň ýerine ýetirilişi

Bu işde absolýut maýyşgak däl we maýyşgak urgy üçin impulsyň saklanma kanuny barlanylyp görülýär. Degişlilikde absolýut maýyşgak däl urgy üçin,

$$m\upsilon = (m+M)u, \qquad (11.5)$$

Absolýut maýyşgak urgy üçin,

$$m\upsilon = m\upsilon_1 + M\upsilon_2 \qquad (12.6)$$

görnüşlerde impulsyň saklanma kanuny ýazylýar. Bu ýerde $m -$ baryp urýan togalak jisimiň massasy, $M -$ dynçlykda duran togalak jisimiň massasy,

υ - baryp urýan togalak jisimiň tizligi,

$\upsilon_2, \upsilon_1, u$ - degişlilikde urgudan soňky tizlikler.

Mundan başga-da (11.4) aňlatmadan peýdalanyp dikeldiş koeffisiýentini tapmak bolar.

Gurnamada çaknyşýan togalak jisimler iki sapakdan (bifilýar) asylýar. Elektromagnitiň kömegi bilen togalak jisimleriň birini dürli burça gyşaran ýagdaýda saklap bolar. Gyşarma burçy görkeziji arkaly kesgitlenilýär.

1. Maýyşgak urguda impulsyň saklanma kanunynyň ýerine ýetirilýänligine (11.6) deňligiň adalatlydygyny barlamak arkaly göz ýetirmek bolar. Onuň üçin sag görkezijide elektromagniti 10^0-15^0 aralykda berkitmeli. Elektromagnit togalak jisimi saklaýar. Elektromagnit iýmitlendiriji çeşmeden aýrylandan soň, dynçlykda duran we elektromagnitden boşan togalak jisimler çaknyşarlar. Togalak jisimler çaknyşandan soň, olaryň sag we çep burç görkezijileri boýunça iň uly gyşarmalaryny almaly.

$\upsilon = 2\sqrt{gl}\sin\frac{\alpha}{2}$ ýa-da $\upsilon = S\cdot\sqrt{\frac{g}{l}}$ aňlatmadan peýdalanyp, υ we υ_1, υ_2 tizlikleri tapmaly. Bu ýerde l - togalak jisimiň asylan sapagynyň uzynlygy, $g = 9,8\frac{m}{s^2}$ agyrlyk güýjüniň tizlenmesi,

α - togalak jisimiň gyşarma burçy.

Tejribäni polat, alýuminiý, plastmassa togalak jisimler we biri polat, biri plastmassa we ş.m. togalak jisimler bilen geçip görmeli.

Netijeleri tablisa göçürmeli

T/B	Togalak jisimleriň maddasy	m	M	υ	υ_1	υ_2	$\frac{m\upsilon}{m\upsilon_1 + M\upsilon_2}$
1.							
2.							
3.							

2. Absolýut maýyşgak däl urgy üçin impulsyň saklanma kanunyny barlamak plastilinden ýasalan togalak jisimler arkaly amala aşyrylýar. Tizlikleri kesgitlemek maýyşgak urgudaky ýalydyr. (11.5) - deňligiň ýerine ýetirilişini barlamaly.

Netijeleri tablisa göçürmeli

T/B	Togalak jisimleriň maddasy	m	M	υ	u	$\frac{m\upsilon}{(m+M)u}$
1.						
2.						
3.						

3. Dikeldiş koeffisiýentini kesgitlemek.

Togalak jisimleri deňagramlylyk ýagdaýyndan özara deň burça gyşardyp, S_1 aralyk kesgitlenilýär. Togalak jisimlere çaknyşmaga mümkinçilik berilýär we olaryň $10 \div 15$ çaknyşmagyndan soň (iň soňky urgudan), S_n gyşarma aralygy alynýar. Muny $3 \div 5$ gezek ýerine ýetirmeli we orta arifmetik bahasyny almaly. S_1 we S_n degişlilikde togalak jisimleriň merkezleriniň aralyklary. Alnan netijeler esasynda *k*- dikeldiş koeffisiýentini (11.4) aňlatmadan kesgitlemeli.

Mundan başga-da kinetik energiýanyň dikeldiş koeffisiýenti diýip atlandyrylýan $k_1 = \frac{E_{k_2}}{E_{k_1}}$ ululygy tapmaly. E_{k_1} - urga çenli E_{k_2} - urgudan soňky kinetik energiýalardyr. Kinetik energiýalary tablisada görkezilen bahalar (massanyň, tizligiň) esasynda kesgitlemeli.

Barlag üçin soraglar

1. Dikeldiş koeffisiýenti diýip nämä aýdylýar?
2. Absolýut maýyşgak däl urgy näme? Absolýut maýyşgak urgy näme?
3. $\upsilon = \sqrt{gl} \sin\frac{\alpha}{2}$ we $\upsilon = S\sqrt{\frac{g}{l}}$, $\left(\frac{S_n}{S_1}\right)^{\frac{1}{n}} = k$ aňlatmalary getirip çykaryň we düşündiriň.
4. Işiň ýerine ýetirilişini beýan etmeli.

12-nji tejribe işi

Sönýän yrgyldylaryň sönme koeffisiýentini we logarifma dekrementini kesgitlemek

Gerekli enjamlar:

1. Sönýän yrgyldylary öwrenmek üçin ýörite gurnama.
2. Sekundomer.

Gysgaça nazary maglumatlary

Yrgyldyly hereket tebigatda we durmuşda köp duş gelýän hereketdir. Mysal üçin, şemally howada agajyň çybyklarynyň yrgyldysy, tikin maşynyň iňňesiniň hereketi, sallançagyň, hiňňildigiň hereketi, ankerli sagatlaryň maýatnikleriniň hereketi we ş.m.

Eger yrgyldyly hereketiň deňlemesi sinus ýa-da kosinus kanuny boýunça aňladylyp bilinýän bolsa, onda beýle yrgyldyly hereket ýönekeý (garmoniki) yrgyldy diýilýär. Ýönekeý yrgyldynyň deňlemesi

$$x = A\sin(\omega t + \phi_0) \qquad (12.1)$$

görnüşde bolup biler. Bu ýerde *A* yrgyldaýan nokadyň (jisimiň) deňagramlylyk ýagdaýyndan iň uly gyşarmasyny aňladyp yrgyldynyň amplitudasy diýlip atlandyrylýar; $(\omega t + \phi_0)$ yrgyldynyň fazasy diýlip atlandyrylýar; φ_0 başlangyç faza; ω yrgyldynyň töwerek ýygylygy.

(12.1) aňlatmadan wagta görä, önüm almak arkaly yrgyldaýan nokadyň (jisimiň) tizligi we tizlenmesi kesgitlenilýär.

$$\upsilon = \frac{dx}{dt} = \omega A\cos(\omega t + \phi_0) \qquad (12.2)$$

$$a = \frac{d^2x}{dt^2} = -\omega^2 A\sin(\omega t + \phi_0) \qquad (12.3)$$

(12.2) we (12.3) degişlilikde yrgyldaýan nokadyň (jisimiň) tizligi we tizlenmesi. (12.1) –ni hasaba almak bilen (12.3)-ni aşakdaky ýaly ýazyp bolar.

$$a = -\omega \cdot x \qquad (12.4)$$

(12.4) aňlatmanyň iki tarapyny yrgyldaýan nokadyň massasyna köpeldip

$$F = ma = m\frac{d^2x}{dt^2} = -m\omega^2 x \qquad (12.5)$$

aňlatmany alarys. Bu ýerde F – yrgyldaýan nokady (jisimi) deňagramlylyk ýagdaýyna getirmäge çalyşýan güýç. Şu ýerden görnüşi ýaly, ýönekeý (garmoniki) yrgyldyly hereket süýşmeklige proporsional yzyna gaýtaryjy güýjüň täsirinde döreýär. (12.5) aňlatmadaky minus alamaty güýç bilen süýşmäniň garşylykly ugrukdyrylýandygyny aňladýar. Süýşmeklige proporsional güýje mysal hökmünde maýyşgak deformirlenen puržinde ýüze çykýan güýji görkezmek bolar.

Agramsyz diýlip kabul edilen puržinden asylan m massaly ýük deňagramlyk ýagdaýyndan käbir x aralyga aşaklygyna çekilse, puržinde yzyna gaýtaryjy maýyşgak güýç ýüze çykýar. Eger-de deňagramlylyk ýagdaýyndan (*12.1-nji surat*) ýük aşak çekilip goýberilse, erkin yrgyldyly hereket ýüze çykýar. Belli bolşy ýaly, maýyşgak güýjüň ululygy süýşmeklige proporsionaldyr.

$$F = -C\,x \quad \text{ýa-da} \quad m\frac{d^2x}{dt^2} = -C\,x \qquad (12.6)\,.$$

Bu ýerde C – puržiniň gatylygy diýlip atlandyrylyp, yzyna gaýtaryjy güýjüň proporsionallyk koeffisiýentini aňladýar. (12.5) we (12.6) differensial deňlemeleri deňeşdirip, süýşmeklige proporsional güýjüň täsirinde ýüze çykýan ýönekeý (garmoniki) erkin yrgyldyly hereketiň periodynyň aňlatmasyny kesgitläp bolar. Onda

$$m\omega^2 = C; \quad \omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}} \qquad (12.7)$$

Şu ýerden görnüşi ýaly, maýyşgak puržinden asylan jisimiň erkin yrgyldylarynyň periody jisimiň massasyna we puržiniň gatylyk koeffisiýentine baglydyr.

Eger yrgyldaýan ulgam şepbeşik gurşawda ýerleşen bolsa, onda sürtülme güýçleri sebäpli yrgyldynyň amplitudasy wagtyň geçmegi bilen kem-kemden kiçelýär we ahyr soňunda yrgyldamasyny bes edýär. Beýle yrgyldylara sönýän yrgyldy diýilýär.

Uly bolmadyk tizliklerde sürtülme güýji tizligiň birinji derejesine bagly hasap edilýär.

$$F_{sur} = -\beta\vartheta = -\beta\frac{dx}{dt} \qquad (12.8)$$

Bu ýerde β garşylyk güýjüniň koeffisiýenti, minus alamaty sürtülme güýjüniň tizlige garşylykly ugrukdyrylandygyny aňladýar. Sönýän yrgyldyly hereketiň differensial deňlemesi

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = -C\,x - \beta\frac{dx}{dt} \qquad (12.9$$

Sönýän yrgyldyly hereketiň integral deňlemesi ýagny, (12.9) aňlatmanyň çözlüşi

$$x = A\sin(\omega t + \phi_0) \qquad (12.10)$$

görnüşde bolup biler. Bu ýerde *A* sönýän yrgyldynyň amplitudasy bolup, wagta baglylykda üýtgeýän ululykdyr. Onuň wagta baglylykda üýtgemesi başlangyç amplituda baglydyr.

$$\frac{dA}{dt} = -\alpha A \qquad (12.11)$$

Bu ýerde α sönme koeffisiýenti bolup, minus alamaty amplitudanyň wagta baglylykda kiçelýändigin aňladýar.

(12.11) aňlatmany aşakdaky görnüşde ýazyp, integrirlesek:

$$\frac{dA}{A} = -\alpha \cdot dt$$

$$\int\frac{dA}{A} = -\int\alpha \cdot dt + C_1$$

$$\ln A = -\alpha t + C_1$$

Bu yerde C_1 – integrirlemek hemişeligi. Eger $t=o$; $A=A_0$ diýsek, $C_1 = \ell n A_0$ deň bolýar. Onda

$$\ell n A = -\alpha t + \ell n A_0 \qquad (12.12)$$

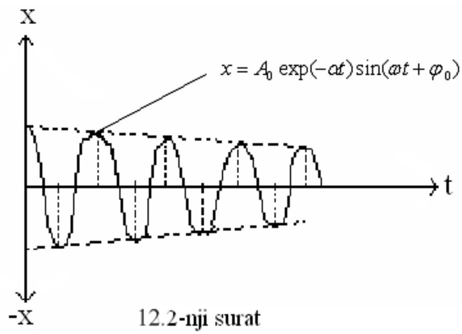
Bu ýerden

$$A = A_0 \exp(-\alpha t) \qquad (12.13)$$

alarys.

(12.13)-den A amplitudany (12.10)-njy aňlatma goýup,

$$x = A_0 \exp(-\alpha t) \sin(\omega t + \phi_0) \qquad (12.14)$$



12.2-nji surat

sönýän yrgyldynyň integral deňlemesini alarys.

Bu ýerde A_O yrgyldynyň başlangyç amplitudasyny; $\alpha = \dfrac{\beta}{2m}$ sönme koeffisiýenti.

Sönýän yrgyldynyň islendik wagt pursatyndaky amplitudasynyň ondan bir period soňky amplitudasyna gatnaşygyna sönmegiň dekrementi diýilýär.Ýagny

$$A_t = A_0 \exp\left[- \alpha t\right] \quad \text{we} \quad A_{(t+T)} = A_0 \exp\left[- \alpha(t + \mathrm{T})\right]$$

$$\frac{A_t}{A_{(t+T)}} = \frac{A_0 \exp(-\alpha t)}{A_0 \exp\left[-\alpha(t+T)\right]} = \frac{\exp(-\alpha t)}{\exp(-\alpha t)\cdot\exp(-\alpha T)} = \exp \alpha T \quad (12.15)$$

Bu gatnaşygyň natural logarifmasyna sönmegiň logarifma dekrementi diýilýär.

$$\theta = \ell n \frac{A_t}{A_{(t+T)}} = \ell n \exp \alpha T = \alpha T; \qquad (12.16).$$

$$\theta = \alpha T$$

Sönýän yrgyldyly hereket şepbeşikligi uly bolmadyk gurşawda bolýan bolsa, ýanaşyk amplitudalar bir-birinden wagt boýunça n period aralykda bolýan amplitudalaryň gatnaşygy alynýar.

$$\frac{A_0}{A_1}\cdot\frac{A_1}{A_2}\cdot\frac{A_2}{A_3}\cdot\ldots\cdot\frac{A_{n-1}}{A_n}=\exp\alpha T\cdot\exp\alpha T\cdot\exp\alpha T\cdot\ldots=\left(\exp\alpha T\right)^n$$

ýa-da $$\frac{A_0}{A_n}=\left(\exp\alpha T\right)^n;\quad \ell n\frac{A_0}{A_n}=n\alpha$$

$$\alpha=\frac{1}{nT}\ell n\frac{A_0}{A_n}\qquad (12.17)\cdot$$

Işiň ýerine ýetirilişi

1. Gurnamanyň işe taýýarlygyny barlamaly.
2. n sany doly yrgyldynyň wagtyny sekundomeriň kömeginde kesgitlemeli.
3. Başlangyç A_o amplitudany we n doly yrgyldynyň ahyryndaky amplitudalary ölçeg çyzgyjyndan görüp bellemeli.
4. (12.17) we (12.16) aňlatmalar arkaly sönmek koeffisiýentini we sönmegiň logarifma dekrementini hasaplamaly.
5. Tejribäni 5-6 gezek gaýtalamaly we alnan netijeleri tablisa geçirmeli.

T/B	t	n	$T=\frac{n}{t}$	A_0	A_n	α	θ	$\bar{\alpha}$	$\bar{\theta}$
1.									
2.									
3.									
4.									
5.									

Barlag üçin soraglar

1. Yrgyldyly hereket we onuň deňlemesi.
2. Süýşmeklige proporsional güýjüň täsirindäki erkin yrgyldynyň periodynyň aňlatmasy.(çykarmaly)

3. Sönýän yrgyldyly hereketiň differensial we integral deňlemeleri.
4. Sönme dekrementi we logarifma dekrementi.
5. Işiň ýerine ýetirilişiniň beýany.

13-nji tejribe işi

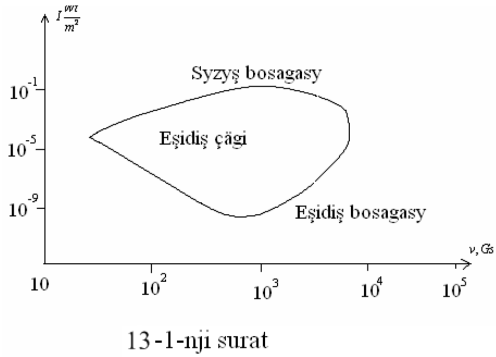
Durujy tolkunlar usuly bilen howada sesiň ýaýrama tizligini kesgitlemek

Gerekli enjamlar:

1. Kundtyň turbasy.
2. [ГЗ-18] kysymly ses öndüriji (generator).
3. Ses beriji.
4. (Milli we santi) metr kesimleri belgilenen çyzgyç.

Gysgaça nazary maglumatlary

Ýygylyklary 16 Gs-den 20 müň Gs-e çenli aralykda bolan yrgyldylar adamyň gulagyna täsir edip, eşidiş duýgusyny döredýär. Maýyşgak gurşawda ýaýraýan bu yrgyldylara ses tolkunlary ýa-da akustik tolkunlar diýilýär. Adamyň eşidiş agzasynyň hut şu ýygylykly yrgyldylary kabul edip bilmekligi fiziologiki aýratynlygy bilen baglydyr. Fiziki nukdaýnazardan bolsa, mysal üçin, 10 Gs ýa-da 30 müň Gs ýygylykly yrgyldylar 20 Gs ýa-da 20 müň Gs ýygylykly yrgyldylardan özboluşlylyk taýdan hiç hili tapawutlanmaýar. Şoňa görä, adatça, fizikada "ses yrgyldylary" diýen sözlere gazlarda, suwuklyklarda we gaty jisimlerde tolkun görnüşinde ýaýraýan ýa-da şu jisimleriň çäginde durujy tolkunlary emele getirýän maýyşgak yrgyldylar diýip düşünilýär. Ýygylyklary



13-1-nji surat

20 müň Gs-den (ýokary) uly bolan maýyşgak yrgyldylara ultrases diýilýär. Ýygylyklary 16 Gs-den (pes) kiçi bolan maýyşgak yrgyldylara infrases diýilýär. Ultra we infra seslere degişli ýygylyklar adamyň eşidiş agzasyna täsir edýänem bolsa eşidiş duýgusyny döretmeýärler.

Ses tolkunlary gazlarda we suwuklyklarda boý tolkun görnüşinde ýaýraýarlar. Sebäbi bu maddalar (gurşawlar) gysylma (giňelme) deformasiýasyna görä, maýyşgaklyga eýedir. Gaty jisimlerde ses tolkunlary boý we kese tolkun görnüşlerinde ýaýraýarlar, sebäbi gaty jisimler gysylma (giňelme) we süýşme deformasiýalaryna görä, maýyşgaklyga eýedir.

Sesiň häsiýetnamalary:

Sesiň depgini (intensiwligi) ýa-da sesiň güýji diýlip, ses tolkunynyň ýaýraýan ugruna perpendikulýar bolan üst birliginden wagt birliginde geçirilýän energiýa bilen kesgitlenilýän ululyga aýdylýar we aşakdaky ýaly aňladylýar:

$$I = \frac{E}{St} \qquad (13.1)$$

Sesiň depgini (güýji) halkara birlikler ulgamynda $\frac{Wt}{m^2}$ birlik bilen ölçenilýär. Ses tolkunlarynyň adamda eşidiş duýgusyny döretmegi üçin, sesiň depgininiň (güýjüniň) eşidiş bosagasy diýilýän käbir ululykdan artyk bolmagy zerurdyr. Eşidiş bosagasy dürli ýygylyklar üçin dürlüdir. Adamyň gulagy 1000-3000 Gs aralykdaky ýygylykly yrgyldylary has gowy duýýar. Has uly depginli (intensiwlikli, güýçli) yrgyldylar ses bolup eşidilmeýär. Olar gulaga syzarlyk basyş edip, soňa baka agyry döredip başlaýar. Sesiň depgininiň (güýjüniň) agyry duýgusyny döretmeýän aňryçäk ululygyna duýuş (syzyş) bosagasy ýa-da agyry duýgusynyň bosagasy diýilýär. Eşidiş bosagasy bilen syzyş bosagasynyň aralygynda eşidiş çägi ýerleşýär. Sesiň depgini (güýji) onuň obýektiw häsiýetnamasydyr. Mundan başga-da sesiň depgini bilen baglanyşykly sesiň ýygylygyna bagly üýtgeýän sesiň gatylygy (belentligi) diýilýän subýektiw häsiýetnamasy bar. Weberiň

– Fehneriň fiziologik kanunyna görä, sesiň depgininiň (intensiwliginiň) artmagy bilen onuň gatylygy logarifma kanuny boýunça artýar.

$$L = \lg \frac{I}{I_o}$$

Bu ýerde I_o – sesiň eşidiliş bosagasyndaky depgini bolup, ähli ýygylykdaky sesler üçin bahasy $10^{-12}\ \frac{Wt}{m^2}$ deň diýlip kabul edilen. L ululyga sesiň depgininiň derejesi diýilýär we Bell diýilýän ölçeg birliginde ölçenilýär. (Telefony ilkinji oýlap tapan alym Belliň hatyrasyna.) Amalyýetde, köplenç, Bellden 10 esse kiçi desi Bellerden (dB) peýdalanylýar.

$$L = 10 \lg \frac{I}{I_o}$$

Sesiň fizilogik häsiýetnamasy fonlarda ölçenilýän gatylyk derejesidir. Depginiň derejesi 1 dB bolan 1000Gs ýygylykly sesiň gatylygy 1 fona deňdir. Mysal üçin, 20 m aralykdaky pyşyrdy gepleşigiň gatylygy 20 fona deňdir

Gatylykdan başga-da, ses belentligi we tembri bilen häsiýetlendirilýär. Sesiň belentligi adamyň eşidişi arkaly subýektiw kesgitlenilip, sesiň ýygylygyna bagly bolan häsiýetnamasydyr. Ol sesiň hilini görkezýär, ýygylygynyň artmagy bilen sesiň belentligi hem artýar, ýagny ses "ýokarlanýar". Akustik spektriň häsiýeti we sesiň energiýasynyň dürli ýygylyklar boýunça paýlanmasy, onuň özboluşly duýulmasyny kesgitleýär. Oňa sesiň tembri diýilýär. Mysal üçin, dürli aýdymçylaryň şol bir notany aýdýandygyna garamazdan, dürli akustik spektre eýedirler, ýagny olaryň sesleri tembri bilen tapawutlanýar. Her bir adamyň, saz guralynyň özüne mahsus bolan tembri we öwüşgini bolýar. Tembrler bir-birinden obertonlaryň sany bilen tapawutlanýar. Kesgitli ýygylykly sese ton diýilýär. Esasy ton we gapdalyndaky ýokary ýygylykly tonlara obertonlar diýilýär.

Maýyşgak gurşawda ýerleşen we ses ýygylyklarynda yrgyldaýan islendik jisim ses çeşmesi bolup biler (mysal üçin, kirişli saz gurallarynda kirşiň yrgyldysy, deprekde ýuka ýorkanyň yrgyldysy we ş.m.). Jisimiň yrgyldysy onuň ýerleşen gurşawynyň bölejiklerine berilýär we yzygiderlilikde çeşmeden uzaklara ýaýraýar.

Ses tolkunlarynyň gazlarda ýaýrama tizligi $\upsilon = \sqrt{\gamma \frac{RT}{\mu}}$ aňlatma arkaly kesgitlenilýär. Bu ýerde R – uniwersal gaz hemişeligi; μ – gazyň molýar massasy; $\gamma = {C_p}/{C_V}$ gazyň hemişelik basyşdaky we hemişelik göwrümdäki molýar ýylylyk sygymlarynyň gatnaşygy; T – termodinamiki temperatura. Şu aňlatmadan görnüşi ýaly, berlen gaz üçin ses tolkunlarynyň ýaýrama tizligi termodinamiki temperaturadan alnan kwadrat köke göni bagly bolup, gazyň basyşyna bagly däldir.

Yrgyldynyň bir period wagtyň dowamynda ýaýran uzaklygyna tolkun uzynlyk diýilýär we köplenç, “λ” (lýambda) harpy bilen belgilenýär. Yrgyldaýan (ulgamyň) nokadyň doly bir yrgyldy etmegi üçin zerur bolan wagtyna yrgyldynyň periody diýilýär we “*T*” (te) harpy bilen belgilenilýär. Periodyň ters ululygyna yrgyldynyň ýygylygy diýilýär we “ν” (nýu) harpy bilen belgilenilýär.

$$\nu = \frac{1}{T}$$

Başgaça aýdanymyzda, wagt birligindäki yrgyldylaryň sanyna yrgyldynyň ýygylygy diýilýär. Halkara birlikler ulgamynda bir sekuntda bir yrgyldy bolýan ýygylyk ölçeg birligi hökmünde Gers kabul edilýär.

Bir period wagt dowamynda tolkun uzynlygyna deň bolan aralygy geçmek üçin onuň tizligi $\upsilon = \frac{\lambda}{T} = \nu\lambda$ deňligi kanagatlandyrmaly.

Şu ýerden görnüşi ýaly, tolkunyň ýaýrama tizligi onuň ýygylygynyň tolkun uzynlygyna köpeldilmegine deňdir.

Sesiň howada ýaýrama tizligini kesgitlemegiň oňaýly usullarynyň biri durujy tolkunlar usulydyr. Gurşawda ýaýraýan iki ýa-da birnäçe tolkunlaryň goşulmagy netijesinde, olaryň giňişligiň käbir ýerlerinde güýçlenme we käbir ýerlerinde bolsa gowşama hadysasyna interferensiýa diýilýär. Interferensiýa hadysasy diňe birmeňzeş amplitudaly, birmeňzeş ýygylykly we hemişelik fazalar tapawudy bolan tolkunlaryň goşulmagynda ýüze çykýar. Şu şerti kanagatlandyrýan tolkunlara kogerent tolkunlar, olary döredýän çeşmelere kogerent çeşmeler diýilýär. Interferensiýanyň mysaly hökmünde durujy tolkuny görkezmek bolar.

Birmeňzeş amplitudaly we ýygylykly garşylykly ugurda ýaýraýan iki sany tolkunyň bir-biriniň üstüne düşmesi netijesinde emele gelýän netijeleýji tolkuna durujy tolkun diýilýär.

Durujy tolkunyň deňlemesini çykarmak üçin bir-birine garşylykly ugurda kosinus kanuny boýunça ýaýraýan iki sany tolkunyň goşulmagy bilen alynýan netijeleýji tolkunyň deňlemesini tapalyň.

Goý, tekiz tolkun y okunyň položitel ugruna ýaýraýan bolsun we başlangyç fazasy nola deň bolsun, onda onuň deňlemesi

$$X_1 = A_0 \cos 2\pi(\nu\, t - \frac{y}{\lambda}) \qquad (13.2)$$

görnüşde bolar.

Eger bu tolkun päsgelçilikden serpikse, onda ol y okunyň otrisatel ugruna ýaýrar, onda onuň deňlemesi

$$X_2 = A_0 \cos 2\pi(\nu\, t + \frac{y}{\lambda}) \qquad (13.3)$$

görnüşde bolar.

Bu biri-birine garşylykly ýaýraýan tolkunlar goşulyp, interferensiýa hadysasyny ýüze çykarýarlar.

$$X = X_1 + X_2 = A_0 \cos 2\pi(\nu t - \frac{y}{\lambda}) + A_0 \cos 2\pi(\nu t + \frac{y}{\lambda}) =$$

$$эA_0 \cos 2\pi\nu t \cos 2\pi \frac{y}{\lambda} + A_0 \sin 2\pi\nu t \sin 2\pi \frac{y}{\lambda} +$$

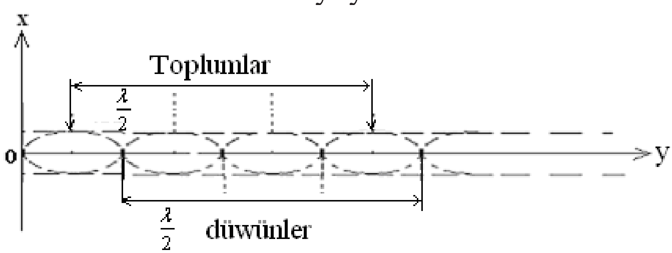
$$+A\cos 2\pi\nu t\cos 2\pi\frac{y}{\lambda}-A\sin 2\pi\nu t\sin 2\pi\frac{y}{\lambda}=$$

$$=2A_0\cos 2\pi\frac{y}{\lambda}\cos 2\pi\nu t \qquad (13.4)$$

Netijede, $X=2A_0\cos 2\pi\frac{y}{\lambda}\cos 2\pi\nu t$ aňlatmany alarys. Şu ýerden görnüşi ýaly, tolkunlaryň goşulmagy netijesinde alnan durujy tolkunyň amplitudasy

$$A=2A_0\cos 2\pi\frac{y}{\lambda} \qquad (13.5)$$

y koordinata bagly üýtgeýän ululykdyr. Şeýlelikde, durujy tolkunyň amplitudasy ýaýraýan gurşawynyň kesgitli nokatlarynda goşulýan tolkunlaryň amplitudalarynyň jemine deň bolýar, bu nokatlara toplumlar diýilýär. Başga kesgitli nokatlarda netijeleýji amplituda nola deň bolýar, bu nokatlara düwünler diýilýär.



13.2-nji surat.

Toplumlaryň alynmagy üçin (13.5) aňlatma $A=2A_0$ şerti kanagatlandyrýar, bu bolsa $\left|\cos 2\pi\frac{y}{\lambda}\right|=1$ ýagdaýda bolup bilýär. Ýagny,

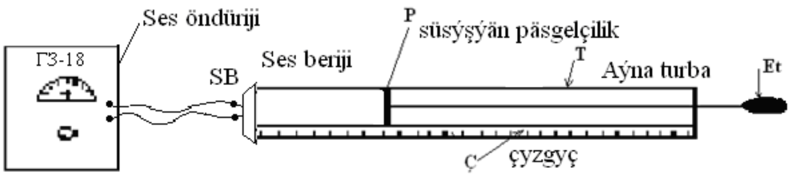
$2\pi\frac{y}{\lambda}=\pm k\lambda$ (k=0,1,2,…) . diýmek, toplumyň (sesiň gaty eşidilýän nokatlary) koordinatalary

$$y = \pm k\frac{\lambda}{2} \qquad (13.6)$$

Iki goňşy toplumyň aralygy

$$y_{k+1} - y_k = \frac{\lambda}{2} \qquad (13.7)$$ deň bolmaly.

Biziň sesiň tizligini kesgitleýän usulymyz ýokarda alnan netijä esaslanýar.



13.3-nji surat

Tejribäniň gurnamasy suratda şekillendirilen görnüşde bolýar.

“SB”ses berijiden çykan ses tolkunlary T aýna turba boýunça P süýşýän päsgelçilige tarap ýaýraýar we ondan serpigip, garşylykly tarapa ýaýraýar. Bu biri-birine garşylykly ugurda ýaýraýan tolkunlar interferensiýany ýüze çykarýar. P päsgelçiligi hereketlendirmek bilen sesiň güýçli eşidilýän nokatlaryny tapmak mümkin.

Goý, sesiň iki sany güýçli eşidilýän nokadynyň aralygy ℓ –deň bolsun, onda (13.6) aňlatmadan

$$\ell = \frac{\lambda}{2}; \quad \lambda = 2\ell \qquad (13.8)$$

Sesiň howada ýaýrama tizligi ýokarda belleýşimiz ýaly,

$$\upsilon = \lambda\nu \qquad \upsilon = 2\ell\nu \qquad (13.9)$$

aňlatma bilen kesgitlenilýär. Bu ýerde ν sesiň ýygylygy. Kadaly şertde (T_0=273° K, P_0=1,013·10^5Pa) sesiň howada ýaýrama tizligi $\upsilon = 332\frac{m}{s}$. Howanyň temperaturasynyň artmagy bilen sesiň ýaýrama tizligi artýar. Kesgitli temperaturada tejribede kesgitlenen tizlik arkaly kadaly şertdäki υ_0 tizligi

$$\upsilon_0 = \frac{\upsilon_t}{\sqrt{1+0,00t}}$$

aňlatmadan tapmak mümkin.

Işiň ýerine ýetirilişi

1. Gurnamany düzmeli.
2. Ses generatoryndan kesgitli ýygylygy (ν=800 Gs) saýlap almaly.
3. „SP“ päsgelçiligi „Et“ eltutar arkaly süýşürip, sesiň gaty eşidilýän nokatlarynyň aralyklaryny Ç çyzgyçdan almaly we (14.9) aňlatmada sesiň tizligini hasaplamaly.
4. Tejribäni dürli ýygylyklarada (ν=850 Gs, ν=900 Gs, ν=950 Gs, ν=1000 Gs) birnäçe gezek gaýtalamaly.
5. Sesiň orta arifmetik tizligini $\bar{\upsilon} = \dfrac{\sum_{i=1}^{n} \upsilon_i}{n}$ aňlatmadan peýdalanyp tapmaly.
6. Absolýut ýalňyşlygy $\Delta\bar{\upsilon}_i = |\upsilon_i - \bar{\upsilon}|$ kesgitlemeli.
7. Absolýut ýalňyşlygyň orta arifmetik bahasyny $\Delta\bar{\upsilon} = \dfrac{\sum_{i=1}^{n} |\Delta\upsilon_i|}{n}$ aňlatmadan peýdalanyp tapmaly.

Tablisany doldurmaly.

T/ℓ	ν	$\lambda = 2\ell$	υ_{ort}	$\vec{\vartheta}$	t	υ_0	$\vec{\vartheta}_{ort}$	$\Delta\upsilon_i$	$\Delta\bar{\upsilon}_{ort}$	$E = \dfrac{\Delta\vec{\vartheta}_{ort}}{\bar{\vartheta}_{ort}}$
1.										
2.										
3.										

Barlag üçin soraglar

1. Ses näme? Ol nähili duýulýar?
2. Sesi häsiýetlendirýän ululyklar (depgini, güýji, gatylygy, beýikligi, tony we tembri).

3. Ses tolkunlaryny häsiýetlendirýän ululyklar (ýygylyk, period, amplituda, tolkun uzynlyk).
4. Interferensiýa näme?
5. Durujy tolkunlar haýsy şertde alynýar?
6. Iki sany goňşy toplumyň aralygy nämä deň?
7. Işiň ýerine ýetirilişiň yzygiderligini beýan etmeli.

Molekulýar fizika we termodinamika

1-nji tejribe işi

Ideal gazyň esasy kanunlaryny barlamak

Gerekli enjamlar:

1. Boýluň – Mariottanyň kanunyny öwrenmek üçin niýetlenen abzal,
2. Aýna kolba.
3. Komowskiniň nasosy.
4. Manometr.
5. Çeküw daşlary we terezi.

Gysgaça nazary maglumatlary

Fizikada gaz halynyň häsiýetlerini düşündirmek üçin hyýaly gaz düşünjesi peýdalanylýar. Bu modele görä, gaz molekulalarynyň arasynda özara täsir güýji ýok we molekulalaryň hususy göwrümleri ujypsyz kiçi hasap edilýär. Hyýaly gaz molekulalarynyň özara we gabyň diwary bilen çaknyşmasyny maýyşgak urgy hasap edýärler. Şeýlelikde, ideal gaz molekulalaryna material nokat hökmünde seredilýär. Tebigatda ideal gaz ýok, emma pes basyşlarda we ýokary temperaturalarda real gazlaryň köpüsini (azot, wodorod, geliý, kislorod, howa we ş.m.) takmynan, ideal gaz hasap etmek mümkin.

Ideal gazyň islendik haly onuň m massasy, V göwrümi, P basyşy we T temperaturasy bilen häsiýetlendirilýär. Bu ululyklaryň özara baglanyşygyna gaz halynyň deňlemesi diýilýär.

Ideal gaz üçin şu aşakdaky kanunlar adalatlydyr:

1. Boýluň – Mariottanyň kanuny - berlen ideal gaz massasynyň göwrümi, hemişelik temperaturada (izotermiki proses) basyşa ters proporsional üýtgeýär, ýagny:

$$PV = const, \quad P_0 V_0 = PV, \quad T = const. \qquad (1.1)$$

2. Geý – Lýussagyň kanuny - berlen ideal gaz massasynyň göwrümi, hemişelik basyşda (izobara prosesi) gazyň temperaturasyna göni proporsional üýtgeýär, ýagny:

$$V = V_0 \cdot (1 + \beta\, t) \quad \text{ýa-da} \quad \frac{V_0}{T_0} = \frac{V}{T}; \quad P = const \qquad (1.2)$$

Bu ýerde β - gazyň gyzmakdan göwrümine giňelme koeffisiýenti we ideal gaz üçin,

$$\beta = \frac{1}{273} K^{-1}$$ deň.

3. Şarlyň kanuny - berlen ideal gaz massasynyň basyşy, hemişelik göwrümde (izohora prosesi) gazyň temperaturasyna göni proporsional üýtgeýär, ýagny:

$$P = P_0 (1 + \gamma t) \quad \text{ýa-da} \quad \frac{P_0}{T_0} = \frac{P}{T}; \quad V = const. \qquad (1.3)$$

Bu ýerde γ - basyşyň termiki koeffisiýenti we ideal gaz üçin

$\gamma = \frac{1}{273} K^{-1}$ deň.

T – termodinamiki temperatura

$$T = 273,15 + t \qquad (1.4)$$

4. Daltonyň kanuny - N sany ideal gazdan ybarat bolan garyndynyň basyşy P onuň düzümine girýän aýry-aýry gazlaryň döredýän (parsial) basyşlarynyň jemine deňdir, ýagny:

$$P = \sum_{i=1}^{N} P_i \qquad (1.5)$$

5. Awogadronyň kanuny – bir deň temperaturada we basyşda dürli ideal gazlaryň bir molunyň tutýan göwrümi bir deňdir. Kadaly şertlerde, ýagny $T_0 = 273\,K$ temperaturada, $P_0 = 1,013 \cdot 10^5$ Pa basyşda:

$V_\mu = 22,41 \cdot 10^{-3} m^3 / mol$ deň .

Kadaly şertlerde $1m^3$ göwrümli ideal gazda $n_0 = 2,7 \cdot 10^{25}$ sany molekula (Loşmidtiň sany) bardyr.

6. Bir mol ideal gazyň molekulalaryň sany ähli gazlar üçin şol bir ululyga deňdir:

$$N_A = 6,023 \cdot 10^{23} mol^{-1}$$

Bu san Awogadronyň sany diýlip atlandyrylýar.

7. Mendeleýewiň – Klapeýronyň deňlemesi - Boýluň – Mariottanyň we Geý – Lýussagyň kanunlaryny birleşdirip fransuz fizigi Klapeýron (1834ý.) hyýaly gaz halynyň deňlemesini aşakdaky görnüşde teklip edýär.

$$\frac{PV}{T} = B \qquad (1.6)$$

Bu ýerde B - udel gaz hemişeligi bolup, gazyň massasyna, himiki düzümine we P, V, T ululyklaryň ölçeg birligine baglydyr.

1874-nji ýylda D.I. Mendeleýew (1.6) deňligi uniwersal görnüşe getirýär. Bir mol mukdardaky islendik gaz üçin (1.6) deňlikdäki hemişelik şol bir baha eýe bolar. Oňa uniwersal gaz hemişeligi diýilýär. Netijede, ideal gaz halynyň deňlemesi:

$$PV_\mu = RT \qquad (1.7)$$

görnüşinde ýazylyp, Mendeleýewiň-Klapeýronyň deňlemesi diýlip atlandyrylýar. Bu deňleme islendik mukdardaky ideal gaz üçin aşakdaky ýaly ýazylýar:

$$PV = \frac{m}{\mu} RT \qquad (1.8)$$

R-uniwersal gaz hemişeliginiň san bahasy: $8.31 \frac{J}{(mol \cdot K)}$ deň.

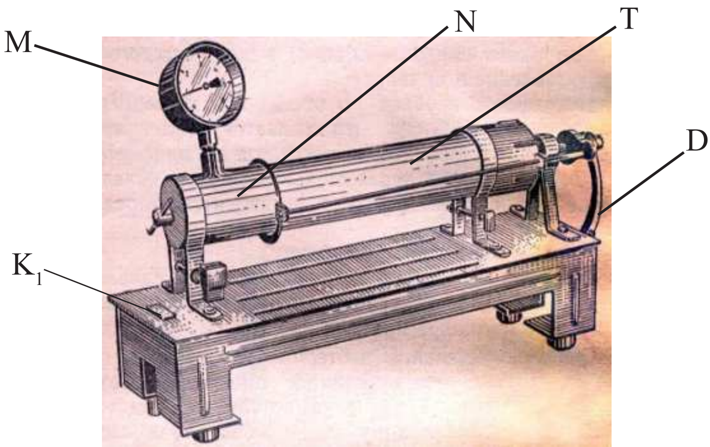
1-nji ýumuş.

Boýluň – Mariottanyň kanunyny öwrenmek

Abzalyň gurluşy we işleýiş düzgüni:

Abzalyň umumy görnüşi 1.1-nji suratda şekillendirilen A abzal M manometrli T silindr görnüşli turbadan ybarat. Turbanyň bir ujunda K_1 kran oturdylan. Ol silindrdäki howany atmosfera bilen birleşdirýär. Silindriň içinde hyrly okda süýşýän porşen ýerleşdirilen. Porşeni süýşürmek bilen silindrdäki howanyň göwrümi üýtgedilýär we kran ýapyk bolanda onuň basyşy hem üýtgeýär. Silindriň gapdal üstünde deň göwrüm birliklerine bölýän çyzyklar çyzylan (1-den 8-e çenli).

Silindrdäki howanyň göwrümi onuň uzynlygy boýunça süýşýän N halkanyň kömegi bilen kesgitlenýär.



1.1-nji surat

Işiň ýerine ýetirilişi

1. Abzal öwrenilenden soň K_1 krany açyp, T silindr howadan doldurylýar we D eltutary aýlap, hyrly ok arkaly porşeni (halkany) 8-nji bölüminiň deňinde goýmaly. Şonda silindrdäki howanyň göwrümi iň uly baha eýe bolýar we basyşy 1 atm deň bolýar (1-nji surat).

2. Silindrdäki howanyň temperaturasyny hemişelik saklamak üçin porşeni örän haýal süýşürmeli. Otag temperaturasyny ölçemeli.

3. Silindrdäki howanyň basyşyny manometriň görkezmesi durnugyşansoň ölçemeli.

4. Krany ýapmaly. Soňra eltutary haýal aýlap, halkany 7-nji şertli birlik göwrüme degişli bölümiň deňine getirmeli we manometriň görkezmesi durnugyşansoň basyşy ölçemeli. Şeýlelikde silindrdäki howanyň göwrümini 8-nji şertli birlik göwrümden 1-nji şertli göwrüme çenli kiçeldip, degişli basyşy manometriň kömegi bilen ölçemeli. Ölçegleriň netijesini tablisa ýazmaly.

5. Ölçegleriň netijesi esasynda *p=f (V)* baglanyşygyň grafigini gurmaly. Bu grafik silindrdäki howanyň halynyň tejribe izotermasydyr.

6. Silindrdäki howanyň şeýle üýtgemesi üçin teoriýa izotermany hem gurmak mümkin. Kran açyk wagtyndaky howanyň basyşy P_0 atmosfera basyşyna deň we onuň göwrümi 8 sany şertli birlik göwrüme deň. Boýluň-Mariottanyň kanunynyň esasynda $_i \cdot V_i = 8\,P_0$ deň bolýar (i = 1,2,3 . . . . 8). Bu ýerden

$$P_1 = P_0 \frac{8}{V_1} \qquad (1.9)$$

Bu (1.8) formula esasynda gazyň abzalda alynýan 8 haly üçin, P_i basyşy hasaplap teoriýa izotermany gurmaly.

7. Teoriýa we tejribe izotermalary deňeşdirip, ölçegleriň we hasaplamalaryň tapawudyny anyklamaly. Ölçegleriň we hasaplamalaryň absolýut we otnositel ýalňyşlygyny tapmaly.

T/№	$P_8=P_0$	P_7	P_6	P_5	P_4	P_3	P_2	P_1	ΔP	$\varepsilon = \frac{\Delta P}{\bar{P}}$
1										
2										
3										
$\overline{P}$										
P_i										

2-nji ýumuş.

Uniwersal gaz hemişeligini kesgitlemek.

R-uniwersal gaz hemişeligi kesgitlemek üçin Mendeleýewiň – Klapeýronyň deňlemesinden peýdalanylýar. Kesgitli göwrümli P_1 basyşdaky T otag temperaturaly m_1 massaly howa üçin alarys:

$$P_1 V = \frac{m_1}{\mu} RT \qquad (1.10)$$

Kesgitli göwrümde howany sormak ýa-da gysyp ýygnamak arkaly P_2, m_2, V,T parametrli ikinji halyny almak mümkin. Bu hal üçin Mendeleýewiň - Klapeýronyň deňlemesi:

$$P_2 V = \frac{m_2}{\mu} RT \qquad (1.11)$$ görnüşde bolar.

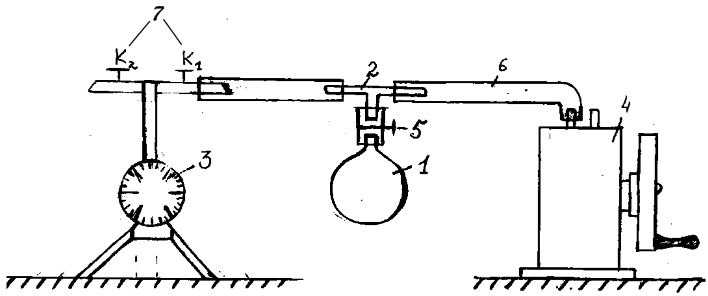
(1.11) deňlikden (1.10) deňligi aýryp alarys:

$$R = \frac{V\mu\left(P_2 - P_1\right)}{T\left(m_2 - m_1\right)} \qquad (1.12)$$

V –aýna kolbanyň göwrümi; P_1 we P_2 basyşy manometriň kömegi bilen ölçenilýär. Manometr goşmaça basyşy ölçeýär, sebäbi atmosfera basyşy takmynan, 1 atm deň. Şonuň üçin manometriň şkalasyndaky – 1; - 0,5; 0; 0,5; 1; 1,5 bahalaryna 0; 0,5; 1; 1,5; 2,5 atm basyşlaryň bahasy degişli. Manometriň görkezijisindäki basyşyň birligini HU-da hem aňlatmak mümkin. Onuň üçin 1 $atm \approx 10^5\ Pa$ deň hasap edilýär.

Gurnamanyň gurluşy

Gurnamanyň umumy görnüşi 1.2-nji suratda şekillendirilen:



1.2-nji surat

1-mata halta geýdirilen aýna kolba; 2-T-görnüşli paýlaşdyryjy aýna turba; 3-manometr; 4-Komowskiniň nasosy; 5-gysgyç; 6-rezin turbajyklar; 7-kranlar.

Işiň ýerine ýetirilişi

1. Barometr we termometr boýunça tejribehanadaky howanyň basyşyny we temperaturasyny ölçäp ýazmaly.

2. Manometriň K_2 kranyny ýapyp, kolbanyň rezin turbaly bölegindäki gysgyjyny gowşadyp, nasosyň kömegi bilen sorup, onuň içindäki howanyň basyşyny $0.5 \cdot 10^5 Pa$ çenli peseltmeli.

3. Soňra (5) gysgyjy gowy gysdyryp, kolbany paýlaýjy turbadan aýryp, terezide onuň m_1 massasyny *50 mg* takyklykda ölçemeli.

4. Howanyň 2-nji halyny almak üçin kolbany gurnama birleşdirip, nasosyň kömegi bilen içine howa itekläp, manometriň görkezijisini $\Delta P = 1 \cdot 10^5 Pa$ basyşa çenli ýokarlandyrmaly. Onuň üçin rezin turbany nasosyň howany itekleýän ujuna birleşdirmeli.

5. Ýene-de kolbanyň rezin turbasyny gysgyç bilen gowy gysyp, gurnamadan aýryp m_2 massasyny ölçemeli.

6. Tejribäni azyndan 2 gezek gaýtalamaly. Her gezek kolbadaky howanyň basyşyny öňküsinden $1 \cdot 10^5 Pa$ artdyrmaly we m_2 massany ölçemeli.

7. Ölçegleriň netijesini tablisa geçirmeli.

8. Kolbadaky howanyň islendik iki haly üçin tablisadaky ölçegler esasynda (1.12) formuladan peýdalanyp R hemişeligi hasaplamaly.

9. Ölçegler esasynda R hemişeligiň orta bahasyny, absolýut we otnositel ýalňyşlyklary hasaplamaly. Netijäni $R = R \pm \Delta R$ görnüşde aňlatmaly. Molýar gaz hemişeliginiň tejribe we teoriýa bahalaryny deňeşdirmeli.

<table>
<tr><td rowspan="2">T/№</td><td>P_1</td><td>P_2</td><td>ΔP</td><td>m_1</td><td>m_2</td><td>Δm</td><td rowspan="2">R</td><td rowspan="2">ΔR</td><td rowspan="2">$R = \overline{R} \pm \Delta\overline{R}$</td></tr>
<tr><td>Pa</td><td>Pa</td><td>Pa</td><td>kg</td><td>kg</td><td>kg</td></tr>
<tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

Barlag üçin soraglar

1. Ideal gaz diýip nähili gaza aýdylýar?
2. Basyş haýsy birliklerde ölçenilýär?
3. Ideal gazlaryň esasy kanunlaryny düşündirmeli.
4. Mendeleýewiň – Klapeýronyň deňlemesini düşündirmeli.
5. Uniwersal gaz hemişeliginiň fiziki manysyny düşündirmeli.

2-nji tejribe işi

Howanyň şepbeşiklik koeffisiýentini we molekulalaryň erkin geçýän ýolunyň orta uzynlygyny kesgitlemek

Gerekli enjamlar:

1. Kranly göwrümi 10 ℓ bolan aýna gap.
2. Spirtli manometr.
3. Içine $CaCl_2$ ýerleşdirilen howa guradyjy gap.
4. Birleşdiriji tirsekler we rezin turbalar.

Gysgaça nazary maglumatlary

Gaz gatlaklary dürli tizlikler bilen hereketlenende gatlaklarynyň arasynda içki sürtülme güýji ýagny, şepbeşiklik güýji ýüze çykýar. Içki sürtülme güýji Nýutonyň kanuny arkaly kesgitlenilýär:

$$F = \eta \frac{d\upsilon}{dn} S. \qquad (2.1)$$

Bu ýerde η – içki sürtülme koeffisiýenti ýa-da dinamiki şepbeşiklik koeffisiýenti; S-galtaşýan gatlaklaryň üstüniň meýdany;

$\frac{d\upsilon}{dn}$ - gatlaklaryň tizliginiň gatlakara üýtgemesi (gradiýenti).

(1.1)-den şepbeşiklik koeffisiýenti üçin aşakdaky aňlatmany alarys:

$$\eta = \frac{F}{\left[\frac{d\upsilon}{dn}\right] \cdot S} \qquad (2.2)$$

Şu ýerden görnüşi ýaly şepbeşiklik koeffisiýentiniň fiziki manysy özara parallel hereketlenýän gatlaklarynyň tizligiň gatlakara üýtgemesi (gradiýenti) $\left(\frac{d\upsilon}{dn} = 1\right)$ bire deň bolanda üst birligine düşýän güýji aňladýar.

Dinamiki şepbeşiklik koeffisiýenti halkara birlikler ulgamynda Pa· s- larda, SGS birlikler ulgamynda puazlarda aňladylýar.

$$1\ Pa \cdot s = 1 \frac{\mathrm{N \cdot s}}{m^2} = 10\ puaz = 10 \frac{din \cdot s}{sm^2}$$

Gidrodinamikada “kinematiki şepbeşiklik” diýlip atlandyrylýan fiziki ululyk hem giňden peýdalanylýar. Bu ululyk aşakdaky ýaly kesgitlenilýär:

$$\nu = \frac{\eta}{\rho}, \qquad (2.3)$$

bu ýerde ρ – gazyň dykyzlygy.

Gazlaryň şepbeşiklik koeffisiýentini kesgitlemek üçin kapillýar wiskozimetr usuly peýdalanylýar.

Kapillýar turba boýunça akýan şepbeşik, emma gysylmaýan suwuklygyň durnugyşan laminar akymy üçin Gageniň – Puazeýliniň aňlatmasy ulanylýar.

$$V = \frac{\pi r^4 (P_1 - P_2)}{8\eta \cdot l}, \qquad (2.4)$$

Bu ýerde V kapillýaryň kese-kesiginden wagt birliginde akyp çykýan howanyň göwrümi; *r*-kapillýaryň radiusy; *η*-dinamiki şepbeşiklik koeffisiýenti; *(P1 - P2)* – kapillýar turbanyň uçlaryndaky basyşlaryň tapawudy; *l* - kapillýar turbanyň uzynlygy. Onda *τ* wagt dowamynda kapillýaryň kese - kesiginden akýan howanyň göwrümini kesgitlemek üçin aňlatmany alarys:.

$$V = V' \cdot \tau = \frac{\pi \cdot r^4 (P_1 - P_2) \cdot \tau}{8\,\eta' \cdot l} \qquad (2.5)$$

Bu ýerden

$$\eta = \frac{\pi \cdot r^4 (P_1 - P_2) \cdot \tau}{8\,V' \cdot l} \qquad (2.6)$$

r, $(P_1 - P_2)$, τ, V' we l ululyklaryň bahalaryny tejribede kesgitläp, (2.5) formuladan howanyň dinamiki şepbeşiklik koeffisiýentini hasaplamak mümkin. Howanyň molekulalarynyň erkin ýolunyň orta uzynlygyny $\bar{\ell}$ durnukly (stasionar) akym üçin molekulýar – kinetik teoriýa esasynda alnan dinamiki şepbeşiklik koeffisiýentiniň aňlatmasyndan kesgitlenilýär.

$$\eta = \frac{1}{3}\rho \bar{\ell} \bar{\upsilon}, \qquad (2.7)$$

Bu ýerde ρ - howanyň dykyzlygy; $\bar{\upsilon}$ - howa molekulalarynyň orta arifmetik tizligi, $\bar{\ell}$ - molekulalaryň erkin ýolunyň orta uzynlygy.

Howanyň dykyzlygy Mendeleýewiň – Klapeýronyň deňlemesinden kesgitlenilýär.

$$\rho = \frac{P_a \cdot \mu}{RT} \qquad (2.8)$$

Bu ýerde Pa -atmosfera basyşy; T-otag temperaturasy; μ-howanyň molýar massasy; R – uniwersal gaz hemişeligi.

Molekulalaryň orta arifmetiki tizligi:

$$\bar{\upsilon} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}} \qquad (2.9)$$

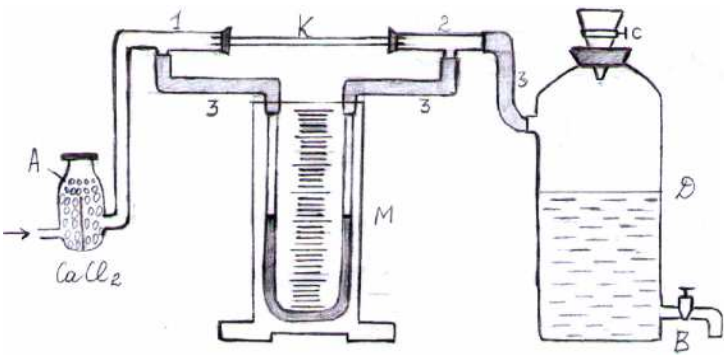
deňdir. (2.8) we (2.9) formulalary (2.6) goýup, $\bar{\ell}$ üçin aňlatmany alarys:

$$\bar{\ell} = 1.88\frac{\eta}{P_a}\sqrt{\frac{RT}{\mu}} \qquad (2.10)$$

Tejribede η, Pa we T ölçäp, $\bar{\ell}$ kesgitlemek bolýar.

Gurnamanyň gurluşy we işleýşi

Gurnama umumy görnüşde 2.1-nji suratda şekillendirilen. Içine howadaky suw buglaryny siňdirýän madda ýerleşdirilen A-gapdan, M-spirtli manometrden, K-kapillýardan, göwrümi 10 litrden gowrak bolan D aýna gapdan, 1 we 2 paýlaýjy turbalardan, C-guýguçdan, 3-birleşdiriji turbalardan ybarat. D-gabyň B-kranly deşiginden kesgitli wagt aralygynda akyp çykýan suwuň mukdarynyň K-kapillýardan geçýän howanyň mukdaryna deň hasap edilip, howanyň şepbeşiklik koeffisiýenti kesgitlenilýär.



2.1-nji surat.

Işiň ýerine ýetirilişi

1. Ilki ölçeýji mikroskopyň kömegi bilen kapillýaryň (d=2r) içki diametrini we millimetrli çyzgyjyň kömegi bilen uzynlygyny ölçemeli.

2. D gabyň guýgujynyň (C) kranyny açyp, onuň ((B) krany ýapyk bolmaly) göwrüminiň $\frac{2}{3}$ bölegini suwdan doldurmaly we C krany ýapmaly.

3. B krany açmaly. Suwuň akyş tizligini manometriň sütünlerindäki spirtiň derejeleriniň tapawudy h – 2 - 2,5sm – deň bolar ýaly edip kadalaşdyrmaly.

4. Kapillýardan akýan howanyň tizliginiň üýtgemeýändigine göz ýetirip, (bu ýagdaýda h üýtgemeýär) *h* takyk ölçemeli. Bu ýagdaýda B kranyň aşagyna menzurka guýup, $V' = 500$ sm³ suwuň τ – akma wagtyny kesgitlemeli. Suwuň bu göwrümi kapillýardan akyp geçýän howanyň göwrümine deňdir. Manometriň sütünleriniň edil şol tapawudynda ýene-de iki gezek $V' = 500$ sm³ suwuň gapdan akyp çykýan wagtyny kesgitlemeli.

5. Kapillýaryň uçlaryndaky basyşyň tapawudyny $P1 - P2 = \rho_1 gh$ aňlatma arkaly kesgitlemeli, bu ýerde $\rho_1 = 0{,}79\ g/sm^3$ (spirtiň dykyzlygy). Üç ölçegden τ wagtyň orta bahasyny kesgitlemeli. Soňra (2.6) aňlatmada howanyň dinamiki şepbeşiklik koeffisiýentini hasaplamaly.

6. Kapillýardan geçýän howa akymynyň laminardygyny anyklamak üçin Reýnoldsyň sanyny hasaplamaly.

$$R_e = \frac{\upsilon_{or} \cdot r \cdot \rho}{\mu}, \qquad (2.10)$$

Bu ýerde υ_{or} - kapillýardan akýan howanyň orta tizligi; r – kapillýaryň radiusy; ρ - howanyň dykyzlygy.

$$\upsilon_{or} = \frac{V'}{S \cdot \tau} \qquad (2.11)$$

Bu ýerde S - kapillýaryň kese - kesiginiň meýdany ($S = \pi r^2$). Howanyň dykyzlygyny (2.8) formuladan kesgitlemeli. Eger-de Re < 1000 bolsa howanyň akymy laminar hasaplanylýar.

7. Şu usulyň kömegi bilen üç ölçegden η - koeffisiýentiň orta bahasy tapylýar. Otag temperaturasyny T termometrden ýazyp almaly. Barometr boýunça P atmosfera basyşyny kesgitlemeli. Alnan netijeleri (2.3) aňlatma goýup, howanyň kinematiki şepbeşikligini ν hasaplamaly.

8. Tejribelerde ölçenen ululyklary (2.10) aňlatma goýup, molekulalaryň erkin geçýän ýolunyň orta uzynlygy hasaplanylýar. Howa üçin $\mu = 29 kg/kmol$, $R = 8{,}31 \cdot 10^3\ J/kmol \cdot K$ deň.

9. Dinamiki şepbeşiklik koeffisiýenti ölçenilendäki absolýut we otnositel ýalnyşlyklary hasaplamaly. Tejribe ölçemeleriň we aňlatmalaryň esasynda hasaplamalaryň netijelerini tablisa geçirmeli.

T/b	τ, s	h, m	P1-P2 Pa	P, Pa	T, K	η, Pa ·s	Δη, Pa ·s	l, m	ν, m^2/s
1									
2									
3									

$V' = 500\ sm^3$; 1 = ; r = ; Re = ; υ_{or} =

Barlag üçin soraglar

1. Molekulanyň erkin geçýän ýolunyň orta uzynlygy näme?
2. Gazlaryň şepbeşiklik koeffisiýenti haýsy ululyklara bagly?
3. Näme üçin gapdan suwuň dyngysyz akmagyna seretmezden, belli bir wagtdan soň manometrde basyşyň hemişelik P1-P2 tapawudy ýüze çykýar?
4. Şu işde manometrik suwuklyk hökmünde simap almak mümkinmi?

3-nji tejribe işi

Psihrometriň kömegi bilen howanyň çyglylygyny kesgitlemek

Gerekli enjamlar:

1. Aspirasion psihrometr.
2. Barometr.
3. Distillirlenen suw.
4. Damdyrgyçly rezin pökgüjik.
5. Gysgaça nazary maglumatlary

Ýer atmosferanyň düzümindäki suw buglary çyglylygy döredýär. Çyglylyk howanyň suw bugunyň mukdary bilen kesgitlenilýän ululukdyr. Howanyň çyglylygy dürli ýagdaýlara bagly bolýar, ýagny deňiz derejesinden beýiklige, ýylyň paslyna, gije-gündiziň wagtyna, temperatura we ş.m. Hatda çöllükde-de howa absolýut gury bolmaýar. Howanyň çyglylygyny öwrenmegiň ähmiýeti uludyr. Halk hojalygynyň dürli pudaklarynda (däne önümlerini, pagtany, gurluşyk materiallaryny, käbir azyk önümlerini, sungat eserlerini, kitaplary saklamakda), harytlary kadaly saklamaklykda çyglylyk uly ähmiýete eýedir.

Howanyň çyglylygyny mukdar taýdan häsiýetlendirmek üçin üç sany ululykdan peýdalanylýar:

1. Absolýut çyglylyk. Absolýut çyglylyk diýip, berlen temperaturada howanyň bir m^3 göwrümindäki bar bolan suw buglarynyň mukdaryna (massasyna) aýdylýar. Absolýut çyglylyk Klapeýronyň – Mendeleýewiň deňlemesinden peýdalanyp,

$$PV = \frac{m}{\mu} RT$$

buguň dykyzlygy ρ *(kg/m^3)* ýa-da parsial basyşy P *(Pa)* arkaly kesgitlenilýär.

2. Iň uly (ýokary) çyglylyk. Iň uly çyglylyk diýip, berlen temperaturada bir m^3 göwrümli howany doýurmak üçin gerek bolan suw buglarynyň mukdaryna aýdylýar. Bu ululyk hem doýan buguň

P_H *(Pa)* parsial basyşynyň üsti bilen aňladylýar we islendik temperaturada onuň san bahasy ýörite psihrometrik tablisadan alynýar.

3. Otnositel çyglylyk. Otnositel çyglylyk diýip, absolýut çyglylygyň şol temperatura degişli iň uly çyglylyga bolan gatnaşygyna aýdylýar we göterimde aňladylýar:

$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_H} \cdot 100\% = \frac{P}{P_H} \cdot 100\%$$

Temperatura ýokarlananda absolýut çyglylyk artýar. Otnositel çyglylyk temperaturanyň ýokarlanmagy bilen azalýar, temperaturanyň peselmegi bilen artýar. Şeýlelikde, otnositel çyglylyk tomsa garanda gyşda uly bolýar. Türkmenistanda tomus aýlary otnositel çyglylyk, ortaça, 23-28 %-den geçmeýär.

Gyraw nokady. Howada bar bolan suw buglarynyň doýan bug halyna geçýän temperaturasyna gyraw nokady diýilýär. Bu temperaturada howadaky suw buglarynyň käbir bölegi sowuk üstde kondensirlenýär. Gyraw nokadynda otnositel çyglylyk 100% deň bolýar.

Howanyň çyglylygyny kesgitlemek üçin ulanylýan abzala gigrometr diýilýär. Gigrometrler esasan 4 görnüşde bolýar: çeküwli, kondensasiýaly, gyl gigrometrleri we psihrometrler.

1. Çeküwli gigrometr. Çyglylygy kesgitlemegiň bu usulynda içi gigroskopik (çyg siňdiriji) maddadan (hlorly kalsiý, fosfor angidridi we ş.m.) doldurylan gapdan belli göwrümli çygly howa geçirilýär. Gabyň (çygly howa geçirilmezden) öňki we soňky massalarynyň tapawudyny hem-de geçirilen howanyň göwrümini kesgitläp, absolýut çyglylyk hasaplanylýar. Bu usul örän dowamly we çylşyrymly. Psihrometrik tablisa düzülende şu usul peýdalanylýar.

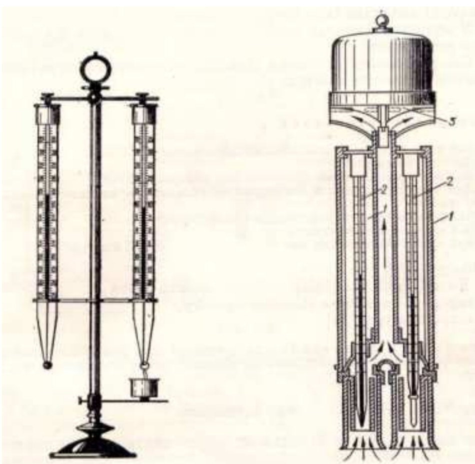
2. Lambrehtiň gigrometri. Bu iň ýönekeý kondensasion gigrometrdir. Bu gigrometrde ölçemek gyraw nokat usulyna esaslanýar. Gigrometriň gabynyň öň diwary nikel çaýylan ýylmanak görnüşde bolýar. Termometr oturdylan gaba efir guýulýar we howa üflenýär. Howa üflenende efiriň bugarmagy güýçlenýär, netijede temperatura aşaklaýar. Gyraw nokadyna degişli temperaturada gabyň ýylmanak diwary suwuň maýdaja damjalary bilen örtülýär. Efiri bugartmak arkaly gyraw nokadyna ýetirilen gabyň temperaturasy we otag temperaturasyna degişli howa buglarynyň basyşy psihrometrik tablisadan alnyp, otnositel çyglylyk hasaplanylýar.

3. Gyl gigrometri. Bu abzal absolýut çyglylygy gönüden-göni ölçeýär. Onuň esasy bölegi adam saçynyň gylydyr. Howanyň otnositel çyglylygy üýtgese, gylyň uzynlygy hem üýtgeýär. Otnositel çyglylyk abzalyň göterimde aňladylan görkezijisinden kesgitlenilýär. Gyl gigrometriniň ýalňyşlygy 5% - den geçmeýär.

4. Psihrometrler.

Psihrometriň gurluşy we işleýiş düzgüni

Psihrometriň dürli görnüşleri bar. Howanyň çyglylygyny ölçemek üçin köplenç Awgustyň (stasionar) we Assmanyň (wentilýasion ýa-da aspirasion) psihrometrleri ulanylýar. Olaryň işleýişi meňzeş. Psihrometr iki sany birmeňzeş termometrlerden ybarat. Awgustyň psihrometrinde termometrler 3.1-nji suratyň çepindäkisi ýaly görnüşde ýerleşýärler.



3.1-nji surat

Assmanyň psihrometrinde, termometrler, wentiliýatoryň kömegi bilen birdeň mejbury hereketlendirilýän howa akymynda ýerleşdirilýär. Termometrleriň ikisiniň hem uçlary gury bolsa birdeň temperaturany görkezerler. Eger, termometriň birisiniň ujuna mata haltajyk geýdirilip öllense, onuň görkezýän temperaturasy gury termometriň görkezýän temperaturasyndan aşak bolar. Çyglylygy ölçemegiň psihrometrik usuly, suwuň bugarma tizliginiň daşky howanyň çyglylygyna baglydygyna esaslanýar. Öl matanyň üstünden suw bugaranda temperaturanyň aşaklanmasy, tä termometriň daşky gurşawdan τ wagtda alýan Q_1 ýylylyk mukdary bilen suw bugartmak üçin gerek bolan Q_2 ýylylyk mukdary deňleşýänçä dowam edýär. Ýylylyk deňagramlylygy ýüze çykanda $Q_1 = Q_2$ bolar we öl termometriň t_2 temperaturasy, bugarmanyň dowam etmegine garamazdan, üýtgemeýär. Gury termometriň temperaturasyny t_1 deň diýip hasap etsek, öllenen termometriň daşyndaky howadan alýan Q_1 ýylylyk mukdary

$$Q_1 = \alpha S (t_1 - t_2) \qquad (3.1)$$

aňlatma arkaly kesgitlenilýär.

Bu ýerde S - termometriň öllenen üstüniň meýdany; α - proporsionallyk koeffisiýenti; t_1 we t_2 - degişlilikde gury we öl termometrleriň görkezýän temperaturalary.

Eger-de S üstden bugarýan suwuň massasy m_1-e deň bolsa, ony bugartmak üçin gerek bolan ýylylyk mukdary

$$Q_2 = m_1 L \qquad (3.2)$$

formula arkaly kesgitlenilýär.

Daltonyň kanunyna görä :

$$m_1 = k\frac{S(P_H - P)}{H}$$

Bu ýerde k - proporsionallyk koeffisiýenti bolup, öl termometriň üstünden geçýän howa akymynyň tizligine bagly; P_H – öl termometriň temperaturasynda doýan buguň basyşy; P–absolýut çyglylyga degişli howadaky suw bugunyň basyşy; H – atmosfera basyşy. Onda:

$$Q_2 = k\frac{S(P_H - P)L}{H} \qquad (3.3)$$

Bugarmagyň durnukly ýagdaýynda $Q_1 = Q_2$ onda:

$$t_1 - t_2 = \frac{kL}{\alpha} \cdot \frac{P_H - P}{H}$$

Bu ýerden

$$P = P_H - \frac{\alpha H}{kL}\left(t_1 - t_2\right) \qquad (3.4)$$

$A = \dfrac{\alpha}{kL}$ psihrometriň hemişeligi ol tejribe arkaly kesgitlenilýär

$$P = P_H - A\ (t_1 - t_2)\ H \qquad (3.5)$$

Bu ýerde P_H öl termometriň (t_2) temperaturasyna degişli doýan buguň basyşy psihrometrik tablisadan alynýar.

Psihrometriň hemişeligi

$$A = \frac{P_H - P}{(t_1 - t_2)H} \qquad (3.6)$$

aňlatma arkaly kesgitlenilýär.

Nusgalyk aspirasion psihrometr üçin,

$$A = 0{,}000662\ \text{grad}^{-1}$$

deň diýip alynýar.

Işiň ýerine ýetirilişi

1. Ulanylýan abzallaryň gurluşyny, işleýşini we nähili ölçegler geçirilmelidigini öwrenmeli. Assmanyň psihrometriniň mata haltajyk geýdirilen termometrini damdyryjyň kömeginde distillirlenen suw bilen öllemeli we 4-5 minut garaşmaly.

2. Psihrometriň tow berýänini 5-6 gezek aýlap, wentilýatory işletmeli we termometriň görkezmelerine seredip durmaly. Temperaturalarynyň üýtgemesi togtanyndan soň (4-5 minut), olaryň san bahalaryny ýazyp almaly. t_1 we t_2 temperaturalar ölçenende wentilýatoryň işleýşi haýallasa ýene-de tow berip kadaly işletmeli.

3. Atmosfera basyşy H barometrden ýazylyp alynýar.

4. Öl termometriň görkezýän temperaturasynda (t_2) doýan buguň basyşy psihrometrik tablisadan alynýar.

5. Howanyň otnositel çyglylygy.

$$\varphi = \frac{P}{P_H} \cdot 100\%$$

deňligiň kömegi bilen hasaplanylýar, onuň üçin doýan buguň P_H basyşy gury termometriň görkezýän temperaturasynda (t_1) degişli psihrometrik tablisadan alynýar.

6. Ölçegleri azyndan 3 gezek geçirmeli. Alnan ululyklary tablisa geçirmeli.

№	t_1, ºC	t_2, ºC	P_H, Pa	H, Pa	P, Pa	φ, 100%	Δφ, 100%	$\frac{\Delta\varphi}{\varphi} \cdot 100\%$
1.								
2.								
3.								
Ortaça								

Barlag üçin soraglar

1. Çyglylyk we absolýut çyglylyk diýip nämä aýdylýar?
2. Iň ýokary çyglylyk haçan döreýär?
3. Otnositel çyglylyk nämäni aňladýar?
4. Gyraw nokady diýip nämä aýdylýar?
5. Çyglylygy ölçemegiň nähili usullary bar?

4-nji tejribe işi

Kleýmanyň-Dezormyň usuly bilen howanyň hemişelik basyşdaky we hemişelik göwrümdäki ýylylyk sygymlarynyň gatnaşygyny kesgitlemek

Gerekli enjamlar:

1. Kranly uly aýna gap.
2. Kerosinli U - görnüşli manometr.
3. Komowskiniň nasosy.

Gysgaça nazary maglumatlary

Jisimiň ýylylyk sygymy diýip, onuň temperaturasyny bir gradus artdyrmak üçin gerek bolan ýylylyk mukdaryna aýdylýar. Gazlaryň ýylylyk sygymy olara ýylylygyň berliş şertlerine baglydyr. Şoňa görä, gazlaryň hemişelik göwrümdäki we hemişelik basyşdaky ýylylyk sygymlary tapawutlandyrylýar. Maddanyň massa birliginiň ýylylyk sygymyna udel ýylylyk sygym diýilýär we c´ bilen belgilenýär. Maddanyň bir molunyň ýylylyk sygymyna molýar ýylylyk sygym diýilýär we C bilen belgilenýär. Maddanyň bu iki ýylylyk sygymlarynyň arasynda şeýle baglanyşyk bar:

$$C = \mu \cdot c'.$$

Termodinamikanyň birinji kanunynda jisimi hemişelik göwrümde gyzdyrmaklyk üçiň berilýän ýylylyk mukdary onuň içki energiýasynyň artmaklygyna sarp bolýar. Eger-de jisim hemişelik basyşda gyzdyrylsa, ýylylyk mukdary içki energiýasynyň artmaklygyna we izobariki giňelme işine sarp bolýar. Şoňa görä-de, hemişelik basyşdaky gazyň ýylylyk sygymy hemişelik göwrümdäki ýylylyk sygymyndan uly bolýar $Cp > Cv$.

Gazlaryň hemişelik göwrümdäki we hemişelik basyşdaky ýylylyk sygymlarynyň gatnaşygy adiabata hadysasynyň görkezijisi bolup hyzmat edýär.

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v}$$

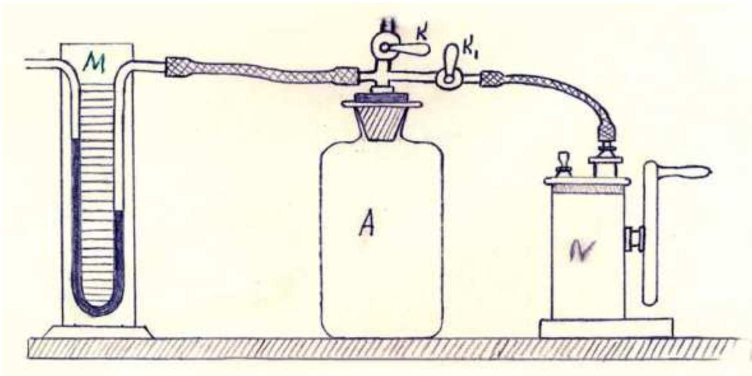
Bu gatnaşyk birnäçe fiziki hadysalarda ähmiýetli orny eýeleýär. Şoňa görä, ony tejribede kesgitlemeklik maksadalaýyk hasap edilýär. $\gamma = \frac{!_p}{C_v}$ gatnaşygy kesgitlemegiň birnäçe usullary peýdalanylýar. Şol usullaryň iň ýönekeýleriniň biri howanyň adiabata giňelmesine esaslanýar. Adiabata hadysasynyň deňlemesi

$P_0^\gamma V_0^\gamma = P^\gamma V$ ýa-da PV^γ = hemişelik

görnüşde aňladylyp, Puassonyň deňlemesi diýlip atlandyrylýar.

Gurnamanyň gurluşy we işleýiş düzgüni

Gurnamanyň umumy görnüşi 4.1-nji suratda şekillendirilen. Gurnama A aýna gapdan (göwrümi 20 litr töweregi), suwuklykly M (keorsinli) manometrden, Komowskiniň nasosyndan, K, K_1 kranly paýlaýjy turbadan, birleşdiriji rezin turbalardan ybaratdyr.



4.1-nji surat

γ ululygy howanyň adiabata giňelmesiniň esasynda kesgitlemek örän oňaýly we ýeňil usullaryň biridir. Gap K kranyň kömegi bilen atmosfera basyşly howa bilen doldurylýar. Soňra nasosyň kömegi bilen gabyň içine P_1 basyşly (atmosfera basyşyndan uly) howa ýygnalýar. Howanyň ýygnalmasynyň adiabata hadysasyna ýakyndygy üçin onuň temperaturasy ýokarlanýar. Haçan-da gabyň içindäki howanyň temperaturasy onuň diwarlarynyň ýylylyk geçirijiligi zerarly daşky gurşawyň temperaturasy bilen deňleşende, manometriň eginlerindäki suwuklyk sütünleriň derejeleriniň tapawudy (h_1) durnukly ýagdaýy eýeleýär. Şeýlelikde, V göwrümli gapdaky m_1 massaly howanyň absolýut temperaturasy daşky gurşawyň temperaturasy T_1 – e we basyşy

$$P_1 = P_0 + h_1 \qquad (4.1)$$

deň bolýar, bu ýerde P_0 - atmosfera basyşy. T_1 we P_1 ululyklar bilen häsiýetlendirilýän gaz halyna birinji haly diýeliň.

(I hal: T_1, P_1, V_1).

Eger-de K krany çalt açsak gapdaky howa tä basyşy atmosfera basyşyna (P_0) deňleşýänçä adiabatiki giňeler. Ol wagtda gapdaky howanyň temperaturasy T_2 temperatura çenli peselýär. Sebäbi gaz adiabatiki giňelende içki energiýasy kiçelýär. Bu gazyň ikinji haly (II hal: T_2, P_0,V_2) bolar. Bu hal üçin Puassonyň deňlemesi

$$\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma} = \frac{P_0}{P_0 + h_1} \tag{4.2}$$

görnüşde aňladylýar.

Eger-de krany açanymyzdan soň, çalt ýapsak gabyň içinde m massaly howa galýar ($m_1 > m$). Ol howanyň temperaturasy hemişelik göwrümde tä başlangyç T_1 temperatura deňleşýänçä ýokarlanýar we degişlilikde basyşy hem P_2 çenli ýokarlanýar. Bu howanyň üçünji haly bolar (III hal: T_1, P_2, V_2). Şol pursatda howanyň basyşyny P_2 we manometriň degişli görkezmesini hem h_2 bilen bellemeli. Onda:

$$P_2 = P_0 + h_2 \tag{4.3}$$

Gaz I we III hallarda şol bir temperatura eýe bolýar (izotermiki hadysa). Şoňa görä, Boýluň-Mariottyň kanunyny ulanyp alarys:

$$\left(P_0 + h_1\right) \cdot V_1 = \left(P_0 + h_2\right) \cdot V_2 \tag{4.4}$$

Bu ýerden

$$\frac{V_1}{V_2} = \left(\frac{P_0 + h_2}{P_0 + h_1}\right), \tag{4.5}$$

Deňlemäniň iki tarapyny hem $\gamma - \alpha$ derejä göterip alarys:

$$\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma} = \left(\frac{P_0 + h_2}{P_0 + h_1}\right)^{\gamma} \tag{4.6}$$

(4.2) we (4.6) deňlemelerden

$$\frac{P_0}{P_0 + h_1} = \left(\frac{P_0 + h_2}{P_0 + h_1}\right)^{\gamma} \quad \text{ýa-da} \quad \frac{P_0 + h_1}{P_0} = \left(\frac{P_0 + h_1}{P_0 + h_2}\right)^{\gamma} \tag{4.7}$$

alarys. Bu deňlemäni logarifmirläp, γ -ny kesgitlesek:

$$\gamma = \frac{\lg(P_0 + h_1) - \lg P_0}{\lg(P_0 + h_1) - \lg(P_0 + h_2)} \tag{4.8}$$

$P_0, P_0 + h_1$ we $P_0 + h_2$ basyşlaryň biri-birinden tapawudy örän kiçi bolýandygyna görä logarifmik tapawutlary basyşlaryň tapawutlaryna proporsional diýip kabul etmek mümkin we (4.8)- aňlatmadan γ üçin gutarnykly deňlemäni alarys:

$$\gamma = \frac{(P_0 + h_1) - P_0}{(P_0 + h_1) - (P_0 + h_2)} \quad \text{ýa-da} \tag{8.9}$$

Işiň ýerine ýetirilişi

1. Işe başlamazdan öň kranyň we turbajyklaryň birleşdirilýän ýerlerinden howanyň syzyp çykmaýandygyna göz ýetirmeli. Kranyň (K_1) we rezin turbajyklaryň kömegi bilen A gaby diňe nasos bilen birleşer ýaly edip, nasosyň kömegi bilen onuň içine M manometriň eginlerindäki suwuklyk sütünleriniň tapawudy 15-20 sm deňleşýänça howa ýygnamaly. Bu ýagdaýda gapdaky howanyň temperaturasy ýokarlanýar. (K_1) kran ýapylanda gapdaky howanyň temperaturasy otag temperaturasy bilen deňleşýänça basyş peselýär. Termodinamiki deňagramlylyk emele gelende basyş peselmesini bes edýär. Şol wagtdaky manometriň suwuklyk sütünleriniň derejeleriniň tapawudyny h_1 ölçemeli (mm. kerosin sütüninde).

2. K krany örän gysga wagt açylanda A gapdaky howa adiabatik giňelýär. Krandan çykýan howanyň sesi kesilip, manometrdäki suwuklyk derejeleri deňleşen dessine ony ýapmaly. Howanyň adiabatiki giňelmesindäki temperaturasynyň aşaklamasyny, otag temperaturasyny, manometriň sütünleriniň tapawudyny h_2 ölçemeli. Ölçegiň netijesini (4.9) formula goýup, howa üçin γ ululygy hasaplamaly. Her gezek h_1 başlangyç ýagdaýdaky manometriň sütünleriniň derejeleriniň tapawudyny azajyk üýtgedip, tejribäni 10 gezek gaýtalamaly. Alnan netijeleri tablisa geçirmeli.

3. Alnan netijeleriň esasynda γ-nyň absolýut we otnositel ýalňyşlyklary hasaplamaly. Howa üçin alnan γ orta bahasyny ýörite tablisadaky bahasy bilen deňeşdirmeli.

Tejribäniň belgisi	h_1, mm	h_2, mm	γ	Δγ	$\gamma = \bar{\gamma} \pm \Delta\bar{\gamma}$
1					
2					
3					
4					

Barlag üçin soraglary

1. Näme üçin gazlaryň ýylylyk sygymlary olaryň gyzdyrylyş şertlerine bagly?
2. Adiabata hadysa diýip nähili hadysa aýdylýar?
3. Adiabata hadysasynda gazyň içki energiýasy nähili üýtgeýär?
4. Adiabata gysylma we giňelme hadysalarynda gazyň temperaturasy
5. nähili üýtgeýär?

5-nji tejribe işi

Suwuklyklaryň gyzmakdan göwrümine giňelme koeffisiýentini kesgitlemek

Gerekli enjamlar:

1. Aýna turbadan ýasalan ýylylyk goraýjynyň içinde oturdylan gatnaşykly gap.
2. Termometrler.
3. Ölçeg çyzgyjy.
4. Elektrik gyzdyryjy.
5. Suwly gap.
6. Barlanylýan suwuklyk (kerosin we ş.m.).

Gysga nazary maglumatlary

Suwuklyk molekulalary özara jebis ýerleşýärler we olaryň aralygy takmynan, hususy ölçeglerine deň bolýar. Suwuklyk molekulalary dyngysyz ýylylyk hereketde bolýarlar we olar çekişme we itekleşme arkaly özara täsirleşýärler.

Suwuklyk molekulalary öz deňagramlylyk ýagdaýynyň töwereginde yrgyldyly hereket edýärler. Dürli molekulalaryň yrgyldy amplitudalary tapawutly bolýar. Ýylylyk hereketi netijesinde energiýasy ýeterlik uly bolan molekulalar böküş arkaly ornuny üýtgedýär. Suwuklyk molekulalarynyň "oturymly" ömrüniň dowamlylygy takmynan, 10^{-11}s deňdir. Suwuklyk gyzdyrylanda molekulalaryň yrgyldy hereketiniň amplitudasy artýar we özara ýerleşiş aralyklary ulalýar. Netijede, suwuklyklar gyzdyrylanda göwrümi giňelýär.

Suwuklygyň islendik temperaturadaky göwrümini

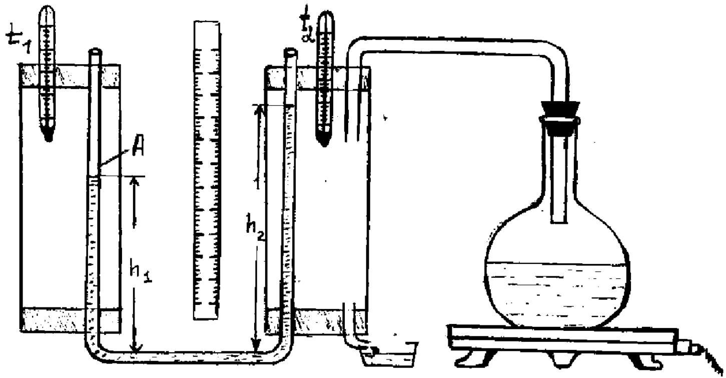
$$V_t = V_0 (1 + \beta \cdot t) \tag{5.1}$$

aňlatma boýunça kesgitlemek mümkin.

Bu ýerde V_t we V_0 - suwuklygyň t°S we 0°S - temperaturalardaky göwrümleri, β - suwuklygyň gyzmakdan göwrümine giňelme koeffisiýenti. Bu koeffisiýentiň fiziki manysy suwuklyk bir gradus (1°C) gyzdyrylanda, onuň başlangyç göwrüminiň näçe bölegine ulalýandygyny görkezýär. Suwuklyklaryň göwrümine giňelmek koeffisiýenti Dýulongyň– Ptiniň usuly bilen ýa-da dilatometr arkaly kesgitlenilýär. Dýulong we Pti suwuklyklaryň göwrümine giňelme koeffisiýentini kesgitlemek üçin gatnaşykly gaplardaky dürli temperaturaly iki suwuklyk sütünleriniň deňagramlylyk şertinden peýdalanýarlar.

Gurnamanyň gurluşy we işleýiş düzgüni

Dýulongyň we Ptiniň gurnamasynyň umumy görnüşi 5.1-nji suratda şekillendirilen.



5.1-nji surat

U – görnüşli gatnaşykly (A) gapdan ybarat bolup, onuň käbir kesgitli beýikligine çenli derňelýän suwuklyk guýulýar. Gatnaşykly gap iki egni hem içi howaly aýna B turbalaryň içinden ýerleşdirilýär. Gatnaşykly gabyň suwuklyk sütünleriniň beýiklikleri ýörite ölçeg çyzgyjy arkaly kesgitlenilýär. Suwuklyk sütünleriniň temperaturasy gatnaşykly gabyň eginleriniň ýerleşdirilen B aýna gaplaryň içinde oturdylan t_1 we t_2 termometrleriň kömegi bilen ölçenilýär. Suw bugy elektrik gyzdyryjyda oturdylan kolbadan rezin turbanyň kömegi arkaly gatnaşykly gabyň bir egniniň üstünden akdyrylýar.

Dinamiki deňagramlylyk şertinde gatnaşykly gabyň gyzdyrylmaýan egnindäki suwuklyk sütüniniň temperaturasy t_1, dykyzlygy ρ_1 we beýikligi h_1 - deň diýsek, suw bugunyň akymy arkaly gyzdyrylan egnindäki suwuklyk sütüniň temperaturasy t_2, dykyzlygy ρ_2 we beýikligi h_2 - deň bolar. Bu şertlerde gatnaşykly gapdaky suwuklyk sütünleriniň dykyzlygy olaryň beýikliklerine ters proporsionaldyr.

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \qquad (5.2)$$

Bu ýerde

$$\rho_1 = \frac{m_1}{V_1} = \frac{m_1}{V_0\left(1+\beta\cdot t_1\right)} = \frac{\rho_0}{1+\beta\cdot t_1}, \tag{5.3}$$

$$\rho_2 = \frac{m_2}{V_2} = \frac{m_2}{V_0(1+\beta\cdot t_2)} = \frac{\rho_0}{1+\beta\cdot t_2}, \tag{5.4}$$

ρ_0 - 0ºC-de suwuklygyň dykyzlygy, (5.3) we (5.4) aňlatmalardan ρ_1 we ρ_2 ululyklaryň bahalaryny (5.2) goýup alarys:

$$\frac{h_1}{1+\beta\cdot t_1} = \frac{h_2}{1+\beta\cdot t_2}$$

Bu ýerde

$$\beta = \frac{h_2 - h_1}{h_1 t_2 - h_2 t_1} \tag{5.6}$$

Işiň ýerine ýetirilişi

1. Gatnaşykly gaba derňelýän suwuklyk (kerosin we ş.m.) guýulýar we başlangyç ýagdaýda olaryň derejeleriniň deň bolmagy gazanylýar.

2. Elektrik gyzdyryjynyň kömegi bilen bug beriji gapdaky suwy gaýnatmaly. Gatnaşykly gabyň sag tarapyndaky suwuklyk sütünininiň daşyndaky turbadan bug geçirmeli. Bug suwuklyk sütunleriniň beýikliklerininiň tapawudynyň üýtgemesi bes edýänçä geçirilýär. Kondensirlenýän bug rezin turbajyk arkaly ýörite gaba akdyrylýar.

3. Gatnaşykly gapdaky suwuklyk sütünleriniň dürli temperaturalarda durnukly deňagramlylygy alnandan soň, otag temperaturaly sütüniň h_1 we gyzgyn sütüniň h_2 beýikliklerini ölçemeli. Termometrleriň kömegi bilen t_1 we t_2 temperaturalar ölçemeli. Bu ölçemeleriň netijelerini (5.6) aňlatma goýup, suwuklygyň ýylylykdan göwrümine giňelme koeffisiýentini hasaplamaly. Tejribäni 2-3 gezek gaýtalamaly, alnan netijeleri tablisa geçirmeli.

T/b	h_1 sm	h_2 sm	t_1 ºC	t_2 ºC	β grad^{-1}	Δβ	$\overline{\beta} = \overline{\beta} \pm \Delta\overline{\beta}$
1							
2							
3							
4							

Barlag üçin soraglar

1. Suwuklyklaryň gyzmakdan göwrümine giňelmesini molekulýar – kinetik nazaryýeti esasynda nähili düşündirmek mümkin?
2. Suwuklygyň göwrümine giňelme koeffisiýentiniň fiziki manysyny düşündirmeli.
3. Dýulongyň we Ptiniň usuly haýsy hadysa esaslanýar?
4. Suwuklyklaryň gyzmakdan göwrümine giňelme hadysasynyň nähili amaly ähmiýeti bar?

6 - njy tejribe işi

Stoksyň usuly boýunça suwuklyklaryň şepbeşiklik koeffisiýentini kesgitlemek

Gerekli enjamlar:

1. Ýörite synada oturdylan aýna silindir.
2. Sekundomer.
3. Kiçi diametrli şarjagazlar.
4. Mikrometr.
5. Ölçeg çyzgyjy.
6. Termometr.
7. Gliserin.

Gysgaça nazary maglumatlary

Suwuklyklarda molekulalaryň arasyndaky orta uzaklyk molekulalaryň öz ölçeglerine takmynan, deňdir. Suwuklyk molekulalary böküş arkaly ornuny üýtgedeýär. Şeýlelikde, suwuklyk molekulalarynyň ýylylyk hereketi dyngysyz böküş bilen çalyşýan yrgyldyly hereketdir.

Suwuklyklaryň şepbeşikligini gazlaryňky ýaly gatlaklaryň arasynda impulsyň geçmesiniň üsti bilen düşündirip bolmaýar. Sebäbi şepbeşiklik birinji nobatda molekulýar özara çekişme güýjüne baglydyr. Şeýlelikde, suwuklygyň şepbeşikligi molekulalaryň özara ýerleşme aralygynyň funksiýasydyr.

Reýnoldsyň sanynyň kiçi bahalarynda suwuklykda hereketlenýän sferik jisime täsir edýän garşylyk güýji, suwuklygyň şepbeşiklik koeffisiýentine bagly bolýar. Stoksyň kanunyna görä, garşylyk güýji

$$F_s = 6\pi \cdot \eta \cdot r \cdot \upsilon \qquad (6.1)$$

görnüşdäki aňlatma arkaly aňladylýar. Bu ýerde r - sferik jisimiň radiusy, υ - tizligi, η – suwuklygyň şepbeşiklik koeffisiýenti.

Bu güýje maňlaý garşylyk güýji hem diýilýär.

Eger kiçijik şarjagaz dynçlykdaky şepbeşik suwuklygyň içinde erkin gaçyp, hereket edýän bolsa, onda bu ýagdaýda şarjagaza üç sany güýç täsir eder. (*6.1-nji surat*)

1. Agyrlyk güýji:

$$P = mg = \frac{4}{3}\rho\pi r^3 g \qquad (6.2)$$

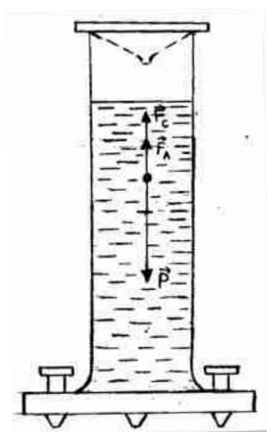
Bu ýerde r - şarjagazyň radiusy, ρ - şarjagazyň dykyzlygy, g - agyrlyk güýjüniň tizlenmesi.

2. Arhimed güýji:

$$F_A = \frac{4}{3}\rho_s g\pi r^3 \qquad (6.3)$$

Bu ýerde ρ_s - suwuklygyň dykyzlygy.

3. Suwuklygyň garşylyk güýji (maňlaý garşylyk güýji):



6.1-nji surat

$$F_s = 6\pi \cdot \eta \cdot r \cdot \upsilon \tag{6.4}$$

garşylyk güýji we arhimediň güýji şarjagazyň hereket ugruna garşylykly ugur boýunça, agyrlyk güýji şarjagazyň hereketiniň ugry boýunça ugrukdyrylýar.

Onda

$$P - \left(F_S + F_A\right) = 0 \tag{6.5}$$

(6.2), (6.3), (6.4) deňliklerdäki güýçleriň bahalaryny (6.5)-deňlikde ornuna goýup alarys:

$$\frac{4}{3}\pi \cdot r^2 \left(\rho - \rho_s\right) g - 6\pi \cdot \eta \cdot r \cdot \upsilon_0 = 0 \tag{6.6}$$

Bu ýerden

$$\eta = \frac{2}{9} \cdot \frac{\rho - \rho_s}{\upsilon_0} \cdot g \cdot r^2 \tag{6.7}$$

(6.7) formula arkaly, derňelýän suwuklygyň şepbeşiklik koefisiýenti kesgitlenilýär.

Eger-de şarjagaz R radiusly silindrik gapda ýerleşen suwuklygyň merkezi oky boýunça erkin gaçýan bolsa, onda suwuklygyň şepbeşiklik koeffisiýenti üçin formula aşakdaky görnüşe eýe bolýar.

$$\eta = \frac{2}{9} \cdot g \cdot r^2 \frac{\rho - \rho_s}{\upsilon_0 \left(1 + 2,4\dfrac{r}{R}\right)} \tag{6.8}$$

Bu ýerde R - silindrik gabyň radiusy.

Gurnamanyň gurluşy

Gurnama barlanylýan suwuklyk (gliserin, transformator ýagy) guýlan we wertikal ýagdaýda ýerleşdirilen A gapdan ybaratdyr. (*6.1-nji surat*).

Silindriň daşky diwaryna ölçeg çyzgyjy berkidilen. Suwuklygyň şepbeşikligini ölçemek üçin ulanylýan şarjagazlaryň (polat, gurşun, Wudyň splawy) diametri $\sim$ 1 mm töweregi bolup, ýörite gapyrjakda saklanylýar. Şarjagazlar silindriň merkezinden hereket etmegi üçin silindriň ýokarsynda guýguç ýerleşdirilýär.

Işiň ýerine ýetirilişi:

1. Silindriň içindäki suwuklygyň derejesini belgilenen derejesine çenli ýetirmeli. Mikrometriň kömegi bilen üç sany şarjagazyň diametrini ölçemeli.

2. Elektrik sekundomeri çeşmä birleşdirip ölçeg geçirmäge taýýarlamaly. Diametri ölçenen şarjagazy tutguç (pinset) arkaly silindriň merkezinden goýbermeli. Şarjagaz suwuklykda 8-10 sm aralygy geçensoň durnugyşan hemişelik tizlige eýe bolýar. Şarjagaz çyzgyç boýunça belli bir çyzyga gabat gelende, sekundomeri işe girizmeli. Gözegçiniň gözi belgi bilen bir gönä gabat gelýän ýagdaýynda bolmaly. Şarjagaz käbir kesgitli aralygy geçen pursatynda sekundomeri saklamaly.

3. Sekundomeriň görkezmesi esasynda şarjagazyň l aralygy geçýän τ wagtyny ölçemeli. Bu ölçegleriň netijesinde

$$\upsilon_0 = \frac{l}{\tau}$$

şarjagazyň suwuklygyň içindäki deňölçegli hereketiniň tizligini hasaplamaly.

Ştangensirkulyň kömegi bilen içine suwuklyk guýlan silindriň R radiusyny ölçemeli. Şeýle ölçegleri her bir suwuklyk üçin 3-4 gezek geçirmeli. Ölçegler netijesinde alnan υ_0, R we r ululyklaryň bahasyny hem-de tablisadan alnan ρ, ρ_s we g ululyklaryň bahasyny (6.8) formulada ornuna goýup, suwuklygyň şepbeşiklik koeffisiýentini hasaplamaly.

Alnan netijeleri tablisa geçirmeli.

T/B	r, mm	l, sm	τ, s	R sm	υ m/s	η, Pa s	Δη	$\varepsilon = \frac{\Delta\bar{\eta}}{\bar{\eta}} \cdot 100\%$
1								
2								
3								

Barlag üçin soraglar

1. Şepbeşiklik näme? Şepbeşiklik koeffisiýenti haýsy birliklerde ölçenilýär?
2. Suwuklykda erkin gaçýan şarjagaza nähili güýçler täsir edýär?
3. Näme üçin belli bir wagt pursatyndan başlap, şarjagaz deňölçegli hereketlenýär?
4. Suwuklyklaryň şepbeşikliginiň nähili amaly ähmiýeti bar?

7 - nji tejribe işi

Suwuklyklaryň udel ýylylyk sygymyny kesgitlemek

Gerekli enjamlar:

1. 2 sany kalorimetr.
2. 2 sany termometr.
3. Şol bir materialdan ýasalan deň garşylykly iki sany gyzdyryjy.
4. Suwuklyklar (suw we kerosin).
5. Hemişelik elektrik çeşmesi.
6. Çeküw daşly we tehniki terezi.
7. Ampermetr.
8. Reostat we açar.

Gysgaça nazary maglumatlary

Islendik jisimiň birlik massasyny bir gradus gyzdyrmak üçin gerek bolan ýylylyk mukdaryna jisimiň udel ýylylyk sygymy diýilýär.

Onda temperaturanyň kesgitli ($\Delta t = t_2 - t_1$) çäginde (interwalynda) jisimiň orta udel ýylylyk sygymy

$$c = \frac{Q}{m(t_2 - t_1)} \qquad (7.1)$$

aňlatma arkaly kesgitlenilýär.

Eger-de ulgamda diňe ýylylyk çalyşma hadysalary amala aşyrylýan bolsa, onda ýylylyk çalyşma gatnaşýan ähli jisimleriň alýan we berýän ýylylyk mukdarlarynyň algebraik jemi nola deňdir.

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + \ldots + Q_n = 0 \qquad (7.2)$$

Bu aňlatma ýylylyk balansynyň deňlemesi diýilýär.

Ýylylyk balansynyň deňlemesinden peýdalanyp, jisimleriň ýylylyk sygymyny kesgitlemek mümkin.

Eger ýylylyk elektrik togy arkaly öndürilýän bolsa, onda Joulyň – Lensiň kanunyna görä, R-garşylykly geçirijiden bölünip çykýan ýylylyk mukdary,

$$Q = I^2 R\tau \qquad (7.3)$$

aňlatma arkaly kesgitlenilýär.

Bu ýerde I–tok güýji, R–geçirijileriň garşylygy, τ - toguň geçýän wagty. Eger iki kolorimetrler şol bir şertde yzygiderli birleşdirilen deň garşylykly elektrik gyzdyryjylar bilen gyzdyrylsa, onda kesgitli wagt aralygynda kalorimetrleriň ikisiniň hem alýan ýylylyk mukdarlary özara deň bolýar. Şeýle usul bilen belli udel ýylylyk sygymly we näbelli udel ýylylyk sygymly maddalaryň alýan ýylylyk mukdarlary deňeşdirilip, näbelli udel ýylylyk sygymy kesgitlemek mümkin.

Onda birinji kalorimetr üçin:

$$Q_1 = (m_1 c_1 + m_1' c_1')(\theta_1 - t_1) \qquad (7.4)$$

Bu ýerde m_1 we c_1- udel ýylylyk sygymy belli maddanyň massasy we udel ýylylyk sygymy; m_1' we c_1' birinji kalorimetriň massasy we udel ýylylyk sygymy; t_1 we θ_1- birinji kalorimetriň başlangyç we ahyrky temperaturalary;

Ikinji kalorimetr üçin:

$$Q_2 = (m_2 c_2 + m_1^{'} c_1^{'})(\theta_1 - t_1) \qquad (7.5)$$

Bu ýerde m_2 we c_2- udel ýylylyk sygymy näbelli maddanyň massasy we udel ýylylyk sygymy; ikinji kalorimetriň massasy we udel ýylylyk sygymy; t_2 we θ_2 - ikinji kalorimetriň başlangyç we ahyrky temperaturalary;

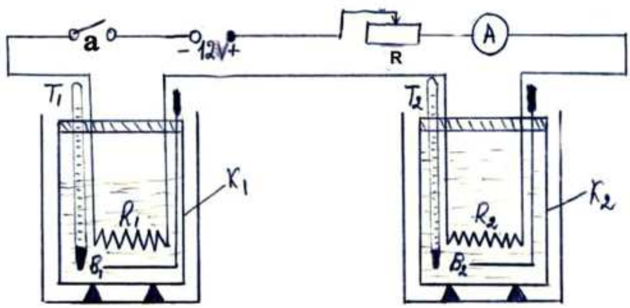
(7.4) we (7.5) deňlemeleri özara deňeşdirilip näbelli udel ýylylyk sygymy kesgitlemek üçin aňlatmany alarys:

$$C_2 = \frac{(m_1 c_1 + m_1^{'} c_1^{'})(\theta_1 - t_{21}) - m_2^{'} c_2^{'})(\theta_2 - t_2)}{m_2(\theta_2 - t_2)} \qquad (7.6)$$

Halkara birlikler ulgamynda udel ýylylyk sygymynyň ölçeg birligi $\frac{J}{kgK}$ aňladylýar.

Gurnamanyň gurluşy we işleýiş düzgüni

Gurnamanyň umumy görnüşi 7.1-nji suratda şekillendirilen.



7.1-nji surat

Suwuklygyň udel ýylylyk sygymyny kesgitlemek üçin niýetlenen gurnama T_1 we T_2 termometrleri, B_1 we B_2 bulawaçlary bolan iki sany bir meňzeş K_1 we K_2 kalorimetrlerden ybarat. Kalorimetrleriň içindäki bir deň R_1 we R_2 garşylykly gyzdyryjylar yzygiderli birleşdirilip, $6 \div 15\ W$ napryaženiýeli tok çeşmesine birikdirilýär. Zynjyrdaky tok güýji R reostatyň kömegi bilen sazlanylýar we A ampermetr bilen ölçenilýär. ,,a“ açar zynjyry birikdirmek ýa-da ýazdyrmak üçin ulanylýar. K_1 kalorimetre belli (C_1) udel ýylylyk sygymly distillirlenen suw we K_2 kalorimetre näbelli (C_2) udel ýylylyk sygymly kerosin guýulýar. Bulawaçlar kalorimetriň maddasyndan ýasalan bolmaly.

Işiň ýerine ýetirilişi

1. Tehniki tereziniň kömegi bilen K_1 kalorimetriň we B_1 bulawajyň bilelikdäki m_1' massasyny hem-de K_2 kalorimetriň we B_1 bulawajyň bilelikdäki massasyny 0,1 g takyklygynda ölçemeli.

2. K_1 kalorimetre suw guýup, onuň umumy $(m_1)_u$ massasyny we K_2 kalorimetre kerosin guýup, umumy $(m_2)_u$ massasyny terezide ölçemeli. Onda suwuň massasy $m_1 = (m_1)_u - m_1$ we kerosiniňki $m_2 = (m_2)_u - m_3$ deň bolar. Kerosiniň C_2 udel ýylylyk sygymynyň suwuň C_1 udel ýylylyk sygymyndan kiçidigine görä $(C_2 < C_1)$ olaryň takmynan, bir deň $\theta_1 - t_1$ we $\theta_2 - t_2$ temperatura çägine (interwalyna) çenli gyzmaklary üçin kerosiniň m_2 suwuň m_1 massasyndan 2 esse töweregi köp almaly.

3. Kalorimetrler öz ornuna goýlup, içine gyzdyryjy we termometr ýerleşdirmeli. Gyzdyryjylaryň suwuklyga doly batmagyny gazanmaly we kalorimetriň düýbüne we diwarlaryna degmez ýaly edip ýerleşdirmeli.

4. Suwuklyklar durnukly temperatura eýe bolan soň, başlangyç t_1 we t_2 temperaturalary degişli termometrlerden ýazyp almaly. Soňra zynjyry elektrik çeşmesine birikdirmeli.

5. *„a”* açary birleşdirip, zynjyrdan *20 min* dowamynda *1A* elektrik akymyny geçirmeli. Ol wagtda suwuklyklaryň temperaturasy *3-4* gradusdan ýokarlanmaly däldir. Temperaturanyň şeýle tapawudy alnan soň „a” açar ýazdyrmaly. Bulawaçlaryň kömegi bilen suwuklyklary garyşdyrmaly we olaryň temperaturalary durnukly ululyga eýe bolan soň θ_1 we θ_2 ahyrky temperaturalary ýazyp almaly.

6. Tejribeden kesgitlenen ululyklary we C_1, C_1', C_2' ululyklary tablisadan alyp, (7.6) aňlatmanyň kömegi bilen kerosiniň udel ýylylyk sygymy C_2 hasaplamaly we iki tejribeden kerosiniň udel ýylylyk

sygymynyň orta bahasyny tapmaly. Soňra ölçegleriň absolýut we otnositel ýalňyşlyklaryny tapmaly.

Ölçegleriň we hasaplamalaryň netijelerini tablisa geçirmeli.

T/№	m, kg	m_1, kg	m_3, kg	Θ_1, K	T_1, K	Θ_2, K	T_2, K	τ, s	C_2, J/kg·K	$\bar{C}_2$, J/kg·K	$\frac{C_2}{\bar{C}_2}\cdot 100\%$
1											
2											
3											

Barlag üçin soraglar

1. Udel ýylylyk sygym diýip nämä aýdylýar? Ol haýsy birliklerde ölçenilýär?
2. Näme üçin dürli suwuklyklaryň udel ýylylyk sygymy tapawutly bolýar?
3. Suwuklyklaryň udel ýylylyk sygymyny kesgitlemegiň durmuşda ähmiýeti nämeden ybarat?

8-nji tejribe işi

Gaty jisimleriň gyzmakdan uzynlygyna we göwrümine giňelmek koeffisiýentlerini kesgitlemek

Gerekli enjamlar:

1. PRTT kysymly Mendeleýewiň abzaly.
2. Indikator.
3. Termometr.
4. Elektrik gyzdyryjy.
5. Suwly kolba.
6. Çyzgyç.
7. Iki dürli sterženler.

Gysgaça nazary maglumatlary

1. Gaty jisimiň gurluşy: Görnüşi we göwrümi hemişelik bolan jisimlere gaty jisim diýilýär. Fiziki häsiýetleri boýunça gaty jisimler kristal we amorf görnüşlere bölünýär.

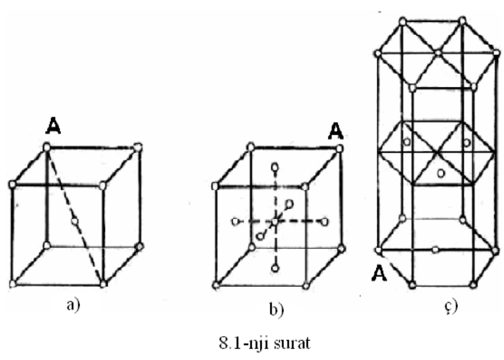
Jisimi düzýän bölejikler kesgitli periodik tertipde ýerleşýän ýagdaýynda kristal görnüşli gaty jisim hasap edilýär. Kristallar gapyrgalarda we depelerde kesişýän tekiz granlar bilen çäklenilýär. Jisimi düzýän bölejikler periodik tertipde ýerleşmeýän gaty jisimlere amorf jisimler diýilýär. Beýle jisimlere mysal hökmünde organiki däl aýnany, kauçugy, smolalary we ş.m-i görkezmek bolar.

Kristallik jisimler anizitrop häsiýete eýedir. Başgaça aýdanymyzda, kristallaryň dürli ugurlar boýunça fiziki häsiýetleri (maýyşgaklygy, ýylylyk geçirijiligi, elektrik geçirijiligi) tapawutlanýar.

Ähli ugurlar boýunça fiziki häsiýetleri birmeňzeş bolan jisimlere izotrop jisimler diýilýär. Daş görnüşi boýunça kristallik gurluşy görnetin duýulýan gaty jisime monokristal jisimler diýilýär.

Monokristallar göni köpgranlyk görnüşine eýe bolýar. Gaty jisimleriň aglabasy şol sanda metallar hem polikristal gurluşa eýe bolýarlar, başgaça aýdanymyzda, ownuk kristallik gurluşda bolýarlar. Polikristallar köpsanly we bitertip ýerleşen birmeňzeş mikrokristallaryň toplumyndan ybarat bolýarlar. Bu aýry-aýry mikro kristallara kristallitler ýa-da däneler diýilýär. Şeýle dänejikleriň çyzykly ölçegleri metalyň işlenilip bejerilişine bagly bolup, $10^{-5}\div10^{-3}$ sm tertipde bolýarlar. Polikristala jemlenen aýry-aýry mikrokristallaryň özara bitertip ýerleşýändigine görä polikristallar izotrop häsiýete eýe bolýarlar.

Metallar polikristaldyrlar. Metallaryň krisal gözenegine we kristal kysymyna metal kristallar



8.1-nji surat

diýilýär. Metal kristallaryň ähli düwünlerinde metalyň položitel ionlary ýerleşýär. Položitel ionlaryň arasynda edil gaz molekulalary ýaly elektronlar bitertip hereket edýärler. Bu elektronlar položitel ionlary kesgitli aralykda bitewilikde saklaýan „sement“ bolup hyzmat edýär. Aglaba metallaryň kristallik gözenekleri 8.1-nji suratda şekillendirilen görnüşde bolýarlar:

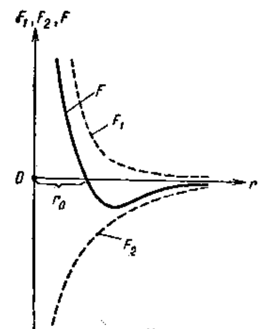
a-göwrüm boýunça merkezleşen kub görnüşli kristal gözenek.

b- granlar boýunça merkezleşen kub görnüşli kristal gözenek.

ç- dykyz geksogonal görnüşli kristal gözenek.

2. Gaty jisimleriň gyzmakdan giňelmesi: 8.1-nji suratda görkezilen kristal gözenekleriniň düwünlerinde ýerleşen položitel ionlaryň orta ýagdaýy A nokat bilen belgilenen. Gaty jisimlerde ýylylyk hereketi, ony düzýän bölejikleriň deňagramly ýagdaýynyň töweregindäki yrgyldyly herekete syrykdyrylýar. Bölejikleriň yrgyldyly hereketi angormonik häsiýete eýedigi sebäpli bölejikleriň özara aradaşlygy üýtgeýär.

Bölejikler biri-birine ýakynlaşanlarynda ýüze çykýan özara çekişme we özara itekleşme güýçler simmetrik däldir. 8.2-nji suratda F_1-bölejikleriň itekleşme güýçleri; F_2- bölejikleriň çekişme güýçleri; F- iki güýjüň bilelikdäki döredýän netijeleýji güýji; r_0-F_1 we F_2 güýçleriň özara deňagramlaşan aralygy. Suratdan görnüşi ýaly bölejikleriň aralygy ýakynlaşdyrylanda ýüze çykýan itekleşme güýçleri çekişme güýçlerinden has çalt artýar. Temperatura artanda bölejikleriň itekleşme güýjüniň çekişme güýçlerinden agdyklyk etmegi metallyň gyzmakdan giňelmekligine getirýär.



8.2-nji surat

Jisimiň gyzmakdan otnositel uzalmasy temperaturanyň Δt üýtgemesine göni proporsionaldyr.

$$\frac{\Delta\ell}{\ell_0} = \alpha\Delta t \qquad (8.1)$$

Bu ýerde α - proporsionallyk koeffisiýenti, jisimiň gyzmakdan uzynlygyna giňelmek koeffisiýentidir.

Gaty jisimiň uzynlygyna giňelmek koeffisiýenti onuň temperaturasy Δt = 1ºS ýokarlandyrylanda başlangyç uzynlygynyň näçe bölegine artýandygyny görkezýär. *[α] = grad $^{-1}$ = K $^{-1}$* ölçenilýär.

α koeffisiýent temperatura bagly üýtgeýär. Şonuň üçin onuň orta bahasy şeýle kesgitlenilýär:

$$\alpha = \frac{\ell - \ell_0}{\ell_0 \cdot (t - t_0)} \tag{8.2}$$

Bu (3) formulanyň esasynda α koeffisiýenti kesgitlemek amalyýetde amatsyz. Amatly görnüşdäki aňlatmany almak üçin sterženiň t_1 we t_2 temperaturalardaky uzynlygyna degişli aňlatmalardan peýdalanmaly. Onda

$$\ell_1 = \ell_0 (1 + \alpha t_1) \tag{8.3}$$

$$\ell_2 = \ell_0 (1 + \alpha t_2) \tag{8.4}$$

(8.4) we (8.3) aňlatmalary gatnaşdyryp alarys.

$$\frac{\ell_1}{\ell_2} = \frac{1+\alpha t_2}{1+\alpha t_2} \qquad \text{ýa-da} \qquad \ell_2 + \ell_2 a t_1 = \ell_1 + \ell_1 a t_2$$

Bu ýerden

$$\alpha = \frac{\ell_2 - \ell_1}{\ell_1 t_2 - \ell_2 t_1} \tag{8.5}$$

Gaty jisimleriň gyzmakdan göwrümine giňelmesi

$$V = V_0 (1 + \beta t) \tag{8.6}$$

formula arkaly aňladylýar.

Bu ýerde β gyzmakdan göwrümine giňelmek koeffisiýenti.

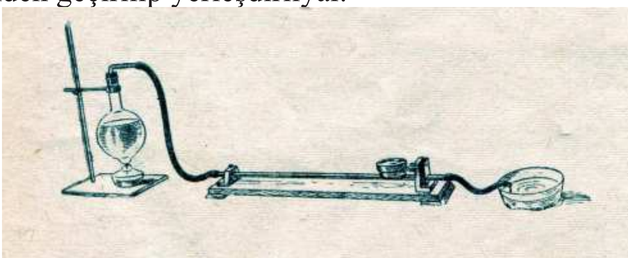
Izotrop gaty jisimler üçin $\beta = 3 \cdot \alpha$ deň bolýar.

1-nji ýumuş

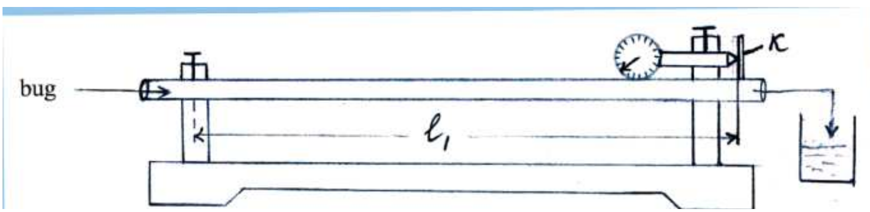
Gurnamanyň gurluşy we işleýiş düzgüni

Gurnamanyň umumy görnüşi (8.3) we (8.4) suratlarda şekillendirilen.

Mendeleýewiň guralynda barlanýan metaldan bejerilen turbajyklar ýörite synada berkidilen iki sany metallik diregleriň deşiklerinden geçirilip ýerleşdirilýär.



8.3-nji surat.



8.4-nji surat.

Sag diregiň gapdalyndaky deşige indikator oturdylyp, hyrly nurbat arkaly gysylyp berkidilýär, çep diregdäki hyrly nurbat bilen turbajyk berkidilýär.

Turbajygyň bir ujuna *k* plastina berkidilen.

Turbajygyň gyzdyrylanda (suw bugy geçirilip) uzalmasy sagat görnüşli indikatoryň kömegi bilen ölçenilýär. Sagat görnüşli indikator 10 *mm*-den uly bolmadyk uzalmany ölçeýän takyk gural hasaplanylýar.

Indikatoryň kiçi we uly görkeziji peýkamjyklary, gyzyl we gara reňkli çyzyklar bilen bölünen san görkezijisi hem-de ölçeýji oky bar.

Uly peýkamjygyň görkezýän bir bölüminiň bahasy 0,01 mm-e deň we uly peýkamjygyň doly bir aýlawy 1 mm-e deň. Şol wagtda kiçi peýkamjyk bir bölüme süýşýär.

Jisimleriň uzalmasy ýa-da gysgalmasy indikatoryň kömegi bilen aşakdaky formulanyň esasynda kesgitlenilýär.

$$\Delta\ell = (n_1 + cn_2)\ mm \qquad (8.7)$$

Bu ýerde n_1 -kiçi peýkamjygyň görkezýän bölümleriniň sany; c -uly peýkamjygyň görkezýän bir bölüminiň bahasy 0,01 mm-e; n_2 -uly peýkamjygyň görkezýän bölümleriniň sany.

Işiň ýerine ýetirilişi

1. Barlanýan turbajygyň ujundaky *K* plastinany sag diregden 3-5 mm aralykda dikligine ýerleşdirip, çep diregdäki hyrly nurbatyň kömegi bilen gysyp berkitmeli. Çyzgyjyň kömegi bilen otag temperaturasynda turbajygyň ℓ_1 uzynlygyny çepki hyrly nurbatyň ortasyndan *K* plastinanyň çep üstüne çenli aralygy 3-5 gezek ölçäp, orta bahasyny kesgitlemeli. Termometriň kömegi bilen otag temperaturasy t_1 ölçemeli.

2. Indikatory kiçi peýkamjygy 1-2 bölüme süýşer ýaly plastina gysyp berkitmeli. Indikatoryň sazlaýjysyny çepe ýa-da saga aýlap uly peýkamjygy “nol” bölüminiň deňine getirmeli.

3. Kolbanyň 3/4 bölegini suwdan dolduryp elektrik gyzdyryjynyň üstüne goýup, gaýnaýança gyzdyrmaly we emele gelýän bug turbajykdan geçip gyzdyrmaly. Suwuň gaýnamak temperaturasyny $t_2 = 100^\circ$C-a deň diýip almaly. Indikatoryň peýkamjygy süýşmesini bes edýänçä bug geçirmeli (15-20 min).

4. Tejribede iki turbajyk hem bir wagtlaýyn gyzdyrylýandygy üçin iki indikatoryň görkezmesi ölçenilýär. Soňra (8.7) deňligiň esasynda $\Delta\ell$ hasaplanylýar. Turbajyk gyzandan soňky uzynlygy $\ell_2 = \ell_1 + \Delta\ell$ deň. Ölçegiň netijelerini (8.5) formula goýup, α koeffisiýenti hasaplamaly, soňra β hasaplamaly. Tejribäni üç gezek gaýtalamaly.

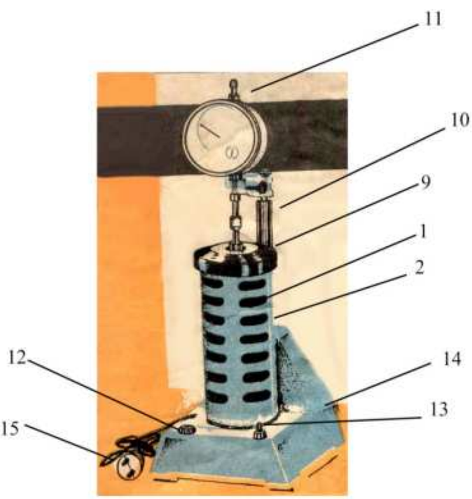
Ölçegleriň we hasaplamalaryň netijelerini tablisa geçirmeli.

Steržen	T/b	ℓ_1 m	n_1	n_2	$\Delta\ell$ m	ℓ_2 m	t K	α 1/K	β 1/K
Latun	1								
	2								
	3								
Polat	1								
	2								
	3								

2-nji ýumuş

Gurnamanyň gurluşy we işleýiş düzgüni

Barlanýan gaty jisim aýna turbajykdaky (probirka) suwda gyzdyrylýar. Işde 0,16 m başlangyç uzynlykly polat, alýuminiý we aýna sterženleriň gyzmakdan uzynlygyna giňelme koeffisiýentleri kesgitlenilýär. Gaty jisimler gyzdyrylanda uzynlygynyň otag temperaturasyndaky uzynlygy bilen deňeşdirilendäki üýtgemesi takyk indikatoryň kömegi bilen ölçenilýär.



8.5-nji surat

Abzalyň synasy goraýjy (2) gutynyň içinde ýerleşdirilýär. Gutynyň içinde (4) direg we (5) gapak arkaly merkezde ýerleşen (3) gyzdyryjy oturdylan. Tejribe geçirilende (7) aýna turbajyk gyzdyryjynyň içinde ýerleşdirilýär.

Abzalda gapdal diregli (10) söýeg (9) oturdylan. Bu gapdal diregde (11) indikator ýerleşdirilýär we ol direg 90º burç aralygynda aýlanyp bilinýär.

Abzalyň öň tarapynda indikator çyrajyk (12) we düwmeli ýazdyryjy (13) ýerleşen, onuň yz tarapynda bolsa, ýere birikdirmek üçin hyrly nurbat (14) ýerleşdirilen. Abzal (15) birleşdiriji geçiriji arkaly 220 W naprýaženiýeli çeşmä birikdirilýär.

Işiň ýerine ýetirilişi

1. Abzalyň aýna gaplarynyň 1/2 bölegine otag temperaturaly suw guýmaly. Aýna gabyň içine togalak tarapyny aşak edip, barlanýan gaty jisimi ýerleşdirmeli.

2. Aýna gabyň (probirkadaky) içindäki suwuň temperaturasyny ölçemeli

3. Abzaly tok çeşmesine birleşdirmeli.

4. Aýlanýan gapdal diregde indikatory ýerleşdirmeli.

5. Indikatoryň okuny sterženiň çukurjagazyna düşer ýaly edip ýerleşdirmeli.

6. Indikatoryň görkezýän sanyny bellemeli (birinji tejribe üçin nolunjy bellikde goýmaly).

7. Abzaly utgaşdyryjy-ýazdyryjy düwme arkaly toga birleşdirmeli. Suw gaýnanda, barlanýan gaty jisimiň temperaturasy suwuň gaýnama temperaturasyna deň bolýar. Jisimiň uzynlygynyň artmasyny indikatoryň başlangyç ýagdaýdan gyşarmasy bilen kesgitlenilýär.

8. Beýleki gaty jisimler bilen hem tejribäni dowam etmek üçin düwmeli utgaşdyryjy-ýazdyryjynyň kömegi bilen abzaly tok çeşmesinden aýyrmaly.

9. Abzaldaky gyzgyn aýna gaby (probirkany) çykarmaly we sowadyp, suwuny täzelemeli.

10. Beýleki gaty jisimler bilen hem tejribäni yzygiderlilikde gaýtalamaly.

11. Ähli barlanýan gaty jisimleriň gyzmakdan uzynlygyna giňelme koeffisiýentini aşakdaky formula boýunça hasaplamaly:

$$\alpha = \frac{\Delta\ell}{\ell_1 t_2 - \ell_2 t_1}$$

Bu ýerde $\Delta\ell = \ell_2 - \ell_1$ deň, ℓ_1 - gaty jisimiň t_1 otag temperaturasyndaky uzynlygy (0,16 m); ℓ_2 – gaty jisimiň t_2 suwuň gaýnama temperaturasyndaky ($t_2 = 100$℃) uzynlygy ($\ell_2 = \ell_1 + \Delta\ell$)

Indikatoryň kiçi peýkamjygy doly bir aýlow etmese ($n_1 = 0$), gaty jisimiň uzynlygynyň üýtgemesini kesgitläp bolýar.

Onuň üçin $\Delta\ell = cn_2$ aňlatmadan peýdalanmaly. c-uly peýkamjygyň bir bölüminiň bahasy *0,01mm-e* deň; n_2 -uly peýkamjygyň görkezýän bölümleriniň sany.

Tejribede we hasaplamalarda alnan netijeleri tablisa geçirmeli.

Madda	T/b	ℓ_1 m	n_2	$\Delta\ell$ m	ℓ_2 m	t_1 ºC	α 1/K
Aýna	1						
	2						
	3						
Alýuminiý	1						
	2						
	3						

Barlag üçin soraglar

1. Kristallik we amorf gaty jisimleriň esasy häsiýetleri.
2. Polikristallik gaty jisimleriň häsiýetleri.
3. Gaty jisimleriň gyzmakdan giňelmesiniň molekulýar-kinetik nukdaý-nazardan düşündirilişi.
4. Näme üçin aýna stakana gyzgyn suw guýlanda döwülýär?
5. Gaty jisimleriň gyzmakdan giňelme koeffisiýentini bilmegiň nähili amaly ähmiýeti bar?

9-njy tejribe işi

Bug emele gelmegiň udel ýylylygyny kesgitlemek.

Gerekli enjamlar:

1. Kalorimetr.
2. Bug beriji kolba.
3. Bug guradyjy kolba.
4. Elektrik gyzdyryjy.
5. Terezi we çeküw daşlary.

Gysgaça nazary maglumatlary.

Maddanyň suwuk haldan gaz halyna geçme hadysasyna bugarma diýilýär. Bugarma suwuklygyň erkin üstünde bolýar we suwuklykdan uçup çykan molekulalar suwuklygyň erkin üstüniň ýokarsynda bug örtügini emele getirýärler. Bugarmany amala aşyrmak üçin, ýagny suwuklygyň içindäki molekulalaryň suwuklygyň üstüni taşlap gitmegi üçin, suw molekulasynyň goňşy molekulalaryň özara çekişme güýjüni we daşky atmosfera basyş güýjüni ýeňip geçmegi zerurdyr (daşky basyş suwuklygyň molýar göwrüminiň buguň molýar göwrüminden kiçiligi sebäpli ýüze çykýar).

Adaty şertlerde suwuklygyň ähli molekulalary molekulýar güýçleri we daşky basyş güýjüni ýeňmäge ukyply bolmaýar. Kinetik energiýasy ýeterlik uly bolan molekulalar suwuklygyň üst gatlagyndan uçup çykmaklyga ukyply bolýarlar. Uly kinetik energiýaly suwuklyk molekulalarynyň bug halyna geçmegi bilen suwuklyk halynyň energiýasy azalýar, başgaça aýdanymyzda, bugarma sebäpli suwuklyk sowaýar. Bugarma netijesinde suwuklygyň ýitirýän energiýasyna deň bolan ýylylyk mukdaryny bermeli. Bugarma netijesinde suwuklygyň ýitirýän energiýasy temperatura we basyşa bagly bolýar.

Hemişelik temperaturada (izotermik), suwuklygyň doýan bugunyň basyşynda suwuklygyň birlik massasyny buga öwürmek üçin sarp bolýan ýylylyk mukdaryna bug emele gelmegiň udel ýylylygy diýilýär. Suw üçin 100^0C temperaturada we 1 atm. basyşda bug emele gelmegiň udel ýylylygy kesgitlenilýär.

Bug emele gelmeginiň udel ýylylygyna deň bolan ýylylyk mukdary buguň suwuklyga öwrülmeginde (kondensirlenmeginde) bölünip çykýar. Suwuň gaýnap duran pursatynda onuň temperaturasy üýtgemeýär (gaýnama bu suwuklygyň bütin göwrümi boýunça bugarmasydyr). Sebäbi suwuklyk molekulalarynyň bugarmasy bilen suwuklygyň ýitirýän energiýasy oňa berilýän ýylylyk mukdaryna deň bolýar.

Suwuklygyň hemişelik temperaturada we hemişelik basyşda buga öwrülmegi üçin sarp bolýan ýylylygy kesgitlemegiň dürli usullary peýdalanylýar. Olaryň iň ýönekeýi kalorimetrik usuldyr. Bu usulyň takyklygy pes bolsa-da, hadysa göz ýetirmek üçin has oňaýly usullaryň biri hasaplanylýar. Kalorimetrik usulda bug emele gelmesiniň udel ýylylygy ýylylyk balansynyň deňlemesinden getirilip çykarylýar. Kalorimetrdäki suwa kesgitli mukdardaky bug girizilende, ýylylyk balansynyň deňlemesi aşakdaky görnüşe eýe bolýar:

$$Q_1 + Q_2 = Q_3 + Q_4 \tag{9.1}$$

Bu ýerde Q_1-kalorimetrdäki suwuklyga girizilen buguň kondensirlenmesinde bölünip çykýan ýylylyk mukdary; Q_2-suwuk hala geçen buguň kalorimetrdäki (soňky durnukly) gutarnykly temperaturasyna çenli sowamasynda bölünip çykýan ýylylyk mukdary; Q_3-kalorimetrdäki suwuň alýan ýylylyk mukdary; Q_4-kalorimetriň synasynyň alýan ýylylyk mukdary.

$$Q_1 = m_b L \tag{9.2}$$

Bu ýerde m_b- kalorimetrdäki suwa girizilen buguň massasy; L-suwuň bug emele gelmeginiň udel ýylylygy (kondensirlenmesinde bölünip çykýan ýylylyk mukdary).

$$Q_2 = m_b c_s (t_2 - \theta) \tag{9.3}$$

Bu ýerde m_b- kondensirlenen buguň massasy; c_s- suwuň udel ýylylyk sygymy; θ-kalorimetriň we ondaky suwuň ahyrky (soňky) temperaturasy.

$$Q_3 = m_s c_s (\theta - t_1) \tag{9.4}$$

Bu ýerde m_s-kalorimetrdäki suwuň massasy; c_s- suwuň udel ýylylyk sygymy; θ-kalorimetriň we ondaky suwyň ahyrky temperaturasy; t_1- kalorimetriň we ondaky suwuň başlangyç temperaturasy.

$$Q_4 = m_k c_k (\theta - t_1) \qquad (9.5)$$

Bu ýerde m_k- kalorimetriň massasy; c_k-kalorimetriň udel ýylylyk sygymy.

(9.2), (9.3), (9.4) we (9.5) aňlatmalardan Q_1, Q_2, Q_3 we Q_4 ululyklaryň bahasyny (9.1)-de ornuna goýup alarys:

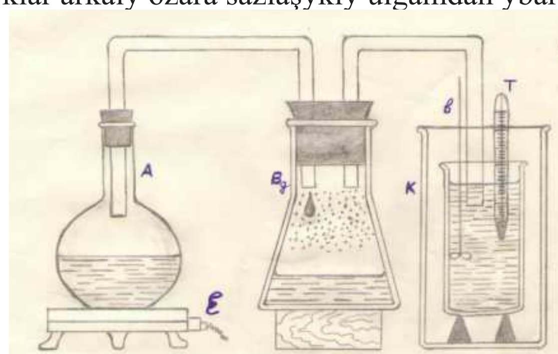
$$m_b L + m_b c_s (t_2 - \theta) = m_s c_s (\theta - t_1) + m_k c_k (\theta - t_1)$$

Bu ýerden bug emele gelmesiniň udel ýylylygy üçin aňlatmany alarys :

$$L = \frac{1}{m_b}\left[m_s c_s (\theta - t_1) + m_k c_k (\theta - t_1) - m_b c_s (t_2 - \theta)\right] \qquad (9.6)$$

Gurnamanyň gurluşy

Gurnama göwrüminiň $\frac{2}{3}$ bölegine çenli suw guýlan kolbadan *(A),* elektrik gyzdyryjydan *(Ç),* bug guradyjy kolbadan *(B),* kalorimetrden *(K),* we termometrden *(T)* ybarat bolup, suratdaky ýaly aýna turbajyklar arkaly özara sazlaşykly ulgamdan ybarat.



9.1-nji surat.

Işiň ýerine ýetirilişi

1. Gurnama öwrenilenden soň, A kolba suw guýup, elektrik gyzdyryjynyň üstüne goýup, aýna turbajyklaryň jebis oturdylandygyny barlamaly.

2. Kalorimetriň bulawaç bilen bilelikdäki massasyny m_k ölçemeli.

3. Kalorimetre *100-150 g* töweregi suw guýup, *0,01 g* takyklykda terezide ölçemeli we ony m' bilen belgilemeli. Soňra $m_1 = m' - m_k$ tapawudyň üsti bilen suwuň massasy kesgitlemeli.

4. Suwuň we kalorimetriň başlangyç t_1 temperaturasyny ölçäp ýazmaly.

5. Elektrik gyzdyryjyny tok çeşmesine birleşdirmeli we B-kolbadaky turbajykdan güýçli bug akymynyň çykmagyny gazanmaly. $t_2=100^0$ C deň diýip kabul etmeli.

6. Bug akymy çykýan turbajygy *K* kalorimetre batyryp ondaky suwy bulawaç bilen garyşdyryp durmaly. Kalorimetrdäki suwuň temperaturasy *10-15*^{0}C ýokarlanýança garaşmaly (20 minut çemesi).

7. Elektrik gyzdyryjyny tokdan aýryp, kalorimetrdäki termometriň kömegi bilen suwuň ahyrky θ temperaturasyny ölçemeli.

8. Kalorimetri terezide çekip, m^n massasyny ölçemeli. $m=m^n-m'$ tapawut esasynda kondensirlenen suwuň massasyny tapmaly.

9. Tablisadan c_s we c_k tapyp we tejribeden alnan netijelerden peýdalanyp, (9.6) aňlatma arkaly *L* - i hasaplamaly. Alnan netijeleri tablisa geçirmeli.

T/b	m_1 kg	m_k kg	m' kg	m^n kg	c_s $\frac{J}{kg \cdot K}$	c_k $\frac{J}{kg \cdot K}$	t_1 ^{0}C	t_2 ^{0}C	Θ ^{0}C	L $\frac{J}{kg}$	ΔL $\frac{J}{kg}$	$\frac{\Delta L}{L} \cdot 100\%$
1												
2												
3												

Barlag üçin soraglar:

1. Bugarma we kondensirlenme hadysalaryny molekulýar kinetik nazaryýeti esasynda nähili düşündirmeli?
2. Suwuklygyň gaýnamasy bugarmadan näme bilen tapawutlanýar?
3. Şol bir temperaturada bugarma we kondensirlenme udel ýylylyklary deňmi? Näme üçin?
4. Bug emele gelme ýylylygy nämelere sarp bolýar?

10-njy tejribe işi

Gaty jisimleriň ýylylyk geçirijilik keoffisiýentini kesgitlemek.

Gerekli enjamlar:

1. Ýörite gurnama.
2. Termometr.
3. Sekundomer.
4. Barlanýan jisimler.
5. Terezi we çeküw daşlary.
6. Bug beriji gurnama.

Gysgaça nazary maglumatlary

Eger gaty jisimiň dürli bölekleriniň temperaturalary tapawutlanýan bolsa, onda ýylylyk ýokary temperaturaly bölekden pes temperaturaly bölege geçer. Gaty jisimlerde ýylylyk diňe ýylylyk geçirijilik arkaly amala aşýar. Gaty jisim kristallik gözeneginiň düwünleri bilen gabat gelýän deňagramly ýagdaýyň töwereginde yrgyldyly hereket edýän bölejikleriň toplumyndan durýar. Kristallarda ýylylyk yrgyldysynyň energiýasy bir düwünden beýlekisine maýyşgak tolkunlar görnüşinde ýaýramak arkaly geçirilýär.

Emma tejribelerden görnüşi ýaly, kristallik dielektrikleriň ýylylyk geçirijiligi kiçidir. Sebäbi kristallik gözenegiň düwünlerindäki bölejikleriň angarmoniki yrgyldylary ýylylyk tolkunlarynyň gowşamagyna, olaryň ýaýrama ugrunyň üýtgemegine getirýär.

Şeýlelikde, kristal dielektrikleriň temperaturasy artanda ýylylyk geçirijiligi kiçelýär.

Gaty jisimiň ýylylyk geçirijiligiň kwant nazaryýeti fonon düşünjesine esaslanýar. Fononlar gaty jisimlerde ýylylyk geçirijiligi amala aşyrýarlar. Her bir fonon ýagtylyk kwanty (foton) ýaly $h\nu$ energiýa eýe bolýar. Fononyň kristalda ýaýrama tizligi sesiň ýaýrama tizligine deňdir.

Gaty jisime fonon gazy bilen doldurylan gap hökmünde seretmek mümkin. Onda fonon gazynyň ýylylyk geçirijilik koeffisiýenti hyýaly gazyňka meňzeşlikde kesgitlenip bilner:

$$\chi = \frac{1}{3}\rho \cdot c_V \, \bar{\ell} \upsilon_s \qquad (10.1)$$

Bu ýerde ρ- gaty jisimiň dykyzlygy, c_V - onuň udel ýylylyk sygymy, $\bar{\ell}$ - gaty jisimlerde fononlaryň erkin geçýän ýolunyň orta uzynlygy, υ_s - gaty jisimde sesiň ýaýrama tizligi.

Fononlaryň erkin geçýän ýolunyň orta uzynlygy $\bar{\ell}$- nyň absolýut temperatura ters proporsionaldygyna görä, gaty jisimiň ýylylyk geçirijilik koeffisiýenti hem absolýut temperatura ters proporsionaldyr:

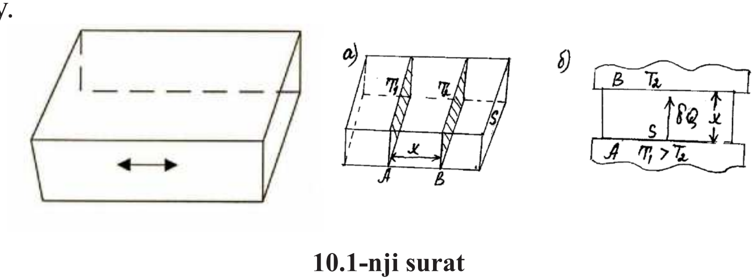
$$\chi = \frac{a}{T} \qquad (10.2)$$

Durnukly ýylylyk çalyşma hadysasy Furýeniň kanuny arkaly aňladylýar.

(*1-nji a surat*)

$$\delta Q = -\chi \frac{T_2 - T_1}{x} s d\tau = \chi \frac{T_1 - T_2}{x} s d\tau \qquad (10.3)$$

Bu ýerde χ - ýylylyk geçirijilik koeffisiýenti; $T_1 - T_2$ A we B kese-kesikleriň temperaturalary; s - jisimiň kese-kesiginiň meýdany.



10.1-nji surat

$\frac{T_2 - T_1}{x}$ - ululyk ýylylygyň geçýän ugruna ters ugrukdyrylan uzynlyk birligine düşýän temperaturanyň üýtgemesi. Oňa temperatura gradiýenti hem diýilýär.

T_1 temperaturaly ýylylyk geçirijiligi x galyňlykly gaty jisimler arkaly kalorimetre berilýän elementar ýylylyk mukdary aşakdaky ýaly kesgitlenilýär:

$$\Delta Q = \left(m_1c_1 + m_2c_2\right)\Delta T \quad \text{ýa-da} \quad \delta Q = \left(m_1c_1 + m_2c_2\right)dT \qquad (10.4)$$

Bu ýerde m_1 we c_1 - degişlilikde kalorimetrdäki suwuň massasy we udel ýylylyk sygymy; m_2 we c_2 - boş kalorimetriň bulawaç bilen bilelikdäki massasy we udel ýylylyk sygymy; ΔT- galtaşan üstleriň temperaturalarynyň tapawudy.

Indi (10.3) we (10.4) formulalary deňleşdirip alarys:

$$\left(m_1c_1 + m_2c_2\right)dT = \frac{\chi \cdot s}{x}\left(T_1 - T_2\right)\cdot d\tau \qquad (10.5)$$

Bu ýerde dT - dτ wagta kalorimetriň temperaturasynyň üýtgemesi.

Onda

$$\left(m_1c_1 + m_2c_2\right)\cdot x\frac{dT}{T_1 - T_2} = \chi \cdot s d\tau \qquad (10.6)$$

(10.6)-njy aňlatmany wagt 0-dan t-çenli we temperatura T_0-dan T-e çenli üýtgeýär diýip hasap edip integrirlesek,

$$\left(m_1c_1 + m_2c_2\right)\cdot x\int_{T_0}^{T}\frac{dT}{T_1 - T_2} = \chi \cdot s\int_0^{\tau} d\tau$$

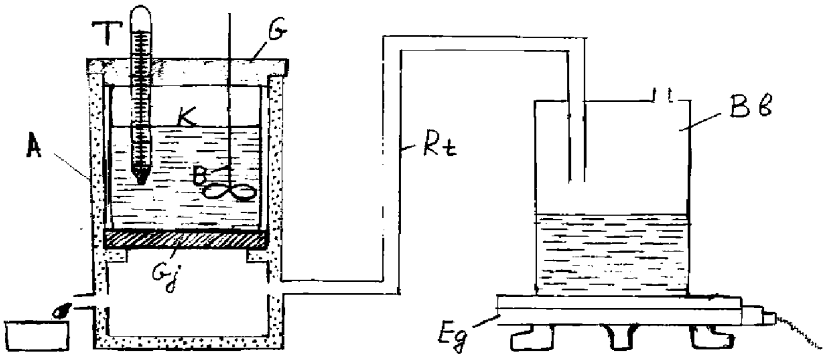
$$\left(m_1c_1 + m_2c_2\right)\cdot x\ln\left(\frac{T_1 - T_0}{T_1 - T}\right) = \chi \cdot s\tau$$

Onda bu ýerden χ-üçin aňlatmany alarys:

$$\chi = \frac{\left(m_1c_1 + m_2c_2\right)\cdot x}{s\cdot\tau}\ln\left(\frac{T_1 - T_0}{T_1 - T}\right) \qquad (10.7)$$

Gurnamanyň gurluşy

Ýylylyk geçirijilik koeffisiýenti kesgitlemek üçin niýetlenilen gurnama 10.2 - nji suratda şekillendirilen.



2-nji surat

Gurnamanyň esasy bölegi özboluşly gurluşa eýe bolan gapdan ybarat. A-gap iki gatdan ybarat bolýar. Onuň aşaky gaty ýylylyk geçirijilik koeffisiýenti kesgitlenilýän gaty jisimiň *(Gj)* aşaky bölegini bug akymy bilen gyzdyrmak üçin hyzmat edýär. Gaty jisim birinji we ikinji gatlaryň arasynda aşaky gatyň gapagy ýokarky gatyň düýbi bolup hyzmat edýär. *A* gabyň ýokarky gatynda ýylylyk geçirijilik koeffisiýenti kesgitlenilýän gaty jisimiň üstünde kalorimetr *(k)* ýerleşdirilýär. *A* gabyň ýokarky gatynyň gapagy termometr *(T)* we bulawaç *(B)* ýerleşdirmek üçin ýörite berkidijiler bilen üpjün edilen. *A* gabyň aşaky böleginden akdyrylýan suw bugy ýörite bug beriji *(Bb)* kolbadan rezin turbalar *(Rt)* arkaly akdyrylýar. Bug beriji kolba elektrik gyzdyryjy *(Eg)* arkaly gyzdyrylýar.

Işiň ýerine ýetirilişi

1. Bulawaçly kalorimetriň m_2 massasyny tehniki terezide ölçemeli.

2. Kalorimetriň *2/3* bölegine suw guýup, onuň m_1 massasyny kesgitlemeli.

3. Ýylylyk geçirijilik koeffisiýenti kesgitleňän disk görnüşli jisimiň *x* galyňlygyny we *d* diametrini ştangensirkul bilen *0,1 mm*

takyklykda ölçemeli. Onuň bir tarapynyň üstüniň meýdany $s = 0,25 \pi d^2$ formula boýunça hasaplanylýar.

4. Gurnamany çyzgyda görkezilişi ýaly ýygnamaly. Onuň üçin suwly kalorimetriň aşaky üsti gaty jisimiň *(Gj)* üsti bilen gowy galtaşar ýaly ýerleşdirmeli. Kalorimetriň gapagyndaky deşikden termometriň suwuklykly togalajyk bölegi suw sütüniniň orta beýikliginde ýerleşer ýaly edip oturtmaly.

5. Elektrik gyzdyryjyny *220 W* çeşmä birikdirmeli. Kalorimetriň T_0 başlangyç temperaturasyny ölçäp ýazmaly. Şol bir wagtda sekundomeri işletmeli we *20 min* geçen soň, suwly kalorimetriň ahyrky T temperaturasyny ölçemeli. Şeýle ölçegler geçirilende, kalorimetrdäki suwy dyngysyz bulawaç bilen garyşdyryp durmaly.

6. Ölçeg we hasaplama netijeleri tablisa ýazmaly. Hasaplamalary HU-nyň birliginde geçirmeli. Soňra (10.7) formula boýunça χ koeffisiýenti hasaplamaly. Tejribäni her bir barlanýan nusga üçin 3-4 gezek geçirmeli.

7. c_1 we c_2 ululyklary san bahalarynyň ýörite tablisadan almaly.

8. Geçirilen ölçegleriň esasynda χ koeffisiýentiň orta bahasyny, absolýut we otnositel ýalňyşlygyny kesgitlemeli.

T/b	Gaty jisim	m_1	c_1,	m_2,	c_2,	x,	s,	T_1,	T_0,	T,	χ ,	$\Delta\chi$,
		kg	$\frac{J}{kg \cdot K}$	kg	$\frac{J}{kg \cdot K}$	m	m^2	K	K	K	$\frac{Wt}{m \cdot K}$	$\frac{Wt}{m \cdot K}$
1												
2												
3												

Barlag üçin soraglar

1. Ýylylyk geçirijilik hadysasyny molekulýar-kinetik nukdaýnazardan düşündirmeli.
2. Ýylylyk geçirijilik arkaly geçýän ýylylyk mukdary haýsy deňleme bilen kesgitlenilýär?
3. χ ululygyň fiziki manysyny düşündiriň.
4. Işiň ýerine ýetirilişini düşündiriň.
5. Temperatura gradiýenti diýip nämä aýdylýar?

KÄBIR MATEMATIKI MAGLUMATLAR

Algebranyň we trigonometriýanyň käbir aňlatmalary

$$x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \qquad x_{1,2} = -\frac{P}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{P}{2}\right)^2 - q}$$

$$z = a + ib \qquad z^* = a - ib$$

$$z = \rho\left(\cos\varphi + i\sin\varphi\right) \qquad z^* = \rho\left(\cos\varphi - i\sin\varphi\right)$$

$$z = \rho\exp\left(i\varphi\right) \qquad z^* = \rho\exp\left(-i\varphi\right)$$

$$|z| = \rho = \sqrt{a^2 + b^2} \qquad zz^* = |z|^2$$

$$\sin\left(x + y\right) = \sin x\cos y + \sin y\cos x$$

$$\cos\left(x + y\right) = \cos x\cos y - \sin x\sin y$$

$$\sin\left(x - y\right) = \sin x\cos y - \sin y\cos x$$

$$\cos\left(x - y\right) = \cos x\cos y + \sin x\sin y$$

$$\sin 2x = 2\sin x\cos x \qquad \cos 2x = \cos^2 x - \sin^2 x$$

$$\sin^2 x = \frac{1}{2}\left(1 - \cos 2x\right) \qquad \cos^2 x = \frac{1}{2}\left(1 + \cos 2x\right)$$

$$\sin ax\sin bx = \frac{1}{2}\cos\left(a - b\right)x - \frac{1}{2}\cos\left(a + b\right)x$$

$$\sin ax\cos bx = \frac{1}{2}\sin\left(a + b\right)x + \frac{1}{2}\sin\left(a - b\right)x$$

Differensial we integral hasaplama formulalary

$$\frac{d(U\upsilon)}{dx}=\upsilon\frac{dU}{dx}+U\frac{d\upsilon}{dx}$$

$$\frac{d\left(\frac{U}{\upsilon}\right)}{dx}=\frac{\upsilon\frac{dU}{dx}-U\frac{d\upsilon}{dx}}{\upsilon^2}$$

$$\frac{d\left(x^m\right)}{dx}=mx^{m-1}$$

$$\frac{d(\exp(x))}{dx}=\exp(x)$$

$$\frac{d(\ell nx)}{dx}=\frac{1}{x}$$

$$\frac{d\left(a^x\right)}{dx}=a^x\ell na$$

$$\frac{d(\cos x)}{dx}=-\sin x$$

$$\frac{d(\sin x)}{dx}=\cos x$$

$$\frac{d(ctgx)}{dx}=-\frac{1}{\sin^2 x}$$

$$\frac{d(tgx)}{dx}=\frac{1}{\cos^2 x}$$

$$\int x^m dx=\frac{1}{m+1}x^{m+1}+c \quad (m\neq -1)$$

Takmynan hasaplamak üçin formulalar

Eger a<1 onda hasaplamalarda aşakdaky formulalardan peýdalanmaly

$$\frac{1}{1\pm a}\approx 1\mp a;$$

$$\frac{1}{\sqrt{1\pm a}}\approx 1\mp\frac{1}{2}a$$

$$(1\pm a)^2\approx 1\pm 2a\,;$$

$$\exp(a)\approx 1+a$$

$$\sqrt{1\pm a}\approx 1\pm\frac{1}{2}a;$$

$$\ell n(1+a)=a$$

Eger α burç kiçi ($\alpha < 5^0$ ýa-da $\alpha < 0{,}1 rad$) we radianlarda aňladylan bolsa, onda

$$\sin\alpha \approx tg\alpha \approx \alpha; \qquad \cos\alpha \approx 1$$

Trigonometrik funksiýalar

Burçlar	**Radianlar**	**sin**	**cos**		
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
0^0	0	0	1	1,5708	90^0
1	0,0175	0,0175	0,9998	1,5533	89
2	0349	0349	9994	1,5359	88
3	0524	0523	9986	1,5184	87
4	0698	0698	9976	1,5010	86
5	0,0873	0,0875	0,9962	1,4835	85
6	1047	1051	9945	1,4661	84
7	1222	1228	9925	1,4486	83
8	1396	1405	9903	1,4312	82
9	1571	1584	9877	1,4137	81
10	0,1745	0,1763	0,9848	1,3963	80
11	1920	1944	9816	1,3788	79
12	2094	2126	9781	1,3614	78
13	2269	2309	9744	1,3439	77
14	2443	2493	9703	1,3265	76
15	0,2618	0,2679	0,9659	1,3090	75
16	2793	2867	9613	1,2915	74
17	2967	3057	9563	1,2741	73
18	3142	3249	9511	1,2566	72
19	3316	3443	9455	1,2392	71
20	0,3491	0,3640	0,9397	1,2217	70

1	2	3	4	5	6
21	3665	3839	9336	1,2043	69
22	3840	4040	9272	1,1868	68
23	4014	4245	9205	1,1694	67
24	4189	4452	9135	1,1519	66
25	0,4363	0,4663	0,9063	1,1345	65
26	4538	4877	8988	1,1170	64
27	4712	5095	8910	1,0996	63
28	4887	5317	8829	1,0821	62
29	5061	5543	8746	1,0647	61
30	0,5236	0,5774	0,8660	1,0427	60
31	5411	6009	8572	1,0297	59
32	5585	6249	8480	1,0123	58
33	5760	6494	8387	0,9948	57
34	5934	6745	8290	9774	56
35	0,6109	0,7002	0,8192	0,9599	55
36	6283	7265	8090	9425	54
37	6458	7536	7986	9250	53
38	6632	7813	7880	9076	52
39	6807	8098	7771	8901	51
40	0,6981	0,8391	0,7660	0,8727	50
41	7156	8693	7547	8552	49
42	7330	9004	7431	8377	48
43	7505	9325	7314	8203	47
44	7679	9656	7193	8029	46
45	7854	1,0000	7071	7854	45
		sin	**cos**	**Radianlar**	**Burçlar**

Sanlaryň kwadraty (n^2); kwadrat kökler $(\sqrt{n})$; ters ululyklar $\left(\frac{1}{n}\right)$; $\frac{\pi n}{180}$ burçlary gradus ölçeginde radianlara geçirmek üçin

n	(n^2)	$(\sqrt{n})$	$\left(\frac{1}{n}\right)$	$\frac{\pi n}{180}$
1	**2**	**3**	**4**	**5**
1	1	1,000	1,0000	0,0175
2	4	1,414	0,5000	0,0349
3	9	1,732	0,3333	0,0524
4	16	2,000	0,2500	0,0698
5	25	2,236	0,2000	0,0873
6	36	2,449	0,1667	0,1047
7	49	2,646	0,1429	0,1222
8	64	2,828	0,1250	0,1396
9	81	3,000	0,1111	0,1571
10	100	3,162	0,1000	0,1745
11	121	3,317	0,0909	0,1920
12	144	3,464	0,0833	0,2094
13	169	3,606	0,0769	0,2269
14	196	3,742	0,0714	0,2443
15	225	3,837	0,0667	0,2618
16	256	4,000	0,0625	0,2793
17	289	4,123	0,0588	0,2967
18	324	4,243	0,0556	0,3142
19	361	4,359	0,0526	0,3316
20	400	4,472	0,0500	0,3491
21	441	4,583	0,0476	0,3665
22	484	4,690	0,0455	0,3840
23	529	4,796	0,0435	0,4014
24	576	4,899	0,0417	0,4189

1	2	3	4	5
25	625	5,000	0,0400	0,4363
26	676	5,099	0,0385	0,4538
27	729	5,196	0,0370	0,4712
28	784	5,292	0,0357	0,4887
29	841	5,385	0,0345	0,5061
30	900	5,477	0,0333	0,5236
31	961	5,568	0,0323	0,5411
32	1024	5,657	0,0313	0,5585
33	1089	5,745	0,0303	0,5760
34	1156	5,831	0,0294	0,5934
35	1225	5,916	0,0286	0,6109
36	1296	6,000	0,0278	0,6283
37	1369	6,083	0,0270	0,6458
38	1444	6,164	0,0263	0,6632
39	1521	6,245	0,0256	0,6807
40	1600	6,325	0,0250	0,6981
41	1681	6,403	0,0244	0,7156
42	1764	6,481	0,0238	0,7330
43	1849	6,557	0,0233	0,7505
44	1936	6,633	0,0227	0,7679
45	2025	6,708	0,0222	0,7854
46	2116	6,782	0,0217	0,8029
47	2209	6,856	0,0213	0,8203
48	2304	6,928	0,0208	0,8378
49	2401	7,000	0,0204	0,8552
50	2500	7,071	0,0200	0,8727
51	2601	7,141	0,0196	0,8901
52	2704	7,211	0,0192	0,9076
53	2809	7,280	0,0189	0,9250

1	2	3	4	5
54	2916	7,348	0,0185	0,9425
55	3025	7,416	0,0182	0,9599
56	3136	7,483	0,0179	0,9774
57	3249	7,550	0,0175	0,9948
58	3364	7,616	0,0172	1,0123
59	3481	7,681	0,0169	1,0297
60	3600	7,746	0,0167	1,0472
61	3721	7,810	0,0164	1,0650
62	3844	7,874	0,0161	1,0820
63	3969	7,937	0,0159	1,1000
64	4096	8,000	0,0156	1,1170
65	4225	8,062	0,0154	1,1340
66	4356	8,124	0,0152	1,1520
67	4489	8,185	0,0149	1,1690
68	4624	8,246	0,0147	1,1870
69	4761	8,307	0,0145	1,2040
70	4900	8,367	0,0143	1,2220
71	5041	8,426	0,0141	1,2390
72	5184	8,485	0,0139	1,2570
73	5329	8,544	0,0137	1,2740
74	5476	8,602	0,0135	1,2920
75	5625	8,660	0,0133	1,3090
76	5776	8,718	0,0132	1,3260
77	5929	8,775	0,0130	1,3440
78	6084	8,832	0,0128	1,3610
79	6241	8,888	0,0127	1,3790
80	6400	8,944	0,0125	1,3960
81	6561	9,000	0,123	1,4140
82	6724	9,055	0,0122	1,4310
83	6889	9,110	0,0120	1,4490

1	2	3	4	5
84	7056	9,165	0,0119	1,4660
85	7225	9,220	0,0118	1,4840
86	7396	9,274	0,0116	1,501
87	7569	9,327	0,0115	1,518
88	7744	9,381	0,0114	1,536
89	7921	9,434	0,0112	1,5530
90	8100	9,487	0,0111	1,5710
91	8281	9,539	0,0110	1,5880
92	8464	9,592	0,0109	1,6060
93	8649	9,644	0,0108	1,6230
94	8836	9,695	0,0106	1,6410
95	9025	9,747	0,0105	1,6580
96	9216	9,798	0,0104	1,6760
97	9409	9,849	0,0103	1,6930
98	9604	9,899	0,0102	1,7110
99	9801	9,950	0,0101	1,7280
100	10000	10,000	0,0100	1,7450

Fiziki ululyklaryň ölçeg birlikleri barada maglumatlar

Halkara birlikler ulgamynda hususy atlary bolan fiziki ululyklar

Ululyk	Ölçeg birligi		
	ady	belgisi	
		türkmençe	halkara
1	2	3	4
Uzynlyk	metr	m	m
Massa	kilogram	kg	kg
Wagt	sekunt	s	s
Tekiz burç	radian	rad	rad
Jisim burç Güýç, agram	steradian nýuton	sr N	sr N

1	2	3	4
Basyş	paskal	Pa	Pa
Zor (mehaniki)	paskal	Pa	Pa
Maýyşgaklyk moduly	paskal	Pa	Pa
Maddanyň mukdary	mol	mol	mol
Iş, energiýa	joul	J	J
Kuwwat	watt	Wt	W
Ýygylyk	gers	Gs	Hz
Temperatura	kelwin	K	K
Ýylylyk mukdary	joul	J	J
Elektrik zarýady	kulon	Kl	C
Tok güýji	amper	A	A
Elektrik meýdanynyň potensialy			
Naprýaženiýesi	wolt	W	V
Elektrik sygymy	farad	F	F
Elektrik garşylygy	om	Om	Ω
Elektrik geçirijiligi	simens	Sm	S
Magnit induksiýasy	tesla	Tl	T
Magnit akymy	weber	Wb	Wb
Induktiwlik	genri	Gn	H
Ýagtylyk güýji	kandela	kd	cd
Ýagtylyk akymy	lýumen	lm	lm
Ýagtylandyryş	lýuks	lk	lk
Şöhlelenme akymy	watt	Wt	W
Şöhlelenmäniň mukdary (dozasy)	greý	Gr	Gy
Izotopyň işjeňligi (aktiwligi)	bekkerll	Bk	Bq

Fiziki ululyklaryň birlikleriniň onluga kratnyý hem-de onlugyň ülüşlerine köpeldilip alynmalarynyň atlandyrylyşy

Ýazylyşy	ady	belgisi	mysal	belgisi
1	**2**	**3**	**4**	**5**
10^{18}	eksa	E	eksametr	Em
10^{15}	peta	P	petagers	PGs
10^{12}	tera	T	terajoul	TJ
10^{9}	giga	G	giganýuton	GN
10^{6}	mega	M	megaom	MOm
10^{3}	kilo	k	kilometr	km
10^{2}	gekto	g	gektowatt	gWt
10^{1}	deka	da	dekalitr	dal
10^{-1}	desi	d	desimetr	dm
10^{-2}	santi	s	santimetr	sm
10^{-3}	milli	m	milliamper	mA
10^{-6}	mikro	mk	mikrowolt	mkW
10^{-9}	nano	n	nanosekunt	ns
10^{-12}	piko	p	pikofarada	pF
10^{-15}	femto	f	femtogramm	fg
10^{-18}	atto	a	attokulon	aKl

Latyn elipbiýi

1	**2**	**3**	**4**
A a	a	N n	en
B b	be	O o	o
C c	se	P p	pe
1	**2**	**3**	**4**
D d	de	Q q	ku
E e	e	R r	er
F f	ef	S s	es

1	2	3	4
G g	ge (že)	T t	te
H h	ha (aş)	U u	u
I i	i	V v	we
J j	ýot (ži)	W w	duble-we
K k	ka	X x	iks
L l	el	Y y	igrek
M m	em	Z z	zet

Grek elipbiýi

A, α alfa	I, ι ýota	P ρ ro
B, β beta	K, χ kappa	Σ, σ sigma
Γ, γ gamma	Λ, λ lýambda	T, τ tau
Δ, δ delta	M, μ mýu	Y, υ ipsilon
E, ε epsilon	N, ν nýu	Φ, ϕ fi
Z, ξ dzeta	Ξ, ζ ksi	X, x hi
H, η eta	O,o omikron	Ψ, ψ psi
$\Theta, \vartheta, \theta$ teta	Π, π pi	Ω, ω omega

Halkara birlikler ulgamy bilen bir hatarda ulanmaga hukukly ölçeg birlikleri

1	2	3	4
Ululyk	ady	belgisi	HU bilen gatnaşygy
massa	tonna	t	$10^3 kg$
	massanyň atom	m.a.b.	$1{,}66 \cdot 10^{-27} kg$
	birligi		

1	2	3	4
göwrüm	litr	l	$10^{-3}m^3$
tekiz burç	gradus	$...^0$	$1,74\cdot10^{-2}\,rad$
	minut	$...'$	$2,91\cdot10^{-4}\,rad$
	sekunt	$...''$	$4,85\cdot10^{-6}\,rad$
iş, energiýa	elektron-wolt	eW	$1,6\cdot10^{-19}\,J$
temperatura	gradus selsiýa	$^0!$	10^0C 10K

Halkara birlikler ulgamy bilen halkara birlikler ulgamyna girmeýän ölçeg birlikleriniň özara gatnaşygy

1	2
Uzynlyk	1angstrem (A^0) = $10^{-10}\,m$ 1 gije-gündiz = 86400 s
Wagt	1 ýyl= 365,25 gije-gündiz = $3,16\cdot10^7\,s$
Tekiz burç	$1^0 = \pi/180rad = 1,75\cdot10^{-2}\,rad$ $1' = \pi/180\cdot10^{-2}\,rad = 2,91\cdot10^{-4}\,rad$ $1'' = \pi/648\cdot10^{-3}\,rad = 4,85\cdot10^{-6}\,rad$
Göwrüm	$1l = 10^{-3}\,m^3$
Massa	$1t = 10^3\,kg$ 1 m.a.b. = $1,66\cdot10^{-27}\,kg$
Güýç	1 kG = 9,81 H
Iş, energiýa	1 kG $\cdot m$ = 9,81 J 1 Wt . sag = 3,6 $\cdot10^3$ J 1 eW = 1,6 $\cdot10^{-19}$ J

1	2
Kuwwat	1 at g. = 736 Wt
Basyş	1 mm.sim.süt. =133 Pa 1 bar = 10^5 Pa 1 atm = 1,01 $\cdot 10^5$ Pa
Mehaniki güýjenme (zor)	1 kG/mm^2 = 9,81.106 Pa
Aýlaw ýygylygy	1 aýl/min = 1/60 c-1
Tolkun sany	1 sm^{-1} = 100 m^{-1}
Bölejikleriň göwrüm birligindäki sany	1 sm^{-3} = 106 m^{-3}
Ýylylyk (ýylylyk mukdary)	1 kal = 4.19 J 1 kkal = 4.19 $\cdot 10^3 J$
Dipolyň elektrik momenti	1 D = 3.34 $\cdot 10^{30}$ Kl.m
Udel elektrik garşylygy	1 Om mm2/m=10^{-6} Om m
Magnit induksiýasy	1 Gauss = 10^{-4} Tl
Magnit akymy	1 Mks = 10^{-8} Wb
Magnit meýdanynyň güýjenmesi	1 ε = 79,6 A/m
Ýagtylandyrylyş	1 fot = 104 lk
Rentgen we gamma şöhlelenmäniň ekspozisiýalaýyn mukdary (dozasy)	1 R = 2,58 $\cdot 10^{-4}$ Kl/kg
Rentgen we gamma şöhlelenmäniň ekspozisiýalaýyn mukdarynyň (dozasynyň) kuwwaty	1 R/s = 2,58 $\cdot 10^{-4}$ A/Kg
Radioaktiw çeşmedäki nuklidiň işjeňligi (aktiwligi)	1 dargama/s = 1 Bk 1Ki = 3,7 $\cdot 10^{10}$ Bk

Fiziki ululyklaryň tablisalary

Astronomik ululyklar

1-nji tablisa

Kosmiki jisim	Orta radiusy m	Massasy kg	Orta dykyzlygy 103 kg/m3	Öz okunyň daşynda aýlanma periody gije-gündiz
1	**2**	**3**	**4**	**5**
Gün	6,95	$1{,}97 \cdot 10^{30}$	1,41	25,4
Ýer.	6,37	$5{,}96 \cdot 10^{24}$	5,52	1,00
Aý..	$1{,}74 \cdot 10^{6}$	$7{,}3 \cdot 10^{22}$	3,30	27,3

Gün ulgamynyň planetalary	Günden orta uzaklygy 10^6 km	Günüň daşyndan aýlanma periody ýyllarda
Merkuriý	57,87	0,241
Wenera	108,50	0,615
Ýer	149,5	1,00
Mars	227,79	1,881
Ýupiter	777,8	11,862
Saturn	1426,1	29,458
Uran	2867,7	84,013
Neptun	4494	164,79
Pluton	9508	248,43

Maddalaryň dykyzlygy (15-200C temperaturada)

2-nji tablisa

Gaty jisimler	**10^3** $\frac{kg}{m^3}$	**Suwuklyklar**	**10^3** $\frac{kg}{m^3}$
1	**2**	**3**	**4**
Almaz	3,1	Benzol	
1	**2**	**3**	**4**
Alýuminiý	2,7	Benzin	
Beton	2,2	Gliserin	
Wolfram	19,1	Kastor ýagy	
Gury agaç	0,7	Kerosin	
Galaýy	7,4	Spirt	
Demir (polat çoýun)	7,8	Skipidar	
Grafit	1,6	Efir	
Altyn	19,3	Simap	
Kadmiý	8,65		
Kobalt	8,9	Gazlar (kadaly şertde)	$\frac{kg}{m^3}$
Buz	0,916		
Mis	8,9	Azot	1,25
Molibden	10,2	Argon	1,78
Nikel	8,9	Ammiak	0,77
Platina	21,5	Wodorod	0,09
Probka	0,2	Kislorod	1,43
Gurşun	11,3	Kömürturşy gazy	1,98
Kümüş	10,5	Geliý	0,18
Titan	4,5	Metan	0,72
Uran	19,0	Howa	1,29
Farfor	2,3	Hlor	3,21

Sink	7,0		
Aýna	2,7		

Gaty jisimleriň maýyşgaklyk hemişelikleri
(15-20º S temperaturada)

3-nji tablisa

Maddalar	Ýunguň moduly 10^9 Pa	Süýşme moduly 10^9 Pa	Puassonyň koef-ti	Berklik çägi 10^9 Pa	Gysylma koef-ti 10^9 Pa
Alýuminiý	70	26	0,34	0,1	0,014
Mis	130	40	0,34	0,3	0,007
Gurşun	16	5,6	0,44	0,015	0,022
Demir (polat)	200	81	0,29	0,6	0,006
Aýna	60	30	0,25	0,05	0,025
Kümüş	74	27	-	-	-
Wolfram	380	140	-	-	-

Jisimleriň ýylylykda (termiki) giňelme koeffisiýenti

4-nji tablisa

Gaty jisim	Uzynlygyna giňelme koef-ti 10^{-6} K^{-1}	Suwuklyk	Göwrümine giňelme koef-ti 10^{-4} K^{-1}
Alýuminiý	22,9	Gliserin	5,0
Latun	18,9	Kerosin	10,0
Mis	16,7	Suw	1,5
Demir (polat)	11	Simap	1,8
Galaýy	21	Spirt	11,0
Gurşun	29	Efir	17,0
Kümüş	19	Nebit	10,0
Sink	26		
Aýna	8,50		

Gazlaryň hemişelikleri (kadaly şertde)

5-nji tablisa

Gaz	Ýylylyk geçirijilik $\frac{mWt}{m \cdot K}$	Dinamiki şepbeşiklik $mkPa \cdot s$	Effektiw Diametr nm	Wan-der-Waalsyň hemişelikleri	
				a $\frac{N \cdot m^4}{mol}$	b $\frac{m^3}{mol} 10^{-5}$
Azot	24,3	16,6	0,38	0,135	3,86
Argon	16,2	21,5	0,35	0,134	3,22
Wodorod	168,4	8,66	0,28	0,024	2,7
Geliý	142	18,9	0,22	-	-
Kislorod	24,4	19,8	0,36	0,136	3,17
Suw bugy	15,8	8,32	0,30	0,545	3,04
Howa	24,1	17,2	0,35	-	-

Suwuklyklaryň hemişelikleri (kadaly şertde)

6-njy tablisa

Suwuklyk	Udel ýylylyk sygymy $\frac{kJ}{kg \cdot K}$	Dinamiki şepbeşiklik koef-fisiýenti $mPa \cdot s$	Üst dartuw koef-fisiýenti mN/m
Aseton	2,16	0,322	23,3
Benzin	2,09	-	
Benzol	-	0,648	28,9
Gliserin	2,39	1480	62
Kerosin	2,1	-	30
Simap	0,138	1,554	5
Suw	4,19	1,002	73
Kastor ýagy	1,8	987	-
Maşyn ýagy	1,67	100	-
Spirt	2,39	1,2	22
Sabynly suw ergini(1)	-	-	40

Psihrometr üçin tablisa

7-nji tablisa

t (gury termometriň °S hasabyndaky görkezmesi)	$t^0 - t_1^0$ (gury we öl termometrleriň ⁰ S, hasabyndaky görkezmesiniň tapawudy)											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Otnositel çyglylyk											
0	100	81	63	45	28	11						
1	100	83	65	48	32	16						
2	100	84	68	51	35	20						
3	100	84	69	54	39	24	10					
4	100	85	70	56	42	28	14					
5	100	86	72	58	45	32	19	6				
6	100	86	73	60	47	35	23	10				
7	100	87	74	61	49	37	26	14				
8	100	87	75	63	51	40	29	18	7			
9	100	88	76	64	53	42	31	21	11			
10	100	88	76	65	54	44	34	24	14	5		
11	100	88	77	66	56	46	36	26	17	8		
12	100	89	78	68	57	48	38	29	20	11		
13	100	89	79	69	59	49	40	31	23	14	6	
14	100	89	79	70	60	51	42	34	25	17	9	
15	100	90	80	71	61	52	44	36	27	20	12	5
16	100	90	81	71	62	54	46	37	30	22	15	8
17	100	90	81	72	64	55	47	39	32	24	17	10
18	100	91	82	73	65	56	49	41	34	27	20	13
19	100	91	82	74	65	58	50	43	35	29	22	15
20	100	91	83	74	66	59	51	44	37	30	24	18
21	100	91	83	75	67	60	52	46	39	32	26	20
22	100	92	83	76	68	61	54	47	40	34	28	22
23	100	92	84	76	69	61	55	48	42	36	30	24
24	100	92	84	77	69	62	56	49	43	37	31	26
25	100	92	84	77	70	63	57	50	44	38	33	27
26	100	92	85	78	71	64	58	51	46	40	34	29
27	100	92	85	78	71	65	59	52	47	41	36	30
28	100	93	85	78	72	65	59	53	48	42	37	32
29	100	93	86	79	72	66	60	54	49	43	38	33
30	100	93	86	79	73	67	61	55	50	44	39	34

Sesiň ýaýrama tizligi

8-nji tablisa

Madda	m/s	**Madda**	m/s
Agaç	4000	Aýna	5000
Probka	500	Gurşun	1300
Rezin	54	Suw (0º S)	1485
Demir (polat)	5100	Wodorod (0º S)	1286
Howa (0º S)	331.8	Uglerodyň ikili okisi (0º S)	258

Maddalaryň dielektrik syzyjylygy (ε)

9-njy tablisa

Dielektrik		**Dielektrik**	
Suw	81	Slýuda	7,5
Howa	1,006	Spirt	26
Kerosin	2	Aýna	6
Parafin	2	Farfor	5
Polietilen	2,3	Ebonit	3

Geçirijileriň udel garşylygy we termiki koeffisiýenti

10-njy tablisa

Madda	p $nOm \cdot m$	α $10^{-3} \cdot K^{-1}$	**Madda**	p $nOm \cdot m$	α $10^{-3} \cdot k^{-1}$
Alýumini	26	3,6	Wolfram	50	4,8
Mis	17	4,2	Grafit	3900	80
Nikel	420	0,1	Altyn	20	4,0
Kümüş	16	4,0	Demir	98	4,2
Nihrom	110	0,1	Gurşun	2100	4,0

Periodlar	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		
1	H 1 1,00794 Wodorod	D.I.Mendeleýewiň himiki elementleriň periodik sistemasy					(H)	2 He 4,0026 Geliý	Tertip sany; 47 Ag 107,868 Kümüş; Otnositel atom massasy; Himiki belgisi; Ady	
		II	III	IV	V	VI				
2	Li 3 6,941 Litiý	Be 4 9,01218 Berilliý	5 B 10,81 Bor	6 C 12,011 Uglerod	7 N 14,0067 Azot	8 O 15,999 Kislorod	9 F 18,998 Ftor	10 Ne 20,17 Neon		
3	Na 11 22,989 Natriý	Mg 12 24,305 Magniý	13 Al 26,981 Alýuminiý	14 Si 28,085 Kremniý	15 P 30,974 Fosfor	16 S 32,064 Kükürt	17 Cl 35,453 Hlor	18 Ar 39,948 Argon		
4	K 19 39,098 Kaliý	Ca 20 40,078 Kalsiý	Sc 21 44,956 Skandiý	Ti 22 47,90 Titan	V 23 50,94 Wanadiý	Cr 24 51,996 Hrom	Mn 25 54,938 Marganes	Fe 26 55,847 Demir	Co 27 58,933 Kobalt	Ni 28 58,70 Nikel
	29 Cu 63,546 Mis	30 Zn 65,38 Sink	31 Ga 69,72 Galliý	32 Ge 72,59 Germaniý	33 As 74,922 Myşýak	34 Se 78,96 Selen	35 Br 79,904 Brom	36 Kr 83,80 Kripton	E – s elementler	
5	Rb 37 85,468 Rubidiý	Sr 38 87,62 Stronsiý	Y 39 88,906 Ittriý	Zr 40 91,22 Sirkoniý	Nb 41 92,906 Niobiý	Mo 42 95,94 Molibden	Tc 43 98,906 Tehnesiý	Ru 44 101,07 Ruteniý	Rh 45 102,905 Rodiý	Pd 46 106,4 Palladiý
	47 Ag 107,868 Kümüş	48 Cd 112,41 Kadmiý	49 In 114,82 Indiý	50 Sn 118,71 Galaýy	51 Sb 121,76 Surma	52 Te 127,60 Tellur	53 I 126,904 Ýod	54 Xe 131,30 Ksenon	E – p elementler	
6	Cs 55 132,905 Seziý	Ba 56 137,33 Bariý	La* 57 138,905 Lantan	Hf 72 178,49 Gafniý	Ta 73 180,947 Tantal	W 74 183,85 Wolfram	Re 75 186,207 Reniý	Os 76 190,23 Osmiý	Ir 77 192,22 Iridiý	Pt 78 195,08 Platina
	79 Au 196,966 Altyn	80 Hg 200,59 Simap	81 Tl 204,38 Talliý	82 Pb 207,2 Gurşun	83 Bi 208,980 Wismut	84 Po (209) Poloniý	85 At (210) Astat	86 Rn (222) Radon	E – d elementler	
7	Fr 87 (223) Fransiý	Ra 88 226,025 Radiý	Ac** 89 (227) Aktiniý	Rf 104 (267) Rezerfordiý	Db 105 (268) Dubniý	Sg 106 (271) Siborgiý	Bh 107 (267) Boriý	Hs 108 (278) Hassiý	Mt 109 (276) Meýtneriý	Ds 110 (282) Darmştadtiý
	111 Rg (280) Rentgeniý	112 Uub (286) Ununbiý	113 Uut (284) Ununtriý	114 Uug (290) Ununkwadiý	115 Uup (287) Ununpentiý	116 Uuh (293) Unungeksiý	117 Uus (?) (Ununseptiý)	118 Uuo (293) Ununoktiý	E – f elementler	

* Lantanoidler													
Ce 58 140,12 Seriý	Pr 59 140,908 Prazeodim	Nd 60 144,24 Neodim	Pm 61 (145) Prometiý	Sm 62 150,4 Samariý	Eu 63 151,96 Ýewropiý	Gd 64 157,25 Gadoliniý	Tb 65 158,925 Terbiý	Dy 66 162,50 Disproziý	Ho 67 164,93 Golmiý	Er 68 167,26 Erbiý	Tm 69 168,934 Tuliý	Yb 70 173,04 Itterbiý	Lu 71 174,967 Lýutesiý
** Aktinoidler													
Th 90 232,08 Toriý	Pa 91 231,036 Protaktiniý	U 92 238,029 Uran	Np 93 237,048 Neptuniý	Pu 94 (244) Plutoniý	Am 95 (243) Amerisiý	Cm 96 247 Kýuriý	Bk 97 247 Berkliý	Cf 98 251 Kaliforniý	Es 99 254 Eýnşteýniý	Fm 100 257 Fermiý	Md 101 258 Mendelewiý	(No) 102 255 Nobeliý	(Lr) 103 256 Lourensiý

Bellik: 112-118 elementlere degişli maglumatlar gutarnykly däl

Esasy fiziki hemişelikler

1	2
Erkin gaçmanyň tizlenmesi	$g = 9,81 m / s^2$
Grawitasiýa hemişeligi	$G = 6,67 \cdot 10^{-11} m^3 / s^2$
Awogadro hemişeligi	$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} 1 / mol$
Uniwersal gaz hemişeligi	$R = 8,31 J / \min K$
Bolsmanyň hemişeligi	$k = 1,38 \cdot 10^{-23} J / K$
Faradeýiň hemişeligi	$F = 9,65 \cdot 10^{7} Kl / \min$
Stefanyň-Bolsmanyň hemişeligi	$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} W / m^2 K^4$
Winiň süýşmek kanunynyň hemişeligi	$2 = 2,9 \cdot 10^{-3} m$
Plankyň hemişeligi	$h = 6,625 \cdot 10^{-34} J \cdot s$
Ridbergiň hemişeligi	$R = 3,29 \cdot 10^{15} s^{-1}$
Ýagtylygyň wakuumda ýaýrama tizligi	$C = 3 \cdot 10^{8} m / s$
Massanyň atom birligi	$1 m.a.b.\ 1,66 \cdot 10^{-27} kg$
Elektronyň massasy	$m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} kg$
Elementar zarýad	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} Kl$
Bor boýunça wodorod atomynyň esasy halyndaky elektronyň orbitasynyň radiusy	$a_0 = 5,29 \cdot 10^{-11} m$
Elektronyň Kompton boýunça tolkun uzynlygy	$\lambda_k = 2,43 \cdot 10^{-12} m$
Elektrik hemişeligi	$\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \$ / m$
Magnit hemişeligi	$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \square{=} / m$

EDEBIÝAT

1. *Berdimuhamedow Gurbanguly.* Türkmenistanda saglygy goraýyşy ösdürmegiň ylmy esaslary. A. TDNG, 2007.

2. *Berdimuhamedow Gurbanguly*. Türkmenistan sagdynlygyň we ruhubelentligiň ýurdy. A. TDNG, 2007.

3. *Berdimuhamedow Gurbanguly.* Döwlet adam üçindir. A. TDNG, 2008.

4. *Berdimuhamedow Gurbanguly.* Türkmenistanyň Beýik galkynyş eýýamynyň Konstitusiýasy hakynda. A. TDNG, 2008.

5. *Савельев И.В.* Курс общей физики. Т.1.2.3. М-1989.

6. *Сивухин Д.В.* Общей курс физики. Т.1.2.3.4.5. М-2002.

7. *Гершензон Е.М.*и.др. Курс общей физики. М-1992.

8. *Яворский Б.М.* и др. Курс физики. Т.1.2.3. М-ВШ-1977.

9. *Кухлинг.Х.* Справочник по физике М. Мир.1982.

10. *Цедрик М.С.* и др. Сборник задач по курсу общий физики. М "Просвещение"-1989.

11. *Трофимова Т.И.* Курс физики. М-ВШ-1985.

12. Физический практикум. под. ред. проф. Ивероновой В.И., М-Л-1951.

13. *Кортнев А.В., Рублев Ю.В., Куценко А.Н.,* Практикум по физике М. "Высшая школа" 1963.

14. *Майсова Н.Н.* Практикум по курсу общей физики.
М. "Высшая школа" 1970.

15. *Çaryýew A.* Fizikanyň esasy kanunlary. A. TDNG. 2004.

16. *Allakow Ö., Gurbangeldiýew Ç.* Mehanika. A. TDNG. 2006.

17. *Nurgeldiýew A., Bekmyradow Ö., Akmyradow B.* Molekulýar fizika we termodinamika. A. TDNG. 2006.

18. *Gurbanmuhammedow A.* Elektrik we magnit hadysalary. A. TDNG. 2006.

19. *Ataýew A.* Atom we ýadro fizikasy A. TDNG. 2006.

20 *Awliýakuliýew J., Ataýew G.* Kwant fizikasy. A. TDNG. 2008.

MAZMUNY

J.Awliýakuliýew, J.Altyýewa, G.Ataýew, G.Şukurowa B.

FIZIKADAN TEJRIBE IŞLERI

(Mehanika we molekulýar fizika)

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw gollanmasy

Redaktory	*N.Annaweliýewa*
Teh. redaktory	*T. Aslanowa*
Operatory	*M. Baýramgylyjowa*

Ýygnamaga berildi 17.10.2010. Çäp etmäge rugsat edildi 12.11.2010.
Möçberi 60x84 $^{1}/_{16}$. Ofset kagyzy. Edebi garnitura.
Ofset çap ediliş usuly. Çap listi 10,25. Hasap-neşir listi 7,8.

Türkmenistanyň Ylymlar akademiýasynyň “Ylym” neşirýaty.
744000. Aşgabat, Türkmenbaşy şaýoly, 18.