TÜRKMENISTANYŇ BILIM MINISTRLIGI MAGTYMGULY
ADYNDAKY TÜRKMEN DÖWLET UNIWERSITETI

G.Toýlyýew, A.Rahmanow,
O.R.Gurbanýazowa, A.O.Gylyçmämmedowa

FIZIKADAN TEJRIBE IŞLERI

(Mehanika we molekulýar fizika)

Okuw-usuly gollanma

Aşgabat.Ylym.2010

UOK 530.1
T 70

Jogapkär redaktor
tehniki ylymlaryň doktory, professor A.Rahmanow

T 70 **Fizikadan tejribe işleri (Mehanika we molekulýar fizika).** Okuw-usuly gollanma. – Aşgabat: Ylym, 2010. – 132 sah.

TDKP № 72 **KBK № 22.3 ýa73**

"Biz bu gün ata-babalarymyzyň arzuwlan zamanasynda ýaşaýarys"

Türkmenistanyň Prezidenti
GURBANGULY BERDIMUHAMEDOW

Sözbaşy

Beýik Galkynyş zamanasynda dünýä ülňülerine laýyk gelýän ylymly-bilimli ýaşlary kemala getirmek baş maksatlaryň biri edilip goýuldy. Hormatly Prezidentimiz Gurbanguly Berdimuhamedowyň başda durmagy bilen bu ugurda eýýäm birnäçe işler edildi we edilýär. Orta we ýokary okuw mekdepleriniň tehnikanyň iň soňky gazananlaryna daýanýan enjamlar bilen üpjün edilmegi hem-de bu ugurda işleriň barha giň gerim alýandygy muňa mysal bolup biler. Daşary ýurtlar bilen gatnaşyklaryň gowulanmagy, olar bilen bilim ulgamynda işleri gowulandyrmak boýunça ylalaşyklara gol çekilmegi, aspiranturalaryň, doktoranturalaryň açylmagy we şuňa meňzeş başga-da birnäçe çäreler, oňa iňňän möhüm döwlet ähmiýetli iş hökmünde garalýandygyny aňladýar.

Göz öňünde tutulýan özgertmeler örän giňligi we köpugurlylygy bilen tapawutlanýar. Olary durmuşa geçirmek örän köp zähmeti we aladany talap edýär. Hormatly Prezidentimiziň Türkmenistanyň hemme raýatlaryna ýüzlenip "Men siziň her biriňiziň ata Watanymyzy gülledip ösdürmek ugrunda gujur-gaýratyňyzy gaýgyrmajakdygyňyza ynanýaryn" diýip bellemegi, biziň her birimiziň işleýän pudaklarymyzda bu özgertmeleriň üstünlikli amala aşyrylmagy üçin zähmetimizi, ukybymyzy, gujur-gaýratymyzy aýamaly däldigimizi aňladýar. Hormatly

Prezidentimiziň bu aýdanlaryna jogap edip, Magtymguly adyndaky Türkmen döwlet uniwersitetiniň fizika-matematika fakultetiniň professor-mugallymlary tarapyndan soňky ýyllarda birnäçe okuw kitaplarydyr okuw-usuly gollanmalary çap edildi. Häzirki hödürlenilýän "Fizikadan tejribe işleri (mehanika we molekulýar fizika)" atly okuw-usuly gollanmasy hem şeýle gollanmalaryň sanawyna girýär.

"Fizikadan tejribe işleri (mehanika we molekulýar fizika)" okuw-usuly gollanmasy fizikanyň mehanika we molekulýar fizika bölümlerine degişli tejribe işleriniň 20-sini öz içine alýar. Mehanika degişli tejribe işleri Polşada ýasalan esaslyk elektron-mehaniki desgalarda geçirilip, olar häzirki zaman talaplaryna laýyk gelýär. Molekulýar fizika bölümine degişli işler hem zerur takyklygy almaga mümkinçilik berýän abzallar bilen üpjün edilendir. Bar bolan gollanmalardan tapawutlylykda siziň eliňizdäki gollanmada her bir iş ýerine ýetirilende goýberilýän otnositel, absolýut hem-de ähtimal ýalňyşlyklaryň kesgitlenilişi we işçi formulalaryň getirilip çykarylyşy berilýär. Tejribe işleri nazary bölümden, işiň ýerine ýetiriliş tertibinden, alnan netijeleriň derňewinden we barlag üçin soraglardan durýar. Bu gollanma ýazylan mahalynda G.Toýlyýew tarapyndan ýazylan "Fizikadan tejribe işleri", "Fizikadan laboratoriýa işleri" (Aşgabat, 1993ý.) usuly gollanmasy esas edilip alyndy, ondaky tejribe işleriniň hemmesi täzeden doly gözden geçirildi, formulalarda, çyzgylarda, ýazgylarda goýberilen säwlikler doly düzedildi, täze tejribe işi we goşmaça maglumatlar girizildi. Goşmaçalarda getirilýän maglumatlar tejribe işleri ýerine ýetirilende ulanylýan fiziki hemişelikleri peýdalanmaga we alnan netijeleriň dogrulygyny barlamaga mümkinçilik berýär.

Bu işler, esasan, matematika, himiýa, biologiýa, geografiýa, ekologiýa, meteorologiýa, kartografiýa hünärleri boýunça kämilleşýän talyplar üçin niýetlenendir. Ondan fizikany öwrenýän islendik ugurdaky talyplar, orta mekdep mugallymlary we fizikany özbaşdak öwrenýänler-de peýdalanyp bilerler.

Gollanma ýokarda ady agzalan hünärler üçin okuw maksatnamalaryna doly laýyk gelýär we olar boýunça okalýan umumy okuwlarda beýan edilýän nazary maglumatlaryň tejribeler arkaly berkidilmegine, okuw materiallarynyň düýpli özleşdirilmegine ýardam eder diýen tamamyz bar.

1-NJI TEJRIBE IŞI

Dogry geometrik formaly gaty jisimleriň dykyzlygyny kesgitlemek

Işiň maksady: ştangensirkul, mikrometr, terezi ýaly abzallary ulanyp, jisimleriň dykyzlygyny kesgitlemegi öwrenmek.

Abzallar: dykyzlygy kesgitlenilýän dürli görnüşli (şar, parallelepiped we silindr) jisimler; ştangensirkul, mikrometr, terezi, çekuw daşlary.

Gysgaça maglumatlar

Jisimiň göwrüm birligine düşýän massasyna onuň dykyzlygy diýilýär, ýagny:

$$\rho = \frac{m}{V}; \qquad (1)$$

bu ýerde ρ – jisimiň dykyzlygy, $\frac{kg}{m^3}$; m – massasy, kg; V – göwrümi, m^3

Şeýlelikde, jisimiň dykyzlygyny kesgitlemek onuň massasyny (m) we göwrümini (V) kesgitlemeklige syrykdyrylýar.

Işiň ýerine ýetirilişi

Tejribe işi şu aşakdaky tertipde ýerine ýetirilýär:

1. Terezini sazlamaly.
2. Berlen jisimleriň massalaryny terezide ölçemeli. Ölçegleri 3-5 gezek geçirmeli.

   Netijäni aşakdaky yzygiderlilikde ýazmaly:

$$m = m_{or} \pm \Delta\, m_{äh} \tag{2}$$

bu ýerde:
$$m_{or} = \frac{m_1 + m_1 + m_3 + .., + m_n}{n} \tag{3}$$

jisimiň massasynyň ortaça bahasy;

$$\Delta m_{äh} = \pm 0{,}67 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} |\Delta m_i|^2}{n(n-1)}} \tag{4}$$

ölçegleriň netijesiniň iň ähtimal ýalňyşlygy. Bu formulada:

$$\sum_{i=1}^{n} |\Delta m_i| = |(m_{or} - m_1)| + |(m_{or} - m_2)| + \ldots + |(m_{or} - m_n)|; \tag{5}$$

görnüşde kesgitlenýär; n– ölçegleriň sany.

3. Jisimlerin göwrümlerini hasaplamaly.

a) Şaryň göwrümi

$$V_ş = \frac{4}{3}\pi R^3 \tag{6}$$

formula bilen kesgitlenýär. Bu ýerde R – şaryň radiusy. Şaryň radiusyny ştangensirkul (1-nji surat) ýa-da mikrometr bilen ölçemeli. Soňra (2)-nji, (3)-nji we (4)-nji formulalary ulanyp, şaryň radiusyny şu aşakdaky görnüşde ýazmaly:

$$R = R_{or} \pm \Delta\, R_{äh} \tag{7}$$

Şuňa laýyklykda şaryň göwrümini

$$V_ş = V_{ş.or} \pm \Delta\, V_{ş.äh} \tag{8}$$

formula bilen hasaplamak bolar. Bu formula girýän $V_{ş.or}$

$$V_{ş,or} = \frac{4}{3}\pi R^3_{or} \quad (9)$$

görnüşde hasaplanyp bilner. Onda şaryň göwrümi hasaplananda goýberilýän iň ähtimal ýalňyşlyk

$$\Delta V_{ş.äh} = V_{ş.or}\left(\frac{\Delta\pi}{\pi} + 3\frac{\Delta R_{ö}}{R_{or}}\right) \quad (10)$$

Eger $\pi = 3,14$ bolsa, onda $\frac{\Delta\pi}{\pi} = 0,0005$ -e deň bolar.

b) Silindriň göwrümi.

$$V_s = \pi \cdot r^2 \cdot h \quad (11)$$

Bu ýerde r – silindriň esasynyň radiusy, h – onuň beýikligi. Onda ýokarda getirilen yzygiderlilikde:

$$r = r_{or} \pm \Delta r_{ä\,h}\,, \quad (12)$$

$$h = h_{or} \pm \Delta h_{äh}\,, \quad (13)$$

$$V_s = V_{or} \pm \Delta V_{säh}\,, \quad (14)$$

$$\Delta V_{säh} = V_{s.or}\left(\frac{\Delta\pi}{\pi} + 2\frac{\Delta r_o}{r} + \frac{\Delta h_o}{h_{or}}\right) \quad (15)$$

$$V_{s.or} = \pi r^2_{or} \cdot h_{or} \quad (16)$$

ç) Parallelepipediň göwrümi.

$$V_p = a \cdot b \cdot c \quad (17)$$

bụ ýerde

$$\alpha = \alpha_{or} \pm \Delta\alpha_{ä\,h} \quad (18)$$

esasynyň boýy,

$$b = b_{or} \pm \Delta b_{äh} \tag{19}$$

ini,

$$c = c_{or} \pm \Delta c_{äh} \tag{20}$$

beýikligi, onda

$$V_p = V_{or} \pm \Delta V_{p.äh} \tag{21}$$

bu ýerde

$$V_{or} = \alpha_{or}\ b_{or}\ c_{or} \tag{22}$$

$$\Delta V_{p \cdot \partial h} = \frac{\Delta a_{\partial h}}{a_{or}} + \frac{\Delta b_{\partial h}}{b_{or}} + \frac{\Delta c_{\partial h}}{c_{or}} \tag{23}$$

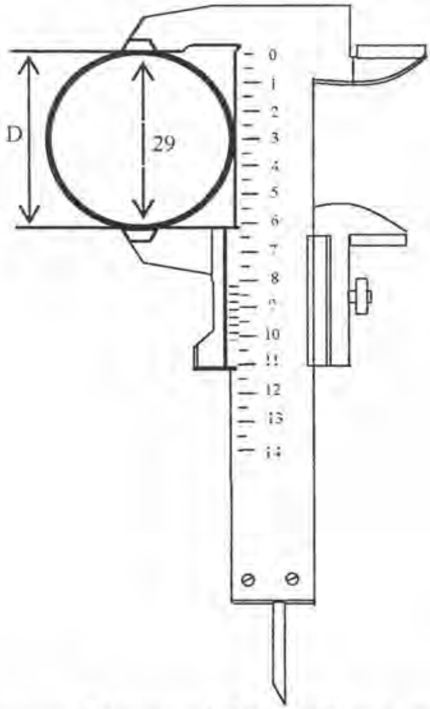
4. Jisimleriň dykyzlygyny hasaplamaly we dykyzlygy

$$\rho = \rho_{or} \pm \Delta \rho_{äh} \tag{24}$$

görnüşde ýazmaly. Bu ýerde

$$\rho_{or} = \frac{m_{or}}{V_{or}} \tag{25}$$

$$\Delta \rho_{p \cdot \partial h} = \frac{\Delta m_{\partial h}}{m_{or}} + \frac{\Delta V_{\partial h}}{V_{or}} \tag{26}$$



1- nji çyzgy. **Ştangensirkulda ölçeg geçirilişi**

Barlag üçin soraglar:

1. Jisimleriň massasy bilen agramynyň näme tapawudy bar?
2. Dykyzlyk näme? Ol temperatura baglymy?
3. Terezileriň nähili görnüşi bar?
4. Ştangensirkul bilen nähili ölçegler geçirip bolýar?
5. Nädogry formaly jisimleriň dykyzlygy nähili kesgitlenýär?

2-NJI TEJRIBE IŞI

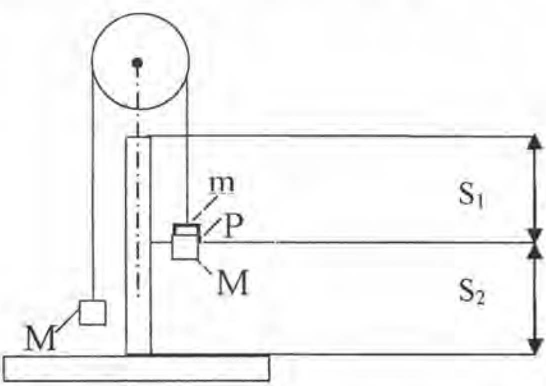
Atwudyň abzalynda erkin gaçmanyň tizlenmesini kesgitlemek

Işiň maksady: gönüçyzykly deňölçegli we deňtizlenýän hereket kanunlary esasynda erkin gaçmanyň tizlenmesini kesgitlemek.

Abzallar: ýörite ýasalan FPM-02 belgili abzal.

Gysgaça maglumatlar

Atwudyň abzalynda gozganmaýan blokdan aşyrylan ýüplügiň uçlarynda massalary M-e deň bolan iki sany birdeň silindr bar (1,2-nji çyzgylar). Ulgam ilki deňölçegli tizlenýän hereketiň başlangyjynda durýar.



1-nji çyzgy. **Atwudyň abzaly**

S_1 – deňölçegli tizlenýän hereketde geçilen ýol;
S_2– deňölçegli hereketde geçilen ýol.

Eger sagdaky silindriň üstüne m massaly halkajygy goýsak, onda (2M+m) massaly ulgam (iki sany silindr we halka) $F=m\cdot g$ güýjüň täsiri astynda a tizlenme bilen herekete geler, onda,

$$mg = (2M+m)\cdot a \qquad (1)$$

formuladan

$$a = \frac{m}{2M+m}\cdot g \qquad (2)$$

aňlatmany alarys.

Goşmaca ýük (P) halka ýetende aýrylýar we ulgam indi gönüçyzykly deňölçegli hereket eder. Ulgamyň "S_1" ýolda deňtizlenen hereket edeni üçin bu ýoluň ahyrynda tizlik şeýle tapylar:

$$\upsilon=\sqrt{2aS_1}=\sqrt{2\frac{m}{2M+m}gS_1} \qquad (3)$$

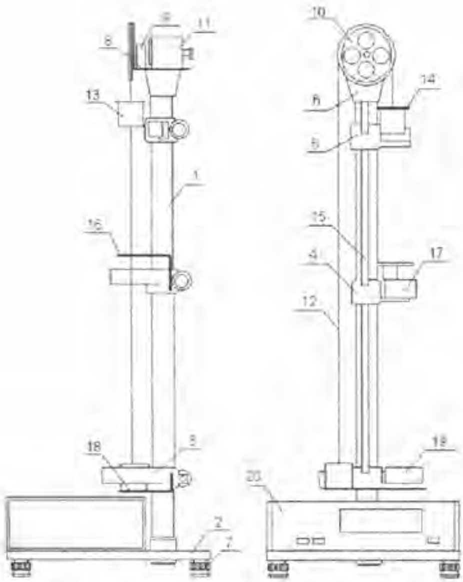
Silindr şu tizlik bilen deňölçegli hereket edip S_2 ýoly t wagtda geçer, onda:

$$S_2=\upsilon\cdot t=\sqrt{\frac{2mgS_1}{2M+m}}\cdot t \qquad (4)$$

4-nji aňlatmanyň iki tarapyny-da kwadrata göterip, ony g-e görä çözsek,

$$g=\frac{2M+m}{m}\cdot\frac{S_2^{\ 2}}{2S_1\cdot t^2} \qquad (5)$$

görnüşdäki işçi formulany alarys. Bu ýerde t – S_2 ýoly geçmäge sarp edilen wagt.



2-nji çyzgy. **FPM-02 belgili abzalyň umumy görnüşi.**

1 – sütün, 2 – abzalyň esasy, 3 – aşaky süýşmeýän kronşteýn, 4,5 – degişlilikde ortaky we ýokarky süýşýän kronşteýnler, 6 – wtulka, 7 – aýajyklar, 8 – ýokarky disk, 9 – silindrleri elektromagnit arkaly saklaýjy , 10 – gozganmaýan blok, 11 – elektromagnit, 12 – sapak, 13 – silindr, 14 – goşmaça ýük, 15 – millimterli şkala,16 – goşmaça ýüki aýyrýan halka, 17 – fotoelektrik görkeziji, 18 – üstüne rezin düşelen tegelek plastinka, 19 – aşaky fotoelektrik görkeziji, 20 – millisekuntölçeýji.

Işiň ýerine ýetirilişi

1. Abzalyň işleýänligini barlap görüň.
2. Sag silindriň üstüne goşmaça ýükleriň birini goýuň (massasyny belläň).

3. Silindriň aşaky granyny kronşteýndäki çyzyk bilen gabatlaň.
4. Şkala boýunça deňölçegli tizlenýän we deňölçegli hereketleriň S_1 we S_2 ýollaryny ölçäň.
5. "Pusk" ("işe giriş") klawişini basyň.
6. S_2 ýoly geçmäge sarp edilen wagty (t-ni) abzaldan göçürip alyň.
7. Ölçegleri 3-5 gaýta geçiriň we

$$t_{or} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} t_i \qquad (6)$$

formula boýunça ortaça wagty tapyň. Bu ýerde n– ölçegleriň sany; t_i– i-nji ölçegiň wagty.

8. 5-nji formula boýunça erkin gaçmanyň tizlenmesini hasaplaň.
9. Ölçegleriň otnositel (göräli) ýalňyşlygyny tapyň.

$$\delta = \frac{|g - g_h|}{g_h} \cdot 100\ \% \qquad (7)$$

Bu ýerde g – şu tejribede tapylan erkin gaçmanyň tizlenmesi;

g_h– erkin gaçmanyň tizlenmesiniň kabul edilen hakyky bahasy (ony $g_h = 9{,}81\ m/s^2$ diýip kabul ediň).

Barlag üçin soraglar:

1. Tizlenme, tizlik, geçilen ýol, orun üýtgetme barada näme bilýärsiňiz?
2. Nähili herekete gönüçyzykly, deňölçegli hereket diýilýär?
3. Deňtizlenýän hereket näme?

4. Erkin gaçma näme?
5. Erkin gaçmanyň (agyrlyk güýjüniň) tizlenmesi näme?
6. Agyrlyk güýjüniň tizlenmesiniň bahasy Ýeriň dürli giňişliklerinde birmeňzeşmi?
7. Işçi formulany getirip çykaryň we ony düşündiriň?
8. Işi ýerine ýetirişiňizi aýdyp beriň?

3-NJI TEJRIBE IŞI

Ýapgyt maýatnigiň kömegi bilen togarlanma sürtülme koeffisiýentini kesgitlemek

Işiň maksady: togarlanma sürtülme koeffisiýentini kesgitlemek.

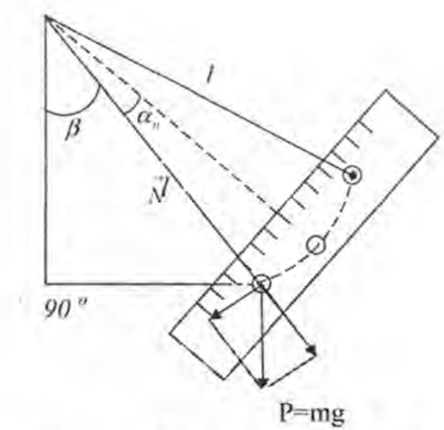
Abzallar: ýörite ýasalan FPM-07 belgili ýapgyt maýatnik.

Gysgaça maglumatlar

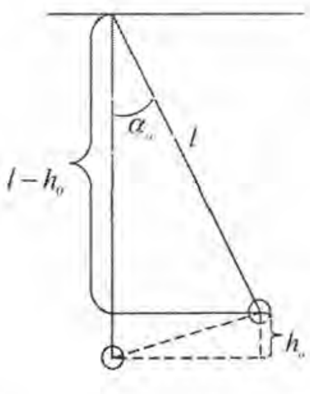
Goý, maýatnik α_o burça gyşardylan bolsun (1-nji çyzga seret), onda ol käbir h_0 beýiklige galar. Onda çyzgydan alarys (2-nji çyzgy)

$$\ell - h_0 = \ell \cos \alpha_o; \qquad (1)$$

$$h_0 = \ell - \ell \cos \alpha_0 = \ell(1 - \cos \alpha_0) = 2\ell \sin^2 \frac{\alpha_0}{2} \qquad (2)$$



1-nji çyzgy. **Ýapgyt maýatnigiň shematik görnüşi**



2-nji çyzgy. **h_0-yň kesgitlenişine düşündirme**

Onuň potensial energiýasy:

$$E_{p.o} = mgh_0 = 2mg\ell \sin^2 \frac{\alpha_0}{2} \qquad (3)$$

n yrgyldydan soň sürtülme güýjüniň garşysyna iş edilip, maýatnigiň yrgyldysynyň amplitudasy ep-esli kiçeler, ýagny ol indi $\alpha_n < \alpha_0$ burça gyşarar. Indi şarjagazyň merkezi h_n beýiklige galar, ýagny:

$$h_n = 2\ell \sin^2 \frac{\alpha_n}{2} \qquad (4)$$

Onuň potensial energiýasy

$$E_{p.n} = 2mg\ell \sin^2 \frac{\alpha_n}{2}; \qquad (5)$$

n yrgyldydan soň potensial energiýanyň üýtgemesi

$$\Delta E_p = E_{p.o} - E_{p.n} = 2mg\ell(\sin^2 \frac{\alpha_0}{2} - \sin^2 \frac{\alpha_n}{2}) \qquad (6)$$

bolar.

Togarlanmada döreýän sürtülme güýji:

$$F_S = f \frac{N}{R} \qquad (7)$$

Bu ýerde: f – togarlanma sürtülme koeffisiýenti; N – normal basyş güýji;

R – şaryň radiusy.

Çyzgydan görnüşi ýaly,

$$N \approx mg\,\mathrm{ctg}\beta \qquad (8)$$

soñ: $$x_n = \ell \sin\alpha_n \tag{10}$$

Burç kiçi bolanda $\sin\alpha_o \approx \alpha_o$, $\sin\alpha_n \approx \alpha_n$,
onda: $x_o \approx \ell\cdot\alpha_o$, $x_n \approx \ell\cdot\alpha_n$
ortaça gyşarma

$$x_{or} = \frac{x_o + x_n}{2} \approx \ell\frac{\alpha_o + \alpha_n}{2} \tag{11}$$

n yrgyldynyň dowamynda geçilen ýol $S \approx 4n\cdot X_{or}$ (12)

Onda edilen iş

$$A = F_S \cdot 4nx_{or} = f\frac{mgctg\beta}{R}\cdot 4n\cdot\ell\frac{\alpha_o + \alpha_n}{2} \tag{13}$$

Energiýanyň öwrülme we saklanma kanuny boýunça (6)-njy we (13)-nji deňlemeleri özara deňläp, alarys:

$$2mg\cdot\ell\left(\sin^2\frac{\alpha_o}{2} - \sin^2\frac{\alpha_n}{2}\right) = f\frac{mg\cdot ctg\beta}{R}\cdot 4n\ell\frac{\alpha_o + \alpha_n}{2} \tag{14}$$

$$\sin^2\frac{\alpha_o}{2} - \sin^2\frac{\alpha_n^2}{2} = f\frac{ctg\,\beta}{R}n\left(\frac{\alpha_0 + \alpha_n}{2}\right)$$

$$\sin^2\frac{\alpha_o}{2} \approx \left(\sin\frac{\alpha_o}{2}\right)^2 \approx \left(\frac{\alpha_o}{2}\right)^2 = \frac{\alpha_o^2}{4}; \qquad \sin^2\frac{\alpha_n}{2} = \frac{\alpha_n^2}{4}$$

bolany üçin soňky deňlemeden:

$$f = R \cdot tg\beta \cdot \frac{(\alpha_0 - \alpha_n)}{4n} \qquad (15)$$

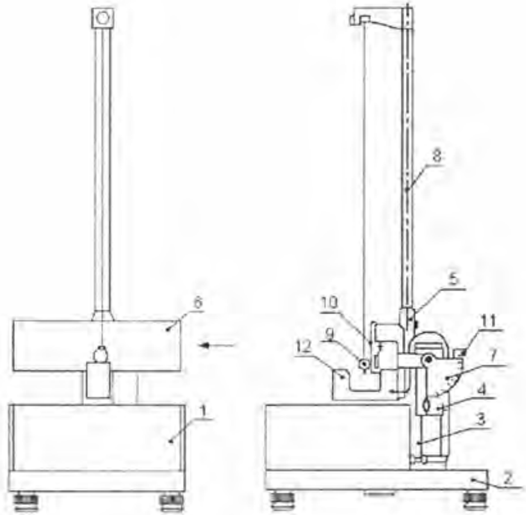
Işiň ýerine ýetirilişi

1. Şaryň radiusyny ştangensirkul bilen ölçemeli.
2. Abzalyň ýapgyt egnini $\beta=30^0$ burça gyşardyň (3-nji çyzga seret).
3. Şary deňagramlylyk ýagdaýyndan $\alpha_0=5^0$ burça gyşardyň.
4. Şaryň n=10 doly yrgyldysyndan soň α_n burçy belläň.
5. (15) - nji formula boýunça togarlanma sürtülme koeffisiýentini hasaplaň.
6. Ölçegleri 40^0 we 60^0 burçlarda gaýtalap, sürtülme koeffisiýentiniň degişli bahalaryny kesgitläň.
7. Ölçegleriň ýalňyşlygyny hasaplaň.
8. Togarlanma sürtülme koeffisiýentiniň ýalňyşlygy /δ/ şeýle hasaplanýar:

$$\delta = \frac{f - f_{or}}{f_{or}} \cdot 100\% \qquad (16)$$

bu ýerde: f– togarlanma sürtülme koeffisiýenti; f_{or} – n gezek ölçegde tapylan togarlanma sürtülme koeffisiýentiniň ortaça bahasy, ýagny ol şeýle formula bilen kesgitlenýär:

$$f_{or} = \frac{\sum_{i=1}^{n} |f_i|}{n} \qquad (17)$$



3-nji çyzgy. **FPM-07 belgili ýapgyt maýatnigiň umumy görnüşi**

1 – ölçeýji blok, 2 – abzalyň esasy, 3 – turbajyk, 4 – korpus, 5 – kronşteýn, 6,7 – burç ölçeýji şkalalar, 8 – sütün, 9 – şarjagaz, 10 – tekiz plastina, 11 – maýatnigiň dürli ýapgytlygyny almak üçin aýlaýjy, 12 – fotoelektrik görkeziji.

Barlag üçin soraglar:

1. Sürtülme güýji näme we onuň ýüze çykmagynyň sebäbini düşündiriň?
2. Typma we togarlanma sürtülme güýçleriniň ululyklary haýsy formulalar bilen tapylýar?
3. Işçi formulany getirip çykaryň we düşündiriň.
4. Işi nähili ýerine ýetirdiňiz?
5. Mehaniki iş, potensial energiýa, energiýanyň öwrülme we saklanma kanuny barada aýdyň.

4-NJI TEJRIBE IŞI
Hereket mukdarynyň saklanma kanunyny barlamak

Işiň maksady: hereket mukdarynyň saklanma kanunyny barlamak.
Abzallar: FPM-08 belgili ýörite ýasalan abzal, polat we plastelin şarlary.

Gysgaça maglumatlar

Jisimiň massasynyň (m) hereket tizligine (υ) köpeltmek hasylyna hereket mukdary ($\vec{p}$) diýilýär.

$$\vec{p} = m \cdot \vec{\upsilon} \qquad (1)$$

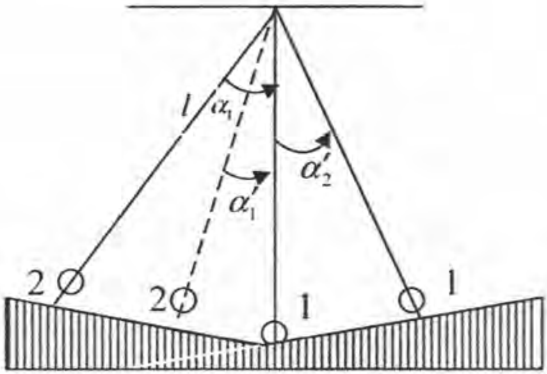
Hereket mukdary wektor ululykdyr.
Izolirlenen ulgamyň hereket mukdary üýtgemeýär, ýagny:

$$\vec{p} = \text{hemişelik} \qquad (2)$$

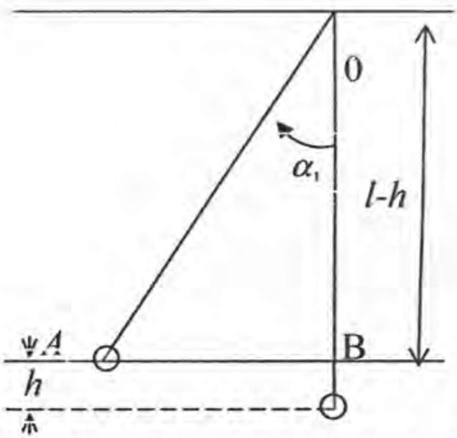
Işiň mazmuny iki şaryň özara çaknyşmasyndan öňki we soňky hereket mukdarlaryny tapmakdan we olary deňeşdirmek arkaly hereket mukdarynyň üýtgemeýändigini tejribede barlamakdan ybarat. Şarlar ℓ uzynlykly ýüplüklerden asylan. Şarlaryň biri ilki dynçlykda durýar we onuň hereket mukdary nola deň. Ikinji şar ℓ uzynlykly ýüplükden asylyp, deňagramlylyk ýagdaýyndan käbir α_1 burça gyşardylyp goýberilýär (1-nji çyzga seret).
Urgynyň öň ýanynda şarlaryň hereket mukdarynyň jemi

$$\vec{p}_o = m_2 \vec{\upsilon}_2 ; \qquad (3)$$

bu ýerde: m_2 – urýan şaryň massasy; υ_2 – urýan şaryň urgynyň öň ýanyndaky tizligi.



1-nji çyzgy. **FPM-08 abzalyň shematik görnüşi**



2-nji çyzgy. **h-yň kesgitlenişine düşündirme**

Urýan şaryň (2-nji şar) tizligi energiýanyň saklanma kanunynyň esasynda tapylýar. α_1 burça gyşardylan şar h beýiklige göterilýär (2-nji çyzgy). Onda ΔOAB-den $\ell - h = \ell \cos\alpha_1$
ýa-da

$$h = \ell - \ell\cos\alpha_1 = \ell(1-\cos\alpha_1);$$

$$1-\cos\alpha = 2\sin^2\frac{\alpha}{2};\ \text{şonuň üçin}\quad h = 2\ell\sin^2\frac{\alpha_1}{2} \qquad (4)$$

Şaryň A nokatdaky mgh potensial energiýasy B nokatda $\left(\frac{m\upsilon_2^2}{2}\right)$ kinetik energiýa öwrülýär, onda:

$$mgh = \frac{m\upsilon_2^2}{2};\quad \text{bu ýerden}\quad \upsilon_2^2 = 2gh \qquad (5)$$

(4)-nji we (5)-nji deňlemelerden $\upsilon_2^2 = 2g\cdot 2\ell\sin^2\frac{\alpha_1}{2} =$ $= 4g\ell\sin^2\frac{\alpha_1}{2}$ deňlemäni alarys. Bu ýerden

$$\upsilon_2 = 2\sqrt{g\ell}\sin\frac{\alpha}{2} \qquad (6)$$

deňleme alynýar.
Bu deňlemäni göz öňünde tutup, 3-nji deňlemäni şu aşakdaky görnüşde ýazyp bileris:

$$P_0 = 2m_2\sqrt{gl}\sin\frac{\alpha_1}{2} \qquad (7)$$

Urgudan soň (eger urgy absolýut maýyşgak bolsa) şarlaryň hereketler mukdarynyň jemi:

$$P_0' = m_1\upsilon_1' + m_2\upsilon_2' \qquad (8)$$

deňleme bilen kesgitlener.

bu ýerde: m_1 – urulýan şaryň massasy; υ_1' – urulýan şaryň urgydan soňky tizligi; υ_2' – urýan şaryň urgudan soňky tizligi; υ_1' we υ_2' tizlikler (6) - njy deňlemeden peýdalanylyp kesgitlenip bilner:

$$\upsilon_1' = 2\sqrt{g\ell}\sin\frac{\alpha_1'}{2} \qquad (9)$$

$$\upsilon_2' = 2\sqrt{g\ell}\sin\frac{\alpha_2'}{2} \qquad (10)$$

Şarlaryň massalary özara deň, şonuň üçin $m_2\upsilon_2 = m_1\upsilon_1' + m_2\upsilon_2'$ deňligiň ýerine $\upsilon_2 = \upsilon_1' + \upsilon_2'$ deňligi barlamak ýeterlikdir ýa-da

$$\sin\frac{\alpha_1}{2} = \sin\frac{\alpha_1'}{2} + \sin\frac{\alpha_2'}{2} \qquad (11)$$

deňligiň kanagatlandyrylýandygyny barlamaly.

Absolýut maýyşgak däl urgudan (plastelin şarlarynyň urgusy) soň şarlaryň hereket mukdarynyň jemi:

$$P_0'' = (m_1 + m_2)\cdot\upsilon_2'' \qquad (12)$$

bu ýerde: $$\upsilon_2'' = 2\sqrt{g\ell}\sin\frac{\alpha_2''}{2} \qquad (13)$$

α_2'' – urgudan soň iki şaryň bilelikde gyşarma burçy.

Onda: $$\sin\frac{\alpha_1}{2} = 2\sin\frac{\alpha_2''}{2} \qquad (14)$$

deňligi barlamaly bolýar.

Işiň ýerine ýetirilişi

1. Abzaly işçi ýagdaýa getirmeli (3-nji çyzgy).
2. Sag şary gyşardyp, elektromagnite tutdurmaly. Çünki şar dynçlykda durmaly.
3. α_1 burçy ölçemeli.
4. Sag şary goýbermeli.
5. Urgudan soň şarlaryň gyşarma α_1' we α_2' burçlaryny bellemeli ýa-da α_2'' burçy bellemeli.
6. Bu ölçegleri 5-10 gezek gaýtalamaly we aşakdaky formulalar boýunça burçlaryň orta bahalaryny hasaplamaly:

$$\alpha_1' = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} \alpha_{1i}' \qquad (15)$$

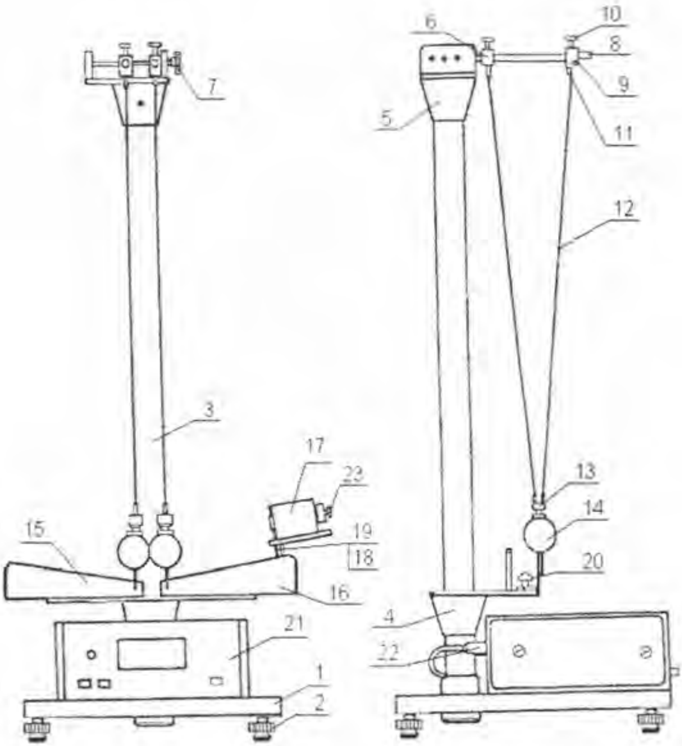
$$\alpha_2' = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} \alpha_{2i}' \qquad (16)$$

$$\alpha_2'' = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} \alpha_{2i}'' \qquad (17)$$

bu ýerde : n – ölçegleriň sany.

7. (11)-nji we (14)-nji deňlemeleri barlamaly.
8. $\delta = \frac{|P_0 - P_0'|}{P_0} \cdot 100\%$ we $\delta = \frac{|P_0 - P_0''|}{P_0} \cdot 100\%$ (18)

deňlemeler boýunça hereket mukdarynyň saklanma kanunynyň işçi ýalňyşlygyny ölçemeli.



3-nji çyzgy. **FRM-08 belgili abzalyň umumy görnüşi**

1 – abzalyň esasy, 2 – aýajyklar, 3 – sütün, 4,5 – degişlilikde aşaky we ýokarky kronşteýnler, 6 – steržen, 7 – towlanýan nurbat, 8 – saklaýjy, 9 – wtulka, 10 – bolt, 11 – ýokarky asma, 12 – sim, 13 – aşaky asma, 14 – şar, 15, 16 – şkalaly burçluklar, 17 – elektromagnit, 18, 19 – boltlar, 20 – towlanýan nurbat, 21 – mikrosekuntölçeýji, 22 – naprýaženiýä birleşdiriji, 23 – elektromagniti berkidiji.

Barlag üçin soraglar:

1. Hereket mukdary näme?
2. Hereket mukdarynyñ saklanma kanuny nähili aýdylýar?
3. Işçi deñlemelerini getirip çykaryñ we düşündiriň.
4. Absolýut maýyşgak we maýyşgak däl urgulary häsiýetlendiriň.
5. Işiñ ýerine ýetirilişini aýdyp beriň.

5-NJI TEJRIBE IŞI

Matematiki we öwrülme maýatnikleriň kömegi bilen agyrlyk güýjüniň tizlenmesini kesgitlemek

Işiň maksady: matematiki we öwrülme maýatnikleriň yrgyldy kanunlaryny öwrenmek we agyrlyk güýjüniň tizlenmesini kesgitlemek.

Abzallar: FPM-04 belgili uniwersal maýatnik.

Gysgaça maglumatlar

Uzyn, süýnmeýän, agramsyz sapakdan asylan, ähli massasy agyrlyk merkezinde jemlenen şardan duryan we agyrlyk güýjüniň täsirinde deňagramlylyk ýagdaýynyň töwereginde yrgyldyly hereket edip bilýän ulgama ***matematiki maýatnik*** diýilýär. Onuň yrgyldysy kiçi gyşarma burçlarynda ($\alpha<5^0$) garmoniki yrgyldydyr we süýşmesi

$$x = A\sin(\omega t+\varphi) \tag{1}$$

kanuna boýun egýär. Hereketiň tizlenmesi

$$a=\frac{d^2x}{dt^2}=\frac{d}{dt}\left(\frac{dx}{dt}\right)$$

$$\frac{dx}{dt}=A\omega\cdot\cos(\omega t+\varphi)$$

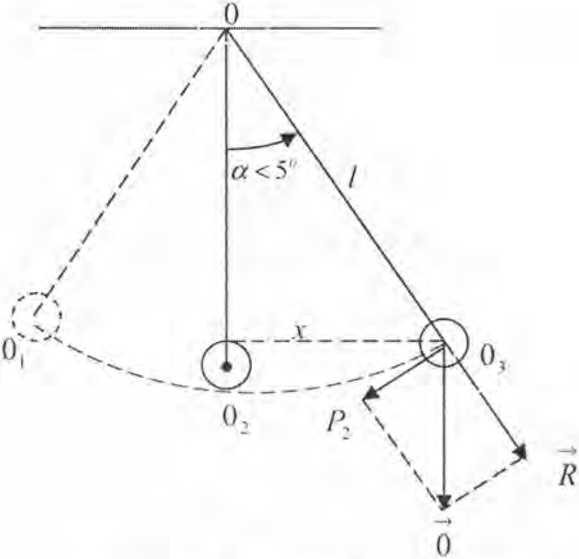
$$\frac{d^2x}{dt^2}=-A\omega^2\sin(\omega t+\varphi)=-\omega^2x$$

$$a=-\omega^2 x \tag{2}$$

Maýatnik deňagramlylyk ýagdaýyndan käbir α burça gyşardylanda, oňa

$$P_2 = - m \cdot g \cdot \sin\alpha = - mg\frac{x}{\ell} - e \qquad (3)$$

deň bolan gaýtaryjy (kwazimaýyşgak) güýç täsir edýär (1-nji çyzga seret).
Nýutonyň ikinji kanuny boýunça:



1-nji cyzgy. **Matematiki maýatnik**

$$P_2 = m\,a \qquad (4)$$

(3)-nji we (4)-nji deňlemeleri özara deňeşdirip alarys:

$$ma = -mg\frac{x}{\ell} \quad \text{ýa-da} \quad a = -g\frac{x}{\ell} \qquad (5)$$

(2)-nji bilen (5)-nji deňlemeleri özara deňläp,

$$-\omega^2 x = -g\frac{x}{\ell}$$

aňlatmany alarys.

Bu ýerde:

$\omega^2 = \frac{g}{\ell}$, emma $\omega = \frac{2\pi}{T_m}$ -e deň bolýandygyny göz öňünde tutup,

$\frac{4\pi^2}{T_m^2} = \frac{g}{\ell} m$ ýa-da $T_m = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$ deňlemäni alarys.

Bu ýerden

$$g = \frac{4\pi^2 \cdot \ell}{T_m^2} \qquad (6)$$

bolýandygy görünýär.

Alnan formulada : g-agyrlyk güýjüniň tizlenmesi, m/s^2 ; ℓ - matematiki maýatnigiň uzynlygy, m;T_m – matematiki maýatnigiň yrgyldy periody, s.

$$T_m = \frac{t}{n} \qquad (7)$$

bu ýerde: n – doly yrgyldylaryň sany, t – yrgyldynyň dowamlylygy, sek.

Agyrlyk güýjüniň täsirinde agyrlyk merkezinden geçmeýän asma nokadynyň (gorizontal okuň) töwereginde yrgyldyly hereket edip bilýän islendik makroskopik jisime **fiziki maýatnik** diýilýär. Periody fiziki maýatnigiňkä deň bolan matematiki maýatnigiň uzynlygyna fiziki maýatnigiň

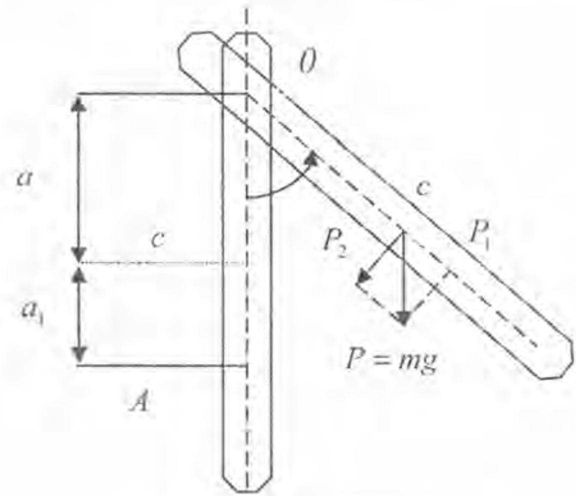
getirilen uzynlygy diýilýär. Asma O nokadyndan getirilen uzynlykça daşda ýerleşen A nokada **yrgyldy merkezi** diýilýär (2-nji çyzgy).

Eger fiziki maýatnik O we A nokatlaryň töwereginde yrgyldadylsa, olaryň periodlary deň bolsalar, onda fiziki maýatnige **öwrülme** maýatnigi diýilýär.

Maýatnige täsir edýän P_2 gaýtaryjy güýjüň momenti (2-nji çyzgy)

$$M = m \cdot g \cdot \sin\varphi \cdot a \qquad (8)$$

Bu ýerde: a- fiziki maýatnigiň C agyrlyk merkezinden O asma nokadyna çenli aralyk.



2-nji çyzgy. **Fiziki maýatnik**

Aýlanýan gaty jisimiň dinamikasy boýunça:

$$M = I \cdot \varepsilon_f \qquad (9)$$

bu ýerde: M – güýjüň momenti; I – inersiýa momenti; ε_f - burç tizlenmesi. (8)-nji we (9)-njy formulalary özara deňeşdirip alarys: m·g·sinφ · a = I · ε_f,

$$\varepsilon_f = \frac{mg\sin\varphi \cdot a}{I} \tag{10}$$

Eger uzynlygy $\ell = a$ bolan maýatnige garasak, onda

$$I = m \cdot \ell^2 \quad \text{we} \quad \varepsilon_m = \frac{mg\sin\varphi \cdot \ell}{m\ell^2} = \frac{g\sin\varphi}{\ell} \tag{11}$$

$T_f = T_m$ bolsa , $\varepsilon_f = \varepsilon_m$, onda (10)-njy we (11)-nji deňlemeleri deňläp, alarys:

$\frac{mg\sin\varphi \cdot a}{I} = \frac{g\sin\varphi}{\ell_g}$ we $\ell = \ell_g$ bolandygyny göz öňünde tutup,

$$\ell_g = \frac{I}{ma} \tag{12}$$

deňlemäni alarys. Bu ýerde : ℓ_g – fiziki maýatnigiň getirilen uzynlygy. (12)-nji deňlemäni ulanyp, matematiki maýatnigiň periodyny kesgitlemek üçin ýokarda getirilen

$T_m = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$ formulany peýdalanyp :

$$T_f = 2\pi\sqrt{\frac{I}{m \cdot g \cdot a}} \tag{13}$$

görnüşde ýazylan fiziki maýatnigiň periodyny kesgitlemek üçin formulany alarys. Bu formuladan, I=ma ℓ_g bolýandygyny göz öňünde tutup, agyrlyk güýjüniň tizlenmesini kesgitlemek üçin

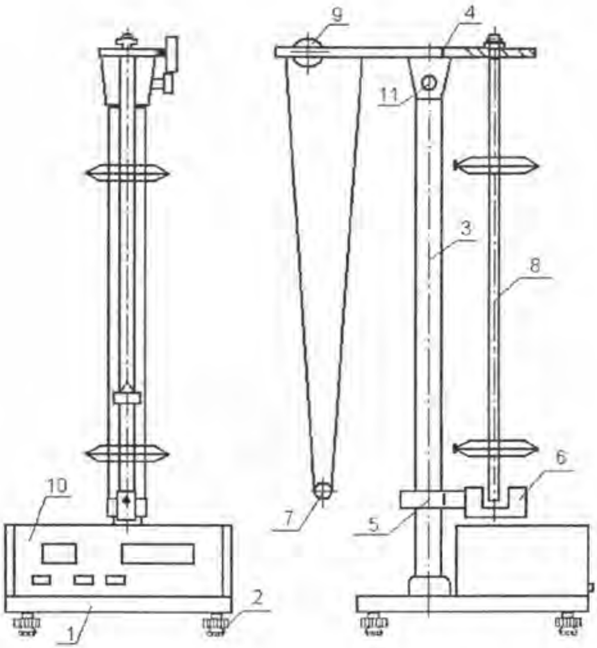
$$g = \frac{4\pi^2 \cdot \ell_g}{T_f} \qquad (14)$$

görnüşde hasaplama formulasyny alarys.

Işiň ýerine ýetirilişi.

Matematiki maýatnigiň kömegi bilen agyrlyk güýjüniň tizlenmesiniň kesgitlenilişi

1. Abzalyň işleýşini barlamaly (3-nji çyzga seret).
2. Aşaky kronşteýni sütüniň aşak ujunda şkalada 50 sm töweregi görner ýaly edip berkitmeli.
3. Fotoelektrik görkezijiniň korpusyndaky çyzyk şardaky çyzyk bilen gabat gelmeli.
4. Şarjagazy 4 -5^o gyşardyp maýatnigi herekete getirmeli.
5. "Sbros" diýen düwmäni basyň.
6. 10 yrgyldydan soň "stop" düwmäni basyň.
7. 7-nji formula boýunça T_m-ni tapyň.
8. Şkala boýunça maýatnigiň ℓ uzynlygyny belläň.
9. 6-njy formula boýunça g-ni hasaplaň.



3-nji çyzgy. **FPM-04 belgili uniwersal maýatnik.**
1 – desganyň esasy, 2 – aýajyklar, 3 – sütün, 4 – ýokarky kronşteýn , 5 – aşaky kronşteýn, 6 – fotoelektrik görkeziji, 7 – şar, 8 – diskler berkidilen sterženi (öwrülme maýatnigi), 9 – matematiki maýatnigiň sapagyny sazlaýjy, 10 – ölçeýji blok, 11 – maýatnigi berkidiji.

Öwrülme maýatnigiň kömegi bilen agyrlyk güýjüniň tizlenmesiniň kesgitlenilişi.

1. Ýokarky kronşteýni 180° öwrüň.
2. Diskleri steržende biri onuň ujuna ýakyn, beýlekisi bolsa ortasyna golaý bolar ýaly berkidiň.

3. Maýatnigiň aýajyklarynyň birini sterženiň erkin ujunyň ýakynynda, beýlekisini bolsa diskleriň ortasynda ýerleşdiriň.
4. Maýatnigi ýokarky kronşteýnde sterženiň ujundaky aýajykda oturdyň.
5. Maýatnigiň sterženi fotoelektrik görkezijiniň optiki okuny keser ýaly ediň.
6. Maýatnigi 4-5^{0} burça gyşardyp goýberiň.
7. “Sbros” diýen düwmäni basyň.
8. On yrgyldydan soň “stop” düwmäni basyň.
9. 7-nji formula boýunça periody (T_f) tapyň.
10. Maýatnigi aýryň we beýleki aýajygynda oturdyň.
11. Aşaky kronşteýni süýşürip steržen optiki oky keser ýaly etmeli.
12. Maýatnigi 4-5^{0} gyşardyp goýberiň, T_m – i hasaplaň we ony 7-nji formula boýunça kesgitlenen T_f bilen deňeşdiriň.
13. Eger $T_m > T_f$ bolsa, 2-nji aýajygy sterženiň ujundaky aýajyga tarap, $T_m < T_f$ bolsa, sterženiň ortasyna tarap süýşüriň. Diskleriň we birinji aýajygyň ýagdaýlaryny üýtgetmäň.
14. Ikinji aýajygyň ýagdaýyny tä $T \approx T_\varphi$ bolýança (0,5%takyklyk bilen) üýtgediň.
15. Aýajyklaryň aradaşlygyny (ℓ_g) belläň.
16. (14)-nji formula boýunça g-ni hasaplaň.
17. $$\sigma = \frac{g - g_n}{g_n} \cdot 100\% \qquad (15)$$

formula boýunça ölçegleriň işçi ýalňyşyny hasaplaň. Bu ýerde: g – ölçegleriň netijesinde tapylan baha; g_n – nazary baha [9.81 m/s^2].

Barlag üçin soraglar:

1. Matematiki maýatnik näme?
2. Fiziki maýatnik näme?
3. Öwrülme maýatnigiň fiziki maýatnikden näme tapawudy bar?
4. Fiziki maýatnigiň getirilen uzynlygy näme?
5. Işçi formulalary getirip çykaryň.
6. Işi ýerine ýetirişiňiz barada gürrüň beriň.
7. Agyrlyk güýjüniň tizlenmesi geografik giňişlige we beýiklige baglymy?
8. Matematiki maýatnigiň periody (T) we agyrlyk güýjüniň tizlenmesi (g) nirede uly: Ýerdemi ýa-da Aýda?

6-NJY TEJRIBE IŞI

Erkin däl ulgamlaryň yrgyldylaryny öwrenmek

Işiň maksady: 1. maýyşgak pružin bilen çatylan iki maýatnigiň ygryldysynyň nazaryýetde hasaplanan ýygylygyny tejribede barlamak;
2. rezonans we "urgy" hadysalaryna gözegçilik etmek.

Abzallar: FPM-13 belgili ýörite ýasalan abzal.

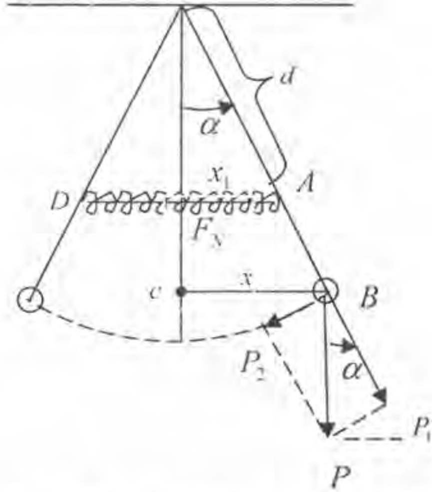
Gysgaça maglumatlar

Eger maýatnikleriň ikisi-de bir tarapa deň burça gyşardylyp goýberilse, onda çatyk maýatnikler deň fazada (sinfaz) ygryldarlar. Bu ýagdaýda ygryldynyň ýygylygy belli bolşy ýaly (5-nji tejribe işine seret).

$$f_1^2 = \frac{1}{4\pi^2} \cdot \frac{g}{\ell} \qquad (1)$$

formuladan tapylar, bu ýerde: f_1 – sinfaz yrgyldylaryň ýygylylygy, s^{-1} (Gs); g – agyrlyk güýjüniň tizlenmesi, m/s^2; ℓ - maýatnigiň uzynlygy, m.

Eger çatyk maýatnikler deň burça, ýöne garşylykly tarapa gyşardylyp goýberilse, onda yrgyldy garşylykly fazada bolar. Bu ýagdaýda maýatnige P_2 = Psinα we süýnen pružinlerde döreýän $F_{m1} = -k_1 x_1$, $F_{m2} = -k_2 x_2$ maýyşgak güýçler täsir ederler (1-nji çyzgy).



1-nji çyzgy. **Erkin däl yrgyldyly hereketiň shematik görnüşi**

Bu ýerde: $x_1=x_2$ – pružiniň uzalmasy (gysgalmasy). Maýatnigi O nokadyň töwereginde aýlandyrýan P we F_m güýçleriň momenti:

$$M = P \cdot x_1 + (k_1 + k_2)x_1 d$$

bu ýerde M – güýjüň momenti, [J]=[N]·[m];

P–jisimiň agramy, N; x–maýatnigiň süýşmesi,m;

k_1, k_2 – pružinleriň berkligi, N/m (abzalyň pasportyna seret: k_1=5g/sm; k_2=7g/sm); x_1 – pružiniň süýşmesi (uzalmasy), m.

$\backsim$ ΔODA ΔOCB bolany üçin $\frac{x_1}{d}=\frac{x}{\ell}$ we $x_1=\frac{x}{\ell}d$;

d – pružiniň maýatnige berkidilen ýerinden (A nokatdan) onuň asma nokadyna (0 nokada) çenli aralyk. Diýmek,

$$M = x\left(P + (k_1 + k_2)\frac{d^2}{\ell}\right) \qquad (2)$$

Emma gaty jisimiň aýlanma hereketi üçin

$$M = I \cdot \varepsilon, \qquad (3)$$

bu ýerde: $I = m \cdot \ell^2$ - maýatnigiň inersiýa momenti, kg·m^2;
ε – burç tizlenmesi, s^{-2}.

$\varepsilon = \frac{a}{\ell}$; $a = w^2x$ - çyzyk tizlenmesi. Onda ýokarky deňleme

$$M = m\ell^2\frac{w^2x}{\ell} = m\ell w^2x \qquad (4)$$

görnüşi alar. (2)-nji we (3)-nji deňlemeleri özara deňläp alarys:

$$m\ell w^2x = x\left[P + (k_1 + k_2)\frac{d^2}{\ell}\right].$$

$$w^2 = 4\pi^2 f_2^2 \text{ we } m = \frac{P}{g}$$

bolýandygyny göz öňünde tutup:

$$\frac{P}{g}\ell 4\pi^2 f_2^2 = P + (k_1 + k_2)\frac{d^2}{\ell}$$

deňlemäni alarys. Bu ýerden

$$f_2^2 = \frac{g}{4\pi^2}\left(\frac{1}{\ell} + \frac{(k_1 + k_2)d^2}{p\ell^2}\right)$$

deňleme alynýar.

Eger $k_1 = k_2 = k$ bolsa, onda

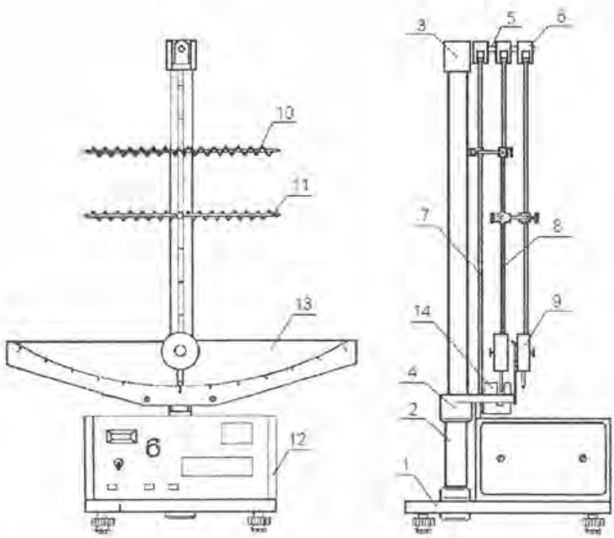
$$f_2^2 = \frac{g}{4\pi^2}\left(\frac{1}{\ell} + \frac{2kd^2}{p\ell^2}\right), \tag{5}$$

bu ýerde f_2 – garşylykly fazada yrgyldaýan maýatnikleriň yrgyldy ýygylygy, s^{-1} (Gs).

Işiň ýerine ýetirilişi

1. Abzalyň dogry işleýändigini barlamaly (2-nji çyzgy).
2. (1)-nji we (5)-nji formulalar boýunça sinfaz we garşylykly fazadaky yrgyldylaryň f_1 we f_2 ýygylyklaryny hasaplaň.
3. Maýatnikleri birleşdiriň. Ýükleri (gara diskleri) bolsa sterženiň aşaky böleginde deň daşlykda berkidiň.
4. Yrgyldy oýandyrýan sterženden (3-nji steržen) pružinleri boşadyň.
5. "Seti" diýen düwmäni basyň.
6. Maýatnikleri bir tarapa α burça gyşardyň we olary goýberiň.
7. "Sbros" diýen düwmäni basyň.
8. 10 doly yrgyldydan soň "Stop" diýen düwmäni basyň.
9. Abzalyň görkezýän t wagtyny we n – ygryldy sanyny ýazyp alyň.

$$f_1 = \frac{n}{t} \tag{6}$$



2-nji çyzgy. **FPM-13 belgili abzalyň umumy görnüşi.**
1 – abzalyň esasy, 2 – sütün, 3 – wtulka, 4 – kronşteýn, 5 – steržen, 6 – asmalar, 7 – yrgyldy oýaryjy steržen, 8 – ýükler berkidilen steržen, 9 – ýükler, 10 – pružin, 11– pružin saklaýjy, 12 – ölçeýji blok, 13 – burç şkalasy, 14 – fotoelektrik görkeziji.

formula boýunça sinfaz yrgyldylaryň ýygylygyny hasaplaň. Garşylykly fazadaky yrgyldylaryň ýygylygy-da edil ýokarda aýdylyşy ýaly ýerine ýetirilýär, ýöne başda maýatnikler bir tarapa däl-de garşylykly tarapa α burça gyşardylyp goýberilýär.

10. Soňra sinfaz yrgyldynyň ýygylygynyň otnositel ýalňyşlygyny tapyň:

$$\delta_1 = \frac{|f_1 - f_{n1}|}{f_{n1}} \cdot 100\%, \qquad (7)$$

bu ýerde: δ_1 – sinfaz ygryldynyň ýygylygynyň otnositel ýalňyşlygy;
f_1 – tejribede tapylan ýygylyk;
f_{n1} - (1)-nji nazary formuladan tapylan ýygylyk.

Edil şunuň ýaly yzygiderlilikde

$$\delta = \frac{|f_2 - f_{n2}|}{f_{n2}} 100\% \qquad (8)$$

formulanyň kömegi bilen garşylykly fazada yrgyldaýan maýatnikler üçin yrgyldynyň ýygylygy kesgitlenende goýberilýän otnositel ýalňyşlygy kesgitleýäris, bu ýerde: δ – garşylykly fazadaky yrgyldylaryň ýygylygy kesgitlenende goýberilen otnositel ýalňyşlyk;
f_2 – tejribede tapylan ýygylyk;
f_{n2} – (5)-nji nazary formuladan tapylan ýygylyk.

Sinusoidal daşky täsir arkaly çatyk maýatniklerde mejbury yrgyldynyň oýandyrylyşy (rezonansa syn etmek)

Onuň üçin:

1. Maýatnikleri çatýan pružinleri yrgyldy oýandyrýan steržene baglamaly.
2. Dwigateli (hereketlendirijini) toga birleşdiriň.
3. Hereketlendirijiniň aýlaw sanyny üýtgedip, maýatnikleriň yrgyldy amplitudalaryna gözegçilik ediň.
4. Maýatnikleriň 20°-a golaý amplitudaly yrgyldylarynda rezonans hadysasynyň nähili bolup geçýändigine gözegçilik ediň.

Çatyk maýatniklerde “urgy” hadysasyna syn etmek üçin

1. Maýatnikleri çatyjy pružinleri yrgyldy oýandyryjy sterženden boşadyň.
2. Maýatniklerde islendik parametrleri goýuň (dürli uzaklykda, massada).
3. Maýatnikleriň birini islendik burça gyşardyp goýberiň.
4. Bolup geçýän hadysa gözegçilik ediň.

Barlag üçin soraglar:

1. Erkin däl ulgamlara mysallar getiriň.
2. Işçi formulalary getirip çykaryň we düşündiriň.
3. Işiň ýerine ýetirilişini düşündiriň.
4. Erkin (hususy), erkin däl yrgyldylar näme? Nähili yrgylda togtaýan, mejbury yrgyldy diýilýär?
5. Rezonans hadysasy näme? Onuň duş gelýän peýdaly we zyýanly ýerlerine mysallar getiriň.
6. Yrgyldylaryň goşulyşy “urgy” hadysasy barada düşündiriş beriň.

7-NJI TEJRIBE IŞI

Makswelliñ maýatniginde metal halkalaryñ inersiýa momentlerini kesgitlemek

Işiñ makdasy: energiýanyñ saklanmak kanuny esasynda metal halkalaryñ inersiýa momentini kesgitlemek.

Abzallar: FPM-03 belgili ýasalan abzal.

Gysgaça maglumatlar

Energiýanyñ saklanma kanuny boýunça izolirlenen (ýalñyzlanan) ulgamyñ mehaniki energiýasy hereketiñ dowamynda üýtgemeýär.

h beýiklige galdyrylan m massaly ulgamyñ potensial energiýasy bar. Ol aşaklygyna goýberilende agyrlyk merkezi ϑ tizlik bilen gönüçyzykly hereket edip, $\frac{m\vartheta^2}{2}$ kinetik energiýa eýe bolýar. Disk öz okunyñ daşyndan ω burç tizligi bilen aýlanýar we ol jisim $\frac{I\omega^2}{2}$ energiýa eýe bolar. Onda

$$mgh = \frac{m\vartheta^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2} \tag{1}$$

deñligi ýazyp bolar. Bu ýerden:

$$I = \frac{2mgh - m\vartheta^2}{\omega^2} \tag{2}$$

Emma $\omega = \frac{\vartheta}{r} = \frac{2\vartheta}{D}$, (bu ýerde r, D - diskiň radiusy we diametri);

$$\vartheta = at \qquad h = \frac{at^2}{2} = \frac{at \cdot t}{2} = \frac{\vartheta t}{2} \qquad (3)$$

Bu ýerden: $\vartheta = \frac{2h}{t}$; onda

$$I = \frac{\left(2mgh - m\frac{4h^2}{t^2}\right) \cdot D^2}{4 \cdot \frac{4h^2}{t^2}}$$

ýa-da

$$I = \frac{1}{4} \cdot mD^2 \left(\frac{g \cdot t^2}{2 \cdot h} - 1\right) \qquad (4)$$

bu ýerde: I – maýatnigiň inersiýa momenti, kg· m^2;
D – maýatnigiň daşyna ýüp oralan okunyň diametri, m;
t – maýatnigiň aşak düşme wagty, s;
g –agyrlyk güýjüniň tizlenmesi, m/s^2;
h –maýatnigiň galdyrylan beýikligi, m;
m –halka bilen birlikde maýatnigiň massasy, kg;

$$m = m_o + m_d + m_p \qquad (5)$$

bu ýerde:
m_o–maýatnigiň okunyň massasy, kg;
m_d– diskiň massasy, kg;
m_p– diske geýdirilen halkanyň massasy, kg.

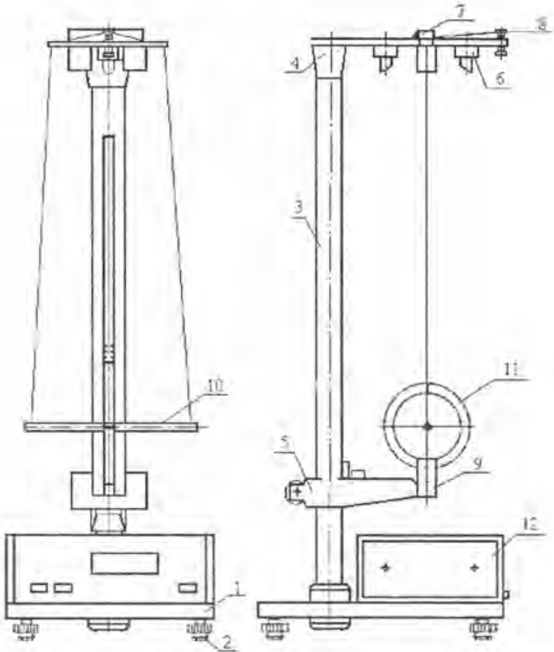
(Bu massalaryň her biriniň san bahasy okda, diskde, halkada ýazylandyr). Maýatnigiň okunyň daşky diametri

$$D=D_o+2D_ý \;, \tag{6}$$

bu ýerde: D_o – maýatnigiň okunyň diametri, m;

$D_ý$ – ýüpüň diametri, m.

(D_o=0,01m; $D_ý$=0,5·10^{-3}m)



1-nji çyzgy. **FPM-03 belgili abzalyň umumy görnüşi (Makswelliň maýatnigi).**

1 – abzalyň esasy, 2 – aýajyklar, 3 – sütün, 4 – ýokarky (gozganmaýan) kronşteýn, 5 – gozganýan aşaky kronşteýn, 6 – elektromagnit, 7 – ýokarky fotoelektrik görkeziji, 8 – sazlaýjy nurbat, 9 – aşaky fotoelektrik görkeziji, 10 – diskli ok, 11 – diske geýdirilen halka, 12 – ölçeýji blok.

Işiň ýerine ýetirilişi:

1. Aşaky kronşteýni iň aşaky ýagdaýynda goýup, bellemeli (1-nji çyzga seret).
2. Maýatnigiň diskine halkalaryň baryny geýdirmeli.
3. Maýatnigiň okuna ýüp orap, ony ýokarky ýagdaýda ýerleşdirmeli.
4. "Pusk" diýen düwmäni basyň.
5. Çarhyň gaýkasyny towlap, maýatnik aşak düşende halka fotoelektrik görkezijiniň optiki okundan 2mm-e golaý aşakda bolar ýaly edip, maýatnigiň uzynlygyny kesgitlemeli.
6. Ýene-de "Pusk" diýen düwmäni basyň.
7. Ýüpi oka endigan saraň (sarymlar biri-birine degşip durmaly).
8. Maýatnigi ýokarky ýagdaýynda elektromagnitiň kömegi bilen berkidiň.
9. Maýatnigi hereket ugruna 5^0 çemesi öwrüň.
10. "SBROS" diýen düwmäni basyň.
11. "PUSK" diýen düwmäni basyň.
12. Abzalyň görkezýän wagtyny belläň.
13. Tejribäni bäş gezek gaýtalaň.
14. $$t = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} t_i \qquad (7)$$

formula boýunça maýatnigiň ortaça gaçma wagtyny tapyň, bu ýerde: n–ölçegleriň sany;

t_i– i-nji ölçegde kesgitlenen wagt;

t–ortaça wagt.

15. Wertikal sütündäki şkala boýunça maýatnigiň uzynlygyny (gaçan beýikligini) h tapyň.

16. (6)-njy formula boýunça D-ni hasaplaň.
17. (5) –nji formula boýunça maýatnigiň halka bilen birlikde massasyny (m –i) hasaplaň.
18. (4) –nji formula boýunça maýatnigiň inersiýa momentini (I –ni) hasaplaň.
19. Işiň ýalňyşlygyny hasaplaň.

$$\delta=\frac{|I-I_n|}{I_n}\cdot 100\% \tag{8}$$

bu ýerde: I - tejribede (4)-nji formula boýunça tapylan inersiýa momenti , $kg{\cdot}m^2$;

I_n – inersiýa momentiniň nazary tapylan bahasy, $kg{\cdot}m^2$. Inersiýa momentiniň teoriýadan tapylan bahasy aşakdaky formuladan tapylýar:

$$I_n = I_0 + I_P + I_d, \tag{9}$$

bu ýerde:

$$I_0 = \frac{1}{8} m_0 D_0^2 \tag{10}$$

I_0 – maýatnigiň okunyň inersiýa moment;

$$I_d = \frac{1}{8} m_k (D_d^2 + D_0^2) \tag{11}$$

I_dK – diskiň inersiýa momenti; (D_d=86 $\cdot 10^{-3}$ m – diskiň diametri).

$$I_P = \frac{1}{8} m_P (D_P^2 + D_K^2) \tag{12}$$

I_P – diske geýdirilen halkanyň inersiýa momenti (D_P = 105 $\cdot 10^{-3}$m – halkanyň daşky diametri).

Barlag üçin soraglar:

1. Makswelliň maýatnigini häsiýetlendiriň.
2. Inersiýa momenti näme? Dürli jisimler üçin inersiýa momentiň kesgitleniş formulalaryny ýazyň.
3. Energiýanyň saklanma kanunyny aýdyp beriň.
4. Potensial energiýanyň we aýlanma hereketlerindäki kinetik energiýanyň formulalaryny ýazyň.
5. Işçi formulany getirip çykaryň we düşündiriň.
6. Işiň ýerine ýetirilişini aýdyp beriň.

8-NJI TEJRIBE IŞI

Gaty jisimiň aýlanma hereketiniň dinamiki kanunyny barlamak (Oberbekiň maýatnigi)

Işiň maksady: gaty jisimiň aýlanma hereketiniň dinamiki kanunyny barlamak we Oberbekiň maýatniginiň inersiýa momentini kesgitlemek.

Abzallar: FPM-06 tipli ýörite ýasalan abzal.

Gysgaça maglumatlar

Gaty jisimi okuň töwereginde aýlandyryjy güýjüň momenti:

$$M = I \cdot \varepsilon, \tag{1}$$

bu ýerde: M – güýjüň aýlandyryjy momenti:

$$M = F \cdot r = m \cdot (g - a) \cdot r; \tag{2}$$

bu ýerde: m – aşak düşýän ýüküň massasy, kg;
g – agyrlyk güýjüniň tizlenmesi, m/s^2;
F – diske täsir edýän güýç, N;
r – diskiň radiusy, m,

$$a = \frac{2h}{t^2} \quad \text{- çyzyk tizlenmesi} \tag{3}$$

h – ýüküň deňtizlenip gaçan beýikligi, m;
t – ýüküň gaçyş wagty, s.

$$\varepsilon = \frac{a}{r} \quad \text{- burç tizlenmesi.} \tag{4}$$

Onda: $$\varepsilon = \frac{2h}{t^2 r} \tag{5}$$

(1) we (2) formulalary deňeşdirip alarys:

$$I = \frac{M}{\varepsilon} = \frac{m\left(g - \frac{2h}{t^2}\right) r^2 t^2}{2h} \tag{6}$$

Inersiýa momentini nazary hasaplap hem bolýar. Onuň üçin şu işde

$$I_n = I_0 + 4m_1 R^2 + 4\frac{m_2 \ell^2}{3} \tag{7}$$

formuladan peýdalanmaly.

Bu ýerde: I_0 – iki basgançakly diskiň, okuň we hatjanyň wtulkasynyň inersiýa momentleriniň jemi;

$4m_1R^2$ – hatjadaky gozganýan ýükleriň inersiýa momentleri;

R – aýlanma okundan ýüke çenli aralyk;

m_1 – gozganýan ýüküň massasy (m_1 = 42 g=0,042 kg);

$4\frac{m_2 l^2}{3}$ - hatjanyň ýüksüz inersiýa momenti;

ℓ - hatjanyň sterženiniň uzynlygy, m;

m_2 – sterženiň massasy, kg.

Işiň ýerine ýetirilişi

1. Abzalyň işleýşini barlaň (1-nji çyzgy).
2. Isledigiňizçe ýükleri berkidiň.
3. Hatjany aýlap ýükleri galdyryň we ýükleriň aşaky gyrasyny ýokarky fotoelektrik görkezijiniň korpusyndaky çyzyk bilen gabat getiriň.
4. Wertikal sütün boýunça h beýikligi belläň.
5. "Start" diýen düwmäni basyň.
6. Abzalyň görkezmesi boýunça ýükleriň h beýiklikden t gaçyş wagtyny belläň.
7. Ölçegleri 5 gezek gaýtalap geçiriň we $t = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} t_i$

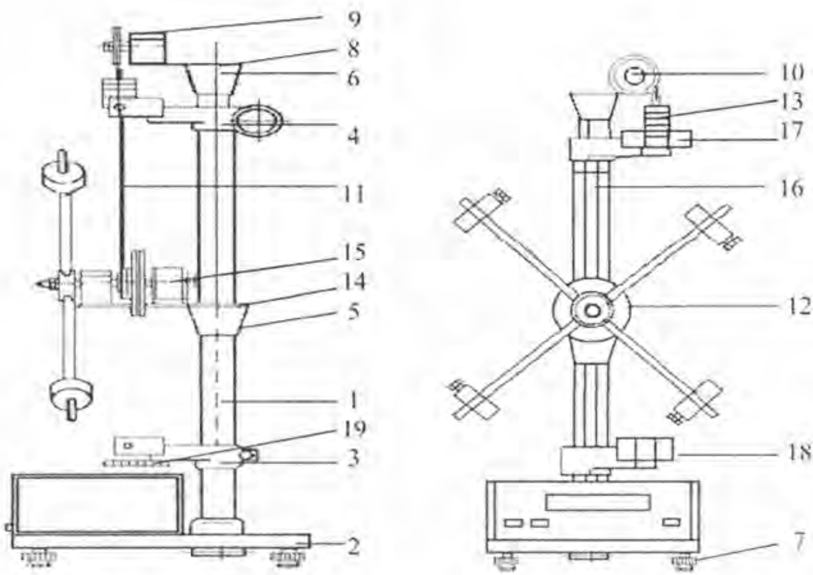
   formula boýunça ýüküň gaçyş wagtynyň ortaça bahasyny tapyň, bu ýerde n - ölçegleriň sany; t_i – i-nji ölçegde ýüküň gaçyş wagty.
8. (6)-njy formula boýunça inersiýa momentini kesgitläň.
9. Inersiýa momentiniň kesgitlenişiniň otnositel

   ýalňyşlygyny tapyň. Onuň üçin

$\delta = \frac{|I_n - I|}{I_n} \cdot 100\%$ formulany peýdalanyň. Bu ýerde:

I_n – (7)-nji formula boýunça hasaplanan inersiýa momenti;

I – (6)-njy formula boýunça tejribede tapylan inersiýa momenti.



1-nji çyzgy. **FPM-06 belgili abzalyň umumy görnüşi (Oberbekiň maýatnigi).**

1 – wertikal sütün, 2 – abzalyň esasy, 3,4 – degişlilikde aşaky süýşmeýän we ýokarky süýşýän kronşteýnler, 5, 6 – aşaky we ýokarky wtulkalar, 7 – aýajyklar, 8 – ýokarky esas, 9 – podşipnikli disk, 10 – disk, 11 – sapak, 12 – iki basgançakly disk, 13 – ýükler, 14 – elektromagnidiň daýanjy, 15 – togtadyjy elektromagnit, 16 – millimetrli şkala, 17, 18 – ýokarky we aşaky fotoelektrik görkezijiler, 19 – ýükleriň hereketini togtadyjy rezin düşelen esas, 20 – ölçeýji blok.

Barlag üçin soraglar:

1. Aýlanýan gaty jisim üçin Nýutonyň 2-nji kanuny nähili ýazylýar we okalýar?
2. Oberbekiň maýatniginiň gurluşyny we işleýşini düşündiriň.

3. Işçi formulany getirip çykaryň.
4. Inersiýa momenti näme? Disk, steržen, material nokat üçin inersiýa momentiniň formulalaryny ýazyň (getirip çykaryň).
5. Işiň ýerine ýetirilişini aýdyp beriň.
6. Işçi ýalňyşlygy nädip tapdyňyz?

9-NJY TEJRIBE IŞI

Ballistiki towlanma maýatniginde okuň tizligini kesgitlemek

Işiň maksady: okuň uçuş tizligini kesgitlemek
Abzallar: FPM-09 belgili ýörite ýasalan abzal.

Gysgaça maglumatlar

Towlanma maýatnigi fiziki maýatnikdir. Aýlanma hereket üçin

$$M = I \cdot \varepsilon \qquad (1)$$

bu ýerde $$M = f_t \cdot \varphi \qquad (2)$$

M – aýlandyryjy güýjüň momenti, f_t – towlanma moduly;
φ – towlanma burçy;
I – inersiýa momenti.

$$\varepsilon = \frac{d^2\varphi}{dt^2} \qquad (3)$$

ε-burç tizlenmesi. Onda (1) - nji , (2) - nji we (3) - nji formulalardan alarys:

$$f_t \cdot \varphi = I \cdot \frac{d^2\varphi}{dt^2} \quad \text{ýa-da} \quad \frac{d^2\varphi}{dt^2} = -\frac{f_t}{I} \cdot \varphi \qquad (4)$$

(-) alamaty aýlandyryjy momentiň mydama φ burçy kiçeltmäge ugrugany üçin goýulýar.

(4) - nji formulany $\frac{d^2\varphi}{dt^2} + \frac{f_t}{I} \cdot \varphi = 0$ görnüşde ýazyp we

$$\frac{f_t}{I} = w^2, \quad w^2 = \frac{4\pi^2}{T^2} \tag{5}$$

bolýandygyny hasaba alyp $\frac{f_t}{I} = \frac{4\pi^2}{T^2}$

gatnaşygy alarys. Bu ýerden towlanma yrgyldysynyň periody üçin

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{f_t}} \tag{6}$$

görnüşli formula alnar. Bu formulany towlanma maýatnigiň iki ýagdaýy üçin: ýükler aýlanma okuna golaý we ýükler aýlanma okundan daşda goýlan ýagdaýlary üçin ýazalyň:

$$T_1^2 = 4\pi^2 \frac{I_1}{f_T} \tag{7}$$

$$T_2^2 = 4\pi^2 \frac{I_2}{f_T} \tag{8}$$

(7)- nji formuladan (8) - nji formulany aýralyň:

$$T_1^2 - T_2^2 = 4\pi^2 \frac{I_1 - I_2}{f_t}, \tag{9}$$

bu ýerden

$$f_t = \frac{4\pi^2 (I_1 - I_2)}{T_1^2 - T_2^2} \tag{10}$$

emma $$M_0 = f_t \cdot \varphi_0 = \frac{4\pi^2 \cdot \alpha(I_1 - I_2)}{T_1^2 - T_2^2} \tag{11}$$

bu ýerde : $\varphi_0 = \alpha$ – maýatnigiň maksimal towlanma burçy.
M_0 – aýlandyryjy momentiň maksimal bahasy.
Maýatnigiň inersiýa momenti:

$$I_1 = I_0 + 2mR_1^2 \qquad (12)$$

$$I_2 = I_0 + 2mR_2^2 \qquad (13)$$

görnüşde ýazylyp bilner. Bu ýerde:

I_1 – birinji ýagdaýda inersiýa momenti;
I_2 – ikinji ýagdaýda inersiýa momenti;
I_0 – ýüksüz maýatnigiň inersiýa momenti;
m – ýüküň massasy;
R_1 – ýükleriň birinji ýagdaýda okdan daşlygy;
R_2 – ýükleriň ikinji ýagdaýda okdan daşlygy.

Onda $$I_1 - I_2 = = 2\,m\,(R_1^2 - R_2^2) \qquad (14)$$

(14) - nji formuladan $I_1 - I_2$ tapawudyň bahasyny (11)-nji formulada goýup,

$$M_0 = \frac{8\pi^2 m\alpha (R_1^2 - R_2^2)}{T_1^2 - T_2^2} \qquad (15)$$

aňlatmany alarys.

Yrgyldy wagtynda towlanma burçy $\varphi = \varphi_0 \sin wt = \varphi_0 \sin\alpha$, (bu ýerde $\alpha = wt$) kanun boýunça üýtgeýär diýeliň, ýagny yrgyldyny garmoniki hasaplalyň. Onda $dM = fd\varphi = f\varphi_0 d(\sin\alpha)$. Çärýek periodyň dowamynda ($0 \le \varphi \le \pi/2$) momentiň orta bahasy şeýle tapylýar:

$$M_{or} = \frac{1}{\pi/2}\int_0^{\pi/2} f\varphi_0 d(\sin\alpha) = \frac{f\cdot\varphi_0}{\pi/2}\cdot\sin\alpha \,\Big|_0^{\pi/2} = \frac{2\varphi_0 f}{\pi};$$

emma $f\cdot\varphi_0 = M_0$,

onda

$$M_{or} = \frac{2}{\pi}\cdot\frac{8\pi^2 m\cdot\alpha(R_1^2 - R_2^2)}{T_1^2 - T_2^2} \qquad (16)$$

Aýlanýan gaty jisim üçin dinamikanyň 2-nji kanunyny (aýlawly hereketiň dinamikasynyň esasy deňlemesini) şeýle ýazmak bolar:

$$\frac{\Delta L}{\Delta t} = M_{or} \qquad (17)$$

bu ýerde: ΔL – hereket mukdarynyň momentiniň üýtgemesi;
Δt – bu üýtgemäniň bolup geçen wagty.

Emma $\Delta L = m_0 \cdot \Delta\upsilon\cdot r$ (18)

bu ýerde: m_0 – okuň massasy; $\Delta\upsilon$ – tizligiň üýtgemesi; r – okuň ýelmeşen ýerinden aýlanma okuna çenli aralyk

$$\Delta t = \frac{T}{4}, \qquad (19)$$

Diýmek, $$M_{or} = \frac{\Delta L}{\Delta t} = \frac{4m_0\cdot\Delta\upsilon\cdot r}{T} \qquad (20)$$

Onda (16) - njy we (20) - nji formulalary özara deňläp, alarys:

$$\frac{4m_0\cdot\upsilon\cdot r}{T_1} = \frac{2\cdot 8\pi^2 m\alpha(R_1^2 - R_2^2)}{\pi(T_1^2 - T_2^2)}$$

ýa-da

$$\upsilon = \frac{4\pi m \alpha T_1 (R_1^2 - R_2^2)}{m_0 \cdot r (T_1^2 - T_2^2)} \qquad (21)$$

Işiň ýerine ýetirilişi

1. Abzalyň işleýändigine göz ýetiriň (1-nji çyzga seret).
2. Ýükleri biri-birine ýakyn arada goýuň, R_2) – ni ölçäň.
3. Maýatnigi nol ýagdaýa getiriň $\alpha = 0$.
4. Oky pružinli pistoletden atyň.
5. Okuň massasyny terezide ölçäň m_0.
6. Maýatnigiň gyşaran iň uly burçuny α –ny belläň.
7. Abzaly işlediň.
8. Maýatnigi α burça towlap goýberiň.
9. 10 yrgyldydan soň t wagty belläň.
10. $T_1 = \frac{t}{10}$; $\frac{t}{w} = T_1$ formula boýunça periody tapyň.
11. (21) –nji formula boýunça okuň tizligini hasaplaň.
12. Abzalyň işçi ýalňyşlygyny

$$\delta = \frac{\upsilon_1 - |\upsilon_{or}|}{|\upsilon_{or}|} \cdot 100\% \qquad (22)$$

formula boýunça tapyň.

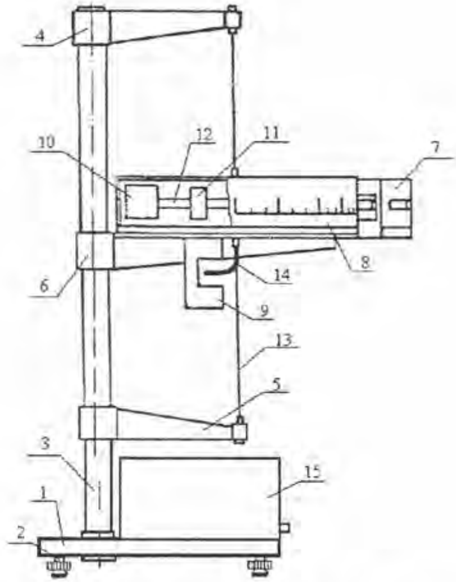
Bu ýerde: υ_1 - (21) - nji formula boýunça tapylan tizlik;

υ_{or} - okuň uçuş tizliginiň orta bahasy

$$\upsilon_{or} = \frac{\sum_{i=1}^{z} |\upsilon_i|}{z}; \qquad (23)$$

z – ölçegleriň sany;

υ_i – i –nji ölçegde tapylan tizlik



1-nji çyzgy. FPM-09 belgili abzalyň umumy görnüşi (ballistik towlanma maýatnigi).

1 – abzalyň esasy, 2 – aýajyklar, 3 – sütün, 4,5,6 – degişlilikde ýokarky, aşaky we ortaky kronşteýnler, 7 – atyjy gurluş, 8 – burç şkalasy, 9 – fotoelektrik görkeziji, 10 – içi plastilinli gapjagaz, 11 – ýük, 12 – steržen, 13 – polat sim, 14 – sime berkidilen aýlanyjy, 15 – ölçeýji blok.

Barlag üçin soraglar:

1. Hereketiň tizligi näme?
2. Towlanma yrgyldynyň periodyny getirip çykaryň we düşündiriň.
3. Güýjüň momenti , inersiýa momenti we hereket mukdarynyň momenti näme?
4. Işçi formulany getirip çykaryň we düşündiriň.
5. Işiň ýerine ýetirilişini aýdyp beriň.

10-NJY TEJRIBE IŞI

Impulsyň momentiniň saklanma kanuny we giroskopiki effekti barlamak

Işiň maksady: impulsyň momentiniň saklanma kanuny esasynda giroskopyň presessiýasynyň burç tizligini, giroskopyň kinetiki momentini, diskiň we hereketlendirijiniň rotorynyň inersiýa momentini kesgitlemek.

Abzallar: FPM-10 belgili ýörite ýasalan abzal.

Gysgaça maglumatlar

Giroskop – erkin oklarynyň daşynda uly tizlik bilen aýlanýan gaty jisimdir. Giroskopyň hereketi

$$H \cdot \frac{d\alpha}{dt} = M_x \tag{1}$$

$$H \cdot \frac{d\beta}{dt} = M_Y \tag{2}$$

$$H \cdot \frac{d\gamma}{dt} = M_Z \tag{3}$$

deňlemeler bilen ýazylyp beýan edilýär. Bu ýerde:

M_x, M_y, M_z – daşky güýçleriň momentleriniň proýeksiýalary;

H – giroskopyň kinetiki momenti (diskli hereketlendirijiniň rotorynyň aýlandyryjy momenti);

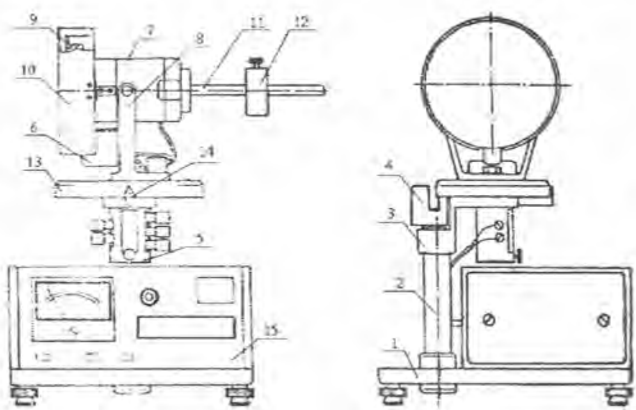
$\frac{d\alpha}{dt}$ - Ox oky boýunça presessiýanyň burç tizligi;

$\frac{d\beta}{dt}$ - Oy oky boýunça presessiýanyň burç tizligi;

$\frac{d\gamma}{dt}$ - Oz oky boýunça presessiýanyň burç tizligi.

$$H = I_z w \tag{4}$$

bu ýerde: I_Z – diskiň we hereketlendirijiniň rotorynyň inersiýa momenti; w – hereketlendirijiniň burç tizligi.
Ýönekeýlik üçin $M_y = M_Z = 0$ hasap edilýär. M_X belli bolsa, presessiýanyň burç tizligini ölçäp, giroskopyň kinetiki momentini kesgitläp bolýar. (4) - nji formula boýunça hereketlendirijiniň rotorynyň islendik burç tizliginde (w), onuň we diskiň bilelikdäki inersiýa momentini (I_z) tapyp bolar.



1-nji çyzgy. **FPM-10 belgili abzalyň umumy görnüşi (giroskop).**

1 – abzalyň esasy, 2 – sütün, 3 – aşaky kronşteýn, 4 – aşaky fotoelektrik görkeziji, 5 – aýlaýjy birleşdiriji, 6 – ýokarky fotoelektrik görkeziji, 7 – elektrik hereketlendiriji, 8 – ýokarky kronşteýn, 9 – ýük, 10 – ekran, 11 – ryçag, 12 – süýşýän ýük, 13 – disk, 14 – burç görkeziji, 15 – ölçeýji blok.

Işiň ýerine ýetirilişi

Giroskopyň presessiýa wagtynyň we burçunyň ölçenilişi

1. Süýşýän ýüküň kömegi bilen giroskopyň ryçagyny wertikal oka perpendikulýar ýerleşdirmeli (1-nji çyzga seret).
2. Hereketlendirijini işletmeli.
3. Hereketlendirijiniň rotoryny: aýlaw sany 6000 aýlaw/min töweregi bolar ýaly etmeli.
4. Ýüki çepe we saga 2 sm süýşürmeli.
5. "SBROS" diýen düwmäni basyň.
6. Giroskop $\alpha = 30^0$ töweregine öwrülende "STOP" diýen düwmäni basyň.
7. Abzalyň görkezýän wagtyny belläň.
8. $\left|\frac{d\alpha}{dt}\right| = \frac{\alpha}{t} = w$ boýunça presessiýanyň burç tizligini hasaplaň.
9. Tapylan ululyk 1 bolmaly.

Giroskopyň kinetiki momentiniň ölçenilişi

Presessiýanyň burç tizligi (w) belli bolandan soň (8-nji punkta seret), $\mathbf{M_X = P\ x}$ formula boýunça $\mathbf{M_x}$ tapyp, (1)-nji formuladan giroskopyň **H** kinetiki momentini hasaplap bolar. Bu ýerde: **P** – süýşýän ýüküň agramy; x– onuň okdan uzaklygy.

Hereketlendirijiniň rotorynyň we diskiň inersiýa momentiniň ölçenilişi

Hereketlendirijiniň rotorynyň kinetiki momentini (H) we onuň presessiýasynyň burç tizligini (w) bilip, (4)-nji formuladan gözlenilýän ululygy tapyp bolar.

Barlag üçin soraglar:

1. Giroskop näme? Onuň gurluşy we işleýşi barada aýdyp beriň.
2. Gaty jisimiň erkin oklary näme?
3. Giroskopyň presessiýasy diýip nämä aýdylýar? Onuň burç tizligi nämelere bagly?
4. Işçi formulalary ýazyň we işiň ýerine ýetirilişini düşündiriň.

11 - NJI TEJRIBE IŞI

Yrgyldylar usuly bilen tigriň inersiýa momentiniň kesgitlenilişi

Işiň maksady: tigriň inersiýa momentini kesgitlemek.
Abzallar: ýörite ýasalan tigirli desga, terezi, ştangensirkul, çyzgyç.

Gysgaça maglumatlar

Inersiýa momenti gaty jisimiň aýlanma hereketinde onuň inertliliginiň ölçegidir. Öňe hereketde massa nähili wezipäni ýerine ýetirýän bolsa, aýlanma hereketinde inersiýa momenti hem şol wezipäni ýerine ýetirýär. Inersiýa momenti jisimiň massasyna we onuň aýlanma okuna görä paýlanyşyna-da baglydyr.

Gorizontal okuň töwereginde garmoniki yrgyldaýan tigir üçin Nýutonyň 2-nji kanuny şeýle ýazylýar:

$$M_{or} = (I_T + I_з)\varepsilon \qquad (1)$$

bu ýerde: M_{or} - massaly ýükli tigri aýlandyryjy güýjüň ortaça momenti;
I_T, $I_з$ - tigriň we ýüküň inersiýa momentleri; ε - burç tizlenmesi.

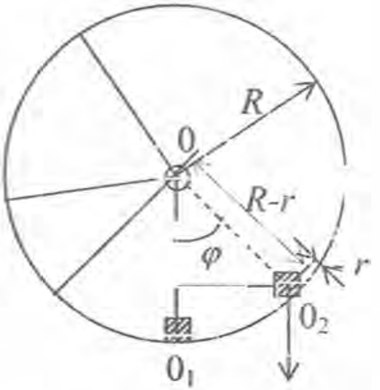
$$\varepsilon = \frac{d^2\varphi}{dt} = \varphi^{\cdot}$$

1-nji çyzgydan görnüşi ýaly,

$$M_{or} = \frac{mg\,O_2O_1}{2} \tag{2}$$

$\Delta 00_2 0_1$ - den

$$0_2 0_1 = /R - r/\ \sin\varphi = (R - r)\varphi \tag{3}$$



1-nji çyzgy. **Inersiýa momentiniň kesgitlenişine düşündirme**

(1)-nji, (2)-nji we (3)-nji formulalardan:

$$\frac{mg(R - r)\varphi}{2} \cong (I_T + I_{ü})\cdot\varphi'' \tag{4}$$

Tigriň yrgyldysy garmoniki bolany üçin

$$\varphi = \varphi_o \sin wt \tag{5}$$

onda

$$\varepsilon = \varphi'' = (\varphi_o \sin wt)'' = (\varphi_o w \cos wt)' = -w^2\varphi_o \sin wt$$

ýa-da

$$\varepsilon = \varphi^{\cdot\cdot} = -w^2\varphi \qquad /\varphi^{\cdot\cdot}/ = w^2\varphi \tag{6}$$

(4)-nji we (6)-njy deňlemelerden

$$\frac{mg(R-r)\cdot\varphi}{2} \cong (I_T + I_з)w^2\varphi$$

ýa-da $\omega^2 = \dfrac{4\pi^2}{T^2}$ bolany üçin

$$I_T \cong \frac{mg(R-r)\cdot T^2}{8\pi^2} - I_з \tag{7}$$

m massaly goşmaça ýüküň beýikligi (2r) tigriň radiusyndan *(R)* ep-esli kiçi $(R >> 2r)$ bolany üçin, ýüki material nokat hasaplap

$$I_з \approx m(R-r)^2 \tag{8}$$

$$I_T \cong \frac{mg(R-r)T^2}{8\pi^2} - m(R-r)^2$$

ýa-da

$$I_T = m(R-r)\left[\frac{gT^2}{8\pi^2} - (R-r)\right] \tag{9}$$

işçi formulany alarys.

Işiň ýerine ýetirilişi

1. Ýüküň *m* massasyny terezide çekip tapyň.
2. Ştangensirkul (ýa-da çyzgyç) bilen ýüküň beýikligini (*2 r*) we *r* tapyň.

3. Tigriň radiusyny (R) ölçäň.
4. Tigri $\varphi = 30-40^0$ burça gyşardyp goýberiň. 10 sany doly yrgyldynyň t wagtyny we $T = \frac{t}{10}$ periodyny hasaplaň.
5. (9) - njy formula boýunça tigriň inersiýa momentini kesgitläň.
6. Ölçegleri 3-5 gezek gaýtalaň.
7. Jogaby

$$I_T = I_{T,or} \pm \Delta I_T \tag{10}$$

görnüşde ýazyň. Bu ýerde: $I_{T,or}$ - (9) njy formuladan tapylýar. Onuň üçin bu formula girýän ululyklaryň ortaça bahalaryny almaly, ýagny:

$$I_{T,or} = m_{or}(R_{or} - r_{or})\left[\frac{g_{or}\,T_{or}^2}{8\pi^2{}_{or}} - (R_{or} - r_{or})\right] \tag{11}$$

$$\Delta I_T = E \cdot I_{T,or} \tag{12}$$

bu ýerde : ΔI_T - otnositel ýalňyşlyk. Ony tapmak üçin:

1. (9) - njy formulany logarifmirlemeli (natural)
2. Logarifmiň doly differensialyny tapmaly.
3. Şol bir ululygyň ýalňyşlygy birnäçe gezek gaýtalansa, olary toplamaly. Differensialyň öňündäki ýaýyň modulyny almaly, d belgini Δ-a çalşyrmaly. Onda aşakdaky formulany (özbaşdak barlap göz ýetiriň) alarys:

$$E=\frac{\Delta m_{or}}{m_{or}}+\left|\frac{1-r_{or}}{R_{or}-r_{or}}-\frac{8\pi_{or}^{2}\ (1-r_{or})}{g_{or}\ T_{or}^{2}-8\pi_{or}^{2}\ (R_{or}-r_{or})}\right|\cdot\Delta R_{or}+$$

$$+\left|\frac{R_{or}-1}{R_{or}-r_{or}}-\frac{8\pi_{or}\ (R_{or}-1)}{g_{or}\ T_{or}^{2}-8\pi_{or}^{2}\ (R_{or}-r_{or})}\right|\cdot\Delta r_{or}+$$

$$+\left|\frac{T_{or}^{2}}{g_{or}T_{or}^{2}-8\pi_{or}^{2}(R_{or}-r_{or})}\right|\cdot\Delta g_{or}+\left|\frac{2T_{or}\cdot g_{or}}{g_{or}\cdot T_{or}^{2}-8\pi_{or}\ (R_{or}-r_{or})}\right|+\Delta T_{or}+$$

$$+\left|\frac{16\pi_{or}\ (R_{or}-r_{or})}{g_{or}\ \pi_{or}^{2}-8\pi_{or}^{2}\ (R_{or}-r_{or})}\right|\cdot\Delta\pi_{or} \qquad (13)$$

Barlag üçin soraglar:

1. Abzalyň gurluşy nähili?
2. Garmoniki yrgyldy näme? Burç (φ) süýşmäniň we burç tizliginiň (w) deňlemelerini ýazyň.
3. Aýlanýan jisimiň kinetik energiýasynyň formulasyny ýazyň.
4. Işçi formulany getirip çykaryň.
5. Işiň ýerine ýetiriliş tertibini aýdyp beriň.

12-NJI TEJRIBE IŞI

Howanyň çyglylygyny kesgitlemek

Işiň maksady: psihrometrik usul arkaly howanyň çyglylygyny kesgitlemegi öwrenmek.
Abzallar: adaty (standart) aspirasion psihrometr, barometr.

Gysgaça maglumatlar

Atmosfera howasy özünde suw buglarynyň käbir mukdaryny saklaýar. Bu buglaryň mukdary özleriniň absolýut ululyklary (bahasy), şeýle hem doýgunlyk derejeleri boýunça üýtgäp durýarlar. Şol üýtgemeler hem absolýut we göräli (otnositel) çyglylyklar bilen häsiýetlendirilýär. Işiň maksady şol ululyklary kesgitlemekden ybaratdyr.

$1m^3$ howada bar bolan suw bugunyň gramlarda aňladylan mukdaryna absolýut çyglylyk diýilýär. 0^0C temperaturada we 760 *mm* sim süt.-e deň bolan basyşda 1 m^3 gury howanyň massasy 1293 *g* deňdir. Klapeýronyň deňlemesi esasynda $t^0 S$ temperaturada we P *mm* sim. süt.-e deň bolan basyşda $1m^3$ howanyň massasy bolsa $\frac{1293}{1+\alpha t}\ \frac{P}{760}$

grama deňdir (bu formulada $\alpha = \frac{1}{273}$ grad^{-1} göwrüme giňelme koeffisiýenti). Bir deň basyşda we temperaturada suw bugunyň dykyzlygynyň howanyň dykyzlygyna bolan gatnaşygy 0,622-ä deňdir. Suw bugy üçin Klapeýronyň deňlemesini peýdalanyp (haçan-da bug doýgun ýagdaýyndan daşda bolanda), howadaky $1m^3$ suw bugunyň massasy üçin:

$$w_b = \frac{1293 \cdot 0{,}622}{760} \frac{P_b}{1+\alpha t} = 1{,}06 \frac{P_b}{1+\alpha t} \qquad (1)$$

aňlatmany alarys. Eger-de suw bugunyň parsial basyşy (P_b) belli bolsa, bu aňlatmany peýdalanyp howanyň absolýut çyglylygyny kesgitlemek bolar.

(1)-nji formuladan görnüşi ýaly temperaturanyň pes bahalarynda absolýut çyglylygyň (w_b)san bahasy suw bugunyň parsial basyşyndan (P_b) az tapawutlanýar. Şol sebäpli hem suw bugunyň parsial basyşyny absolýut çyglylyk diýip atlandyrmak we ony millimetr simap sütüninde aňlatmak kabul edilendir.

Otnositel çyglylyk şu aşakdaky aňlatma arkaly kesgitlenýär:

$$\varphi = \frac{P_b}{P_{d.b}} 100\%, \qquad (2)$$

bu ýerde $P_{d.b} - t$ temperaturada doýgun buguň parsial basyşy. Şeýlelikde, otnositel çyglylyk berlen temperaturada howanyň suw bugy bilen doýrulyş derejesini häsiýetlendirýär.

Howanyň otnositel çyglylygyny kesgitlemek üçin adatça tablisa maglumatlaryny ulanyp, ýa jybar nokadyny kesgitlemek usulyndan ýa-da psihrometrik usuldan peýdalanmak bolar.

Howanyň çyglylygyny ölçemegiň iň giň ýaýran usuly – psihrometrik usuldyr. Birmeňzeş howa akymynyň ugrunda ýerleşen iki sany birmeňzeş termometrleriň görkezmeleri deň bolar. Eger-de termometrleriň biriniň termometrik madda ýerleşdirilen gapjagazy hemişe öllenen ýagdaýda bolsa, mysal üçin, öl matajyk bilen örtülen bolsa, termometrleriň görkezmeleri dürli bolar. "Öl" termometr diýlip atlandyrylýan termometriň öllenen üstünden suwuň bugarmasynyň bolýanlygy sebäpli, ol gury termometriň görkezmesine garanda pes temperaturany görkezer. Daşky howanyň çyglylygy näçe pes bolsa, bugarma şonça-da çalt (intensiw) bolar, öl termometriň görkezmesi hem pes bolar. Iki termometriň görkezmeleri boýunça temperaturalaryň tapawudy kesgitlenýär, şol hem howanyň çyglylygyny häsiýetlendirýär. Bugarmanyň durnuklaşan režiminde, ýagny öl termometriň temperaturasy hem durnukly bolanda, oňa daşdan gelýän Q_1 ýylylyk mukdary termometriň üstünden suwuň bugarmasy üçin harçlanýan Q_2 ýylylyk mukdaryna deň bolar. Nýutonyň kanunyna görä, birlik wagtda daşky gurşawdan anyk görnüşde alnan ýylylyk mukdary:

$$Q_1 = \alpha(t - t_1)S_1, \tag{3}$$

bu ýerde $t - t_1$ – gury we öl termometrleriň görkezmeleriniň arasyndaky iň uly temperatura tapawudy; S_1 –öl termometriň termometrik madda ýerleşdirilen gapjagazynyň üstüniň meýdany; α – proporsionallyk (ýylylyk berijilik) koeffisiýenti.

Daltonyň kanunyna görä wagt birligindäki bugaran suwuň mukdary

$$m = \frac{\beta S_2 (P_{d.b} - P_b)}{P_a}$$

aňlatma arkaly kesgitlenýär, bu ýerde: m - bugaran suwuň massasy; S_1 - bugarýan üstüň meýdany; P_a - howanyň (atmosfera) basyşy; $P_{d.b}$ - t_1 temperaturadaky, ýagny bugarýan suwuklygyň temperaturasyndaky doýgun suw bugunyň parsial basyşy; P_b - howadaky bar bolan suw buglarynyň parsial basyşy; β- howanyň akymynyň tizligine bagly bolan proporsionallyk (massa berijilik) koeffisiýenti.

Onda wagt birliginde bugarma arkaly berlen Q_2 ýylylyk mukdary

$$Q_2 = mr = \frac{\beta r S_2 \left(P_{d.b} - P_b\right)}{P_a} \tag{4}$$

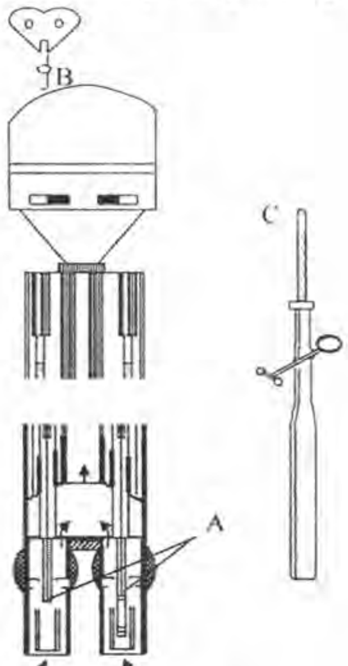
görnüşli formula arkaly kesgitlenip bilner, bu ýerde: r - suwuň bugarmasynyň udel ýylylygy. $Q_1 = Q_2$ we $S_1 = S_2$ bolanda:

$$\frac{\beta \cdot r \left(P_{d.b} - P_b\right)}{P_a} = \alpha\left(t - t_1\right);$$

$$P_b = P_{d.b} - A\left(t - t_1\right) P_a \,, \tag{5}$$

bu ýerde: $A = \dfrac{\alpha}{\beta \cdot r}$ - ulanylýan abzalyň hemişeligi. Bu hemişeligiň ululygy, esasan, akymyň tizligi bilen kesgitlenýär we tejribe arkaly tapylýar. Ulanylýan adaty aspirasion psihrometriň gurluşy 1-nji çyzgyda görkezilen. Iki sany birmeňzeş ýörite termometrleriň (A) sagdakysynyň termometrik madda ýerleşdirilen gapjagazynyň daşyna öl matajyk örtülen. Aspiratoryň pružinli wentilýatory bolup, oňa B açar arkaly tow berilýär.

Howa akymlarynyň ýollary peýkamjyklar arkaly görkezilen (howa akymynyň tizligi 2,5 m/s) we iki akym hem termometrik madda ýerleşdirilen gapjagazlaryň ýokarsynda birleşip, bir akyma öwrülýär. Abzalyň gyzmagyny aradan aýyrmak üçin onuň metal böleklerine nikel çaýylan bolýar. Çünki nikel daşardan gelýän ýagtylyk şöhleleri ýokary serpikdirijilik häsiýetine eýe. Termometriň daşyna örtülen matajyk D pipetkaly C rezin armytjygyň kömegi bilen öllenilýär. Termometriň görkezmesi hasaba alnanda ilki bilen gradusyň 0,1 ülüşleri hasaba alynýar we ondan soň bütin ülüşleri hasaba alynýar.Adaty (standart) aspirasion psihrometriň kömegi bilen absolýut çyglylyk aşakdaky formula [14] arkaly kesgitlenilýär:



1-nji cyzgy. **Aspirasion psihrometriň görnüşi**

$$P_b = P_{d.b} - 0{,}000662\,(t - t_1)P_a. \qquad (6)$$

Berlen temperaturada $P_{d.b}$-nyň bahasyny ýörite tablisanyň kömegi bilen kesgitlemek bolar [14] (goşmaça seret).

Barometrik basyş barometriň kömegi bilen kesgitlenilýär. Eger-de tablisadan howanyň berlen temperaturadaky ony doýurýan bugunyň basyşy kesgitlenilse, onda (2)-nji formuladan otnositel çyglylygy hem kesgitläp bolar.

Işiň ýerine ýetirilişi

1. Adaty aspirasion psihrometriň gurluşyny we işleýşini öwreniň.
2. Rezin armytjygy çalaja gysyp, pipetkadaky suwuň derejesini ýokary galdyryň (ýöne onuň derejesi pipetkanyň ahyryna çenli 1 *sm* galýança ýokary göterilsin). Pipetkadaky suwuklyk derejesiniň şeýle ýagdaýyny *F* gysyjynyň kömegi bilen saklamaly.
3. Matany öllemek üçin pipetkany gaty seresaplylyk bilen turba salmaly, soňra gysyjyny açyp, suwuň armytjyga akmagyny gazanmaly.
4. Matajyk öllenilende suwuň beýleki (gury) termomtre we turbajygyň içki üstüne düşmeginden ägä bolmaly.
5. *B* açar arkaly 5-6 aýlaw edip, wentilýatora tow bermeli.
6. Termometriň görkezmesi durnuklaşansoň (4-5 minut geçenden soň) t we t_1 belläp almaly. Bu döwürde wentilýator doly güýjünde işläp durmaly.
7. Barometriň görkezmesini (P_a atmosfera basyşyny) bellemeli.

8. t temperaturadaky doýgun suw bugunyň basyşynyň ($P_{d.b}$) bahasyny ýörite tablisadan almaly.

9. Howadaky suw buglarynyň P_b parsial basyşyny (6)-njy formula boýunça hasaplamaly.

10. (1)-nji formula boýunça howanyň absolýut çyglylygyny kesgitlemeli.

11. (2)-nji formula boýunça howanyň otnositel çyglylygyny hasaplamaly

12. Ölçegiň ýalňyşlygyny kesgitläň. Onuň üçin $\delta = (\varphi_t - \varphi_e) \cdot 100\% / \varphi_t$ formulany ulanyň, bu ýerde δ- otnositel ýalňyşlyk; φ_t – tablisadan tapylan otnositel çyglylyk; φ_e – tejribede tapan otnositel çyglylygyňyz.

Barlag üçin soraglar:

1. Absolýut çyglylyk diýip nämä aýdylýar we ol haýsy formula bilen hasaplanýar?
2. Otnositel çyglylyk näme?
3. Howanyň çyglylygyny ölçeýji nähili abzallary bilýärsiňiz?
4. Parsial basyş näme?
5. Howanyň çyglylygyny kesgitlemegiň nähili usullaryny bilýärsiňiz?
6. Adaty aspirasion psihrometriň işleýşini düşündiriň?

13-NJI TEJRIBE IŞI

Damjalar usuly bilen suwuklygyň üst dartylma koeffisiýentiniň kesgitlenilişi

Işiň maksady: suwuklygyň üst dartylma koeffisiýentini kesgitlemek

Abzallar: kranly býuretkalar, stakanlar, barlanylýan suwuklyklar.

Gysgaça maglumatlar

Suwuklygyň üstünde ýerleşen her bir molekula täsir edýän molekulýar ilişme güýçleriniň deňtäsiredijisi suwuklygyň içine ugrukdyrylandyr. Şol sebäpli suwuklygyň üstüne onuň meýdanyny kiçeltmäge ymtylýan üst dartylma güýji täsir edýär. Güýç üstüň çyzykly ölçegine (uzynlygyna) göni proporsional

$$F = \alpha \cdot l \qquad (1)$$

Has dogrusy, suwuklygyň üstünde ýerleşen molekulalaryň potensial energiýasy uludyr. Her bir üste çykan molekula bu üstüň meýdanyny artdyrýar. Şol bir wagtyň özünde üstüň potensial energiýasyda artýar. Şonuň üçin:

$$\Delta W_p = \alpha \cdot \Delta S \qquad (2)$$

aňlatmany ýazyp bolar. Bu ýerde:

ΔW_p - üstki potensial energiýanyň artymy;

ΔS - üstki meýdanyň artymy;

α - üst dartylma koeffisiýenti.

(2) – nji formuladan:

$$\alpha = \frac{\Delta W_p}{\Delta S}, \qquad \left[\frac{J}{m^2}\right]. \tag{3}$$

Üst dartylma koeffisiýenti (α) suwuklygyň üstüniň meýdany bir birlige üýtgände üstki potensial energiýanyň üýtgemesine san taýdan deň ululykdyr. Emma $\Delta W_p = Fl$ we $\Delta S = l^2$ bolany üçin:

$$\alpha = \frac{Fl}{l^2} = \frac{F}{l} \quad \left[\frac{N}{M}\right],$$

ýagny (1)-nji formula gelip çykýar.

Bu ýerde:

F - üst dartylma güýji;

l - üstde alnan uzaklyk.

Diýmek, başgaça aýdylanda, üst dartylma koeffisiýenti uzynlyk birligine täsir edýän üst dartylma güýjüne san taýdan deň ululykdyr.

Býuretkadan damjalaryň gopuşyna syn edeliň. Damjanyň gopmagy üçin onuň agramy (P) ony saklaýan üst dartylma güýjünden sähelçe uly bolmaly. Üst dartylma güýji damjanyň boýunjygynyň uzynlygyna göni proporsional

$$F = \alpha \cdot 2\pi r. \tag{4}$$

Bu ýerde: r-damjanyň boýunjygynyň uzynlygy. r-iň bahasyny dogry tapmak kyn bolany üçin α-ny deňeşdirme usuly bilen tapmak amatly. Goý, V göwrümli bir suwuklygyň n_1 sany damjasy, edil şol göwrümli başga suwuklygyň bolsa n_2 sany damjasy bar bolsun. Onda damjanyň gopma şertini, ýagny:

$$n_1 \cdot P_1 = d_1 \cdot V = n_1 2\pi r \cdot \alpha_1 \tag{5}$$

we

$$n_2 \cdot P_2 = d_2 \cdot V = n_2 2\pi r \cdot \alpha_2 \qquad (6)$$

deňlikleri ýazyp bolar.

Bu ýerde: P_1-birinji suwuklygyň bir damjasynyň agramy; P_2-ikinji suwuklygyň bir damjasynyň agramy; d_1, d_2 birinji we ikinji suwuklyklaryň udel agramlary; α_1, α_2 birinji we ikinji suwuklyklaryň üst dartylma koeffisiýentleri.

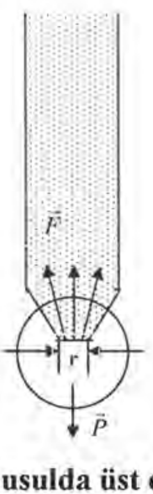
Onda (5) -nji we (6) - njy deňliklerden V-ni tapyp özara deňlenilenden soňra, alarys:

$$\frac{n_1 \cdot 2\pi r \cdot \alpha_1}{d_1} = \frac{n_2 \cdot 2\pi r \cdot \alpha_2}{d_2} \qquad (7)$$

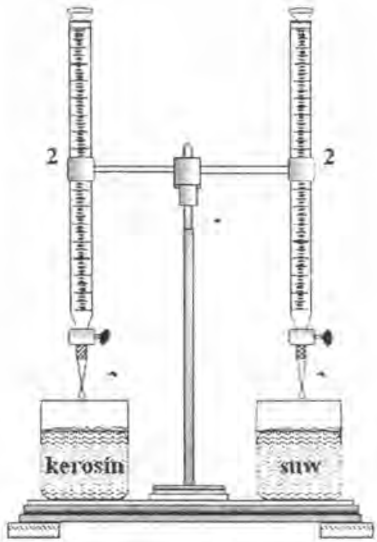
ýa-da

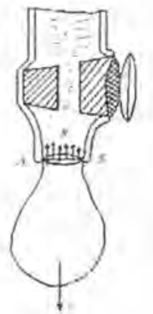
$$\alpha_2 = \frac{n_1 \cdot d_2}{n_2 \cdot d_1} \cdot \alpha_1$$

görnüşdäki işçi formulany alarys.



1-nji çysgy. **Damjalaýyn usulda üst dartylma koeffisiýentiniň kesgitlenişi.**





2-nji çyzgy. **Üst dartylma koeffisiýenti kesgitlenende ulanylýan abzal**

Işiň ýerine ýetirilişi

1. Býuretkalaryň birine suw, beýlekisine barlanýan suwuklygy guýuň (2-nji çyzgy).
2. Tablisadan suwuň üst dartylma koeffisiýentini (α_1)-ny tapyň.
3. Tablisadan suwuň we barlanýan suwuklygyň dykyzlyklaryny (ρ_1 *we* ρ_2) tapyň.

$$d = \rho \cdot g \qquad \text{bolany üçin,} \qquad \frac{d_2}{d_1} = \frac{\rho_2}{\rho_1}$$

4. Býuretkadan belli göwrümli (göwrümi belläň) suwy damjalap akdyryň we damjalaryň sanyny belläň.

5. Beýleki býuretkadan hem edil şeýle göwrümli barlanýan suwuklygy damjalap akdyryň we damjalaryň n_2 sanyny belläň.
6. (7) -nji formula boýunça α_2-ni tapyň.
7. Ölçegleri 3-5 gezek gaýtalaň.
8. Jogaby :

$$\alpha_2 = \alpha_{2,or} \pm \Delta\alpha_2 \tag{8}$$

görnüşde ýazyň.
Bu ýerde:

$$\alpha_{2,or} = \frac{n_{1,or} \cdot d_{2,or}}{n_{2,or} \cdot d_{1,or}} \cdot \alpha_{1,or} = \frac{n_{1,or} \cdot \rho_{2,op}}{n_{2,or} \cdot \rho_{1,or}} \cdot \alpha_{1,or} \tag{9}$$

(Tablisadan alnan ρ_1, ρ_2, α_1 şu ululyklaryň ortaça bahalarydyr)

$$\Delta\alpha_{2,or} = E \cdot \alpha_{2or} \tag{10}$$

Bu ýerde:

$$E = \frac{\Delta\alpha_{2or}}{\alpha_{2or}} = \frac{\Delta n_{1,or}}{n_{1,or}} + \frac{\Delta\rho_{2,or}}{\rho_{2,or}} + \frac{\Delta\alpha_{1,or}}{\alpha_{1,or}} + \frac{\Delta n_{2,or}}{n_{2,or}} + \frac{\Delta\rho_{1,or}}{\rho_{1,or}}; \tag{11}$$

ρ_1, ρ_2, α_1 bahalary üçin öň ölçenen sanlar tablisadan alynýar. Şeýle ýagdaýlarda absolýut ýalňyşlyk üçin onuň aňryçäk bahasy, ýagny bu ululyklaryň berlen san bahasynyň iň kiçi razrýadynyň ýarysy alynýar.

Barlag üçin soraglar:

1. Üst dartylma hadysasy näme üçin döreýär?
2. Üst potensial energiýa näme?
3. Üst dartylma koeffisiýentiniň fiziki manysy näme? Ol temperatura baglymy?
4. Işçi formulany getirip çykaryň.
5. Işiň ýerine ýetirilişini düşündiriň.
6. Işde goýberilen absolýut we otnositel ýalňyşlyklary nähili tapdyňyz.

14 – NJI TEJRIBE IŞI

Klemanyň - Dezormyň usuly bilen howanyň adiabata görkezijisiniň kesgitlenilişi

Işiň maksady: howa üçin adiabata görkezijini kesgitlemek.
Abzallar : ýörite gurnalan desga.

Gysgaça maglumatlar

Maddanyň hemişelik basyşdaky ýylylyk sygymynyň C_p onuň hemişelik göwrümdäki ýylylyk sygymyna C_V gatnaşygyna adiabata görkezijisi γ diýilýär:

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} \qquad (1)$$

γ -nyň girizilmeginiň sebäbi C_v –ni tejribede tapmak juda kyn, tejribede tapaýanyňda-da uly ýalňyşlyk goýberilýär, C_p -ni tejribede takyk tapyp bolýar. Onda C_p we γ belli bolanda (1)-nji formuladan C_v-ni takyk tapyp bolar. Ondan başga-da γ-ny bilip, molekulalaryň gurluşy barada netije çykaryp bolýar.

Kleman we Dezorm γ-ny kesgitlemegiň ýönekeý usulyny hödürleýärler. Çüýşeden gaba nasos bilen howa salynýar. Gapdaky howanyň basyşynyň atmosfera basyşyndan artymyny (P_1) manometr görkezer. Soňra gabyň içindäki we daşyndaky howanyň temperaturalary deňleşýänçä bir salym garaşmaly. Manometrdäki suwuklygyň peselmesi togtandaky ýagdaýda (1-nji ýagdaý) gabyň içindäki howanyň makroparametrleri

V_1, P_1, t_o bolsun. Indi gaby atmosfera bilen baglanyşdyryp krany manometriň tirseklerindäki suwuklygyň derejeleri deňleşýänçä açyp, soň çalt ýapmaly. Şu ýagdaýda (2-nji ýagdaý) howanyň makroparametrleri V_2, P_a, t_1 bolsun. Şonda gapdaky howa adiabatik (giňelme çalt bolup geçeni üçin howa daşky sredalar bilen ýylylyk alşyp berişmeýär, **proses adiabatik** bolýar) giňelýär. Howa sowar, kran ýapylandan soň tä manometrdäki suwuklygyň derejesi üýtgemesini goýýança garaşmaly.

Bu ýagdaýda (3-nji ýagdaý) howanyň makroparametrleri V_2, P_2, t_o bolar. Gaz 1-nji ýagdaýdan 2-njä **adiabatik** geçeni üçin Puassonyň deňlemesini ýazalyň:

$$P_1 \cdot V_1^{\gamma} = P_a \cdot V_2^{\gamma} \tag{2}$$

1-nji ýagdaýdan 3-nji ýagdaýa bolsa howa **izotermik** geçýär. Onda Boýluň-Mariottanyň formulasyndan:

$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2 \tag{3}$$

3-nji deňlemäniň iki tarapyny-da γ derejä götereliň.

$$P_1^{\gamma} \cdot V_2^{\gamma} = P_2^{\gamma} \cdot V_2^{\gamma}$$

Muny agzamy-agza (2) –nji deňlemä böleliň. Onda

$$\frac{P_1^{\gamma} \cdot V_1^{\gamma}}{P_1 \cdot V_1^{\gamma}} = \frac{P_2^{\gamma} \cdot V_2^{\gamma}}{P_a \cdot V_2^{\gamma}} \qquad \text{ýa-da} \qquad \frac{P_1^{\gamma}}{P_1} = \frac{P_2^{\gamma}}{P_a}$$

Bu deňligi logorifmläliň :

$$\gamma \lg P_1 - \lg P_1 = \gamma \lg P_2 - \lg P_a \qquad \text{ýa-da}$$
$$\gamma(\lg P_1 - \lg P_2) = \lg P_1 - \lg P_a$$

Soňky deňlemeden γ-ny tapalyň.

$$\gamma = \frac{\lg P_1 - \lg P_a}{\lg P_1 - \lg P_2} \qquad (4)$$

Belli bolşy ýaly,

$$P_1 = H + h_1; \qquad P_a = H; \qquad P_2 = H + h_2 \qquad (5)$$

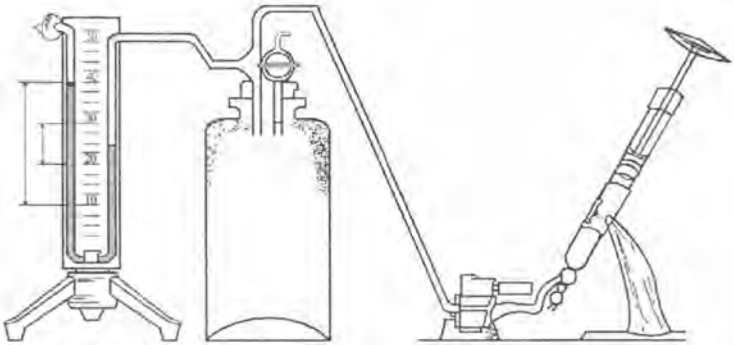
Bu ýerde: H - atmosfera basyşyna degişli suwuklyk sütüniniň beýikligi; h_1 - gaba howa berlende manometriň tirseklerindäki suwuklyk sütünleriniň derejeleriniň tapawudy; h_2 - kran açylyp-ýapylandaky soňky derejeleriň tapawudy.
(4) –nji we (5)-nji deňliklerden peýdalanyp we logarifmleri Teýloryň hataryna dargadyp, ýagny

$$\lg P_1 = \lg(H + h_1) \equiv \lg H + \frac{h_1}{H} + \ldots$$

alarys: $\lg P_2 = \lg(H + h_2) \equiv \lg H + \frac{h_2}{H} + \ldots \lg P_a \equiv \lg H$

$$\gamma = \frac{\lg H + \frac{h_1}{H} - \lg H}{\lg H + \frac{h_1}{H} - \left(\lg H + \frac{h_2}{H}\right)} \qquad \text{ýa-da}$$

$$\gamma \equiv \frac{h_1}{h_1 - h_2} \qquad (6)$$



1-nji çyzgy. **Klemanyň - Dezormyň usuly bilen howanyň adiabata görkezijisini kesgitlemek üçin ulanylýan abzal**

Işiň ýerine ýetirilişi

1. Gaby atmosfera bilen baglanyşdyrýan krany ýapyň (1-nji çyzga seret).
2. Nasosy gap bilen birleşdirýän krany açyň.
3. Gaba nasos bilen howa salyň (ýel beriň). Şonda manometriň tirseklerindäki suwuklyk sütünleriniň derejeleriniň tapawudy 20-25 *sm* töweregi bolsun.
4. Nasosy gap bilen birleşdirýän krany ýapyň.
5. Gapda basyş durnugşandan soň manometrdäki sütünleriň tapawudyny (h_1) belläň.
6. Gaby atmosfera bilen baglanyşdyrýan krany çalt açyp, sütünleriň derejeleri deňleşen dessine ony ýapyň.
7. Manometrdäki suwuklyk sütünleriniň hereketi togtanda olaryň tapawudyny (h_2) belläň.
8. Tejribäni bäş gezek gaýtalaň.
9. Her bir ölçelen ululygyň (h_1 we h_2) orta bahasyny tapyň.

$$h_{1,or} = \frac{h_{1,1} + h_{1,2} + h_{1,3} + h_{1,4} + h_{1,5}}{5} \quad (7)$$

$$h_{2,or} = \frac{h_{2,1} + h_{2,2} + h_{2,3} + h_{2,4} + h_{2,5}}{5} \quad (8)$$

10. (6) - njy formula boýunça γ_{or} -ny tapyň.

$$\gamma_{or} = \frac{h_{1,or}}{h_{1,or} - h_{2,or}} \quad (9)$$

11. Her bir ölçegiň absolýut ýalňyşlygyny ($\Delta h_{1,i}$) we ($\Delta h_{2,i}$) tapyň.

$$|\Delta h_{1,i}| = (h_{1,or} - h_{1,i}) \quad (10)$$

$$|\Delta h_{r,i}| = (h_{2,or} - h_{r,i}) \quad (11)$$

12. Ähli ölçegiň absolýut ýalňyşlygyny tapyň.

$$|\Delta h_{1.or}| = \frac{\sum_{i=1}^{5} |\Delta h_{1,i}|}{5} \quad (12)$$

$$|\Delta h_{2,or}| = \frac{\sum_{i=1}^{5} |\Delta h_{2,i}|}{5} \quad (13)$$

13. Otnositel ýalňyşlygy aşakdaky formuladan tapyň.

$$E = \frac{\Delta \gamma_{or}}{\gamma_{or}} = \left(\frac{1}{h_{1,or}} - \frac{1 - h_{2,or}}{h_{1,or} - h_{2,or}} \right) \cdot \Delta h_{1,or} + \left(\frac{h_{1,or} - 1}{h_{1,or} - h_{2,or}} \right) \cdot \Delta h_{2,or} \quad (14)$$

14. Netijäni

$$\Delta \gamma_{or} = \gamma_{or} \cdot E \qquad (15)$$

$$\gamma = \gamma_{or} \pm \Delta \gamma_{or} \qquad (16)$$

görnüşde ýazyň.

Barlag üçin soraglar:

1. Erkinlik derejeleriniň sany näme we onuň himiýada roly nähili? Bir, iki we köp atomly molekulalaryň erkinlik derejesi näçä deň?
2. Ideal gazyň içki energiýasynyň formulasyny getirip çykaryň we düşündiriň.
3. C_p we C_v näme? Olaryň özara tapawudy, formulalaryny ýazyň.
4. Nähili proseslere izotermiki, adiabatiki prosesler diýilýär?
5. γ-ny tapmagyň zerurlygy näme?
6. Işçi formulany getirip çykaryň.
7. Ölçegleriň ýalňyşlygyny hasaplaýşyňyz barada aýdyň.

15-NJI TEJRIBE IŞI

Puazeýliň usuly bilen suwuklygyň şepbeşiklik koeffisiýentiniň kesgitlenilişi

Işiň maksady: suwuklygyň şepbeşiklik koeffisiýentini kesgitlemek.

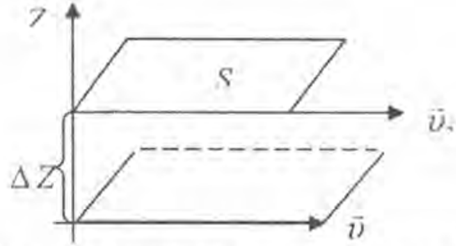
Abzallar: kapillýar turbadan, barlanýan suwuklykly gapdan, menzurkadan, sekunt ölçeýjiden, masştably çyzgyçdan duryan ýörite gurnalan desga.

Gysgaça maglumatlar

Suwuklygyň goňşy gatlaklary dürli tizlik bilen hereket etseler, olaryň arasynda sürtülme güýji ýüze çykýar. Şeýle gatlaklardaky molekulalaryň hereket mukdary dürlüdir. Olar özara täsirleşenlerinde hereket çalşygy bolup geçýär. Bölejikleriň inertliligi zerarly olar bu çalşyga (hereket mukdarynyň üýtgemegine) garşylyk görkezýärler. Şol garşylyk güýjü-de içki sürtülme güýjüdir.

Nýutonyň tejribede görkezmegine görä, gatlaklaryň arasynda döreýän sürtülme güýji (F), galtaşma üstüniň meýdanyna (S) bu gatlaklara perpendikulýar ugurda tizligiň gradiýentine $\left(\frac{dv}{dz}\right)$ göni proporsional (1-nji çyzgy), ýagny

$$F = \eta \frac{dv}{dz} \cdot S \tag{1}$$



1-nji çyzgy. **Suwuklyk gatlaklarynyň arasynda şepbeşikligiň döreýşiniň düşündirilişi shematik**

Bu ýerde: η-içki sürtülme (şepbeşiklik) koeffisiýenti; z - gatlaklara perpendikulýar ugur.
(1)–nji formuladan:

$$\eta = \frac{F}{\left(\frac{d\upsilon}{dz}\right)\cdot S} \qquad (2)$$

Şepbeşiklik koeffisiýenti gatlaklaryň arasynda tizligiň gradienti bire $\left(\frac{d\upsilon}{dz} = 1 \;\; birlik\right)$ deň bolanda olaryň arasynda ýüze çykýan sürtülme güýjüniň (F) meýdan birligine (S=*1* birlik) düşýän ululygyna san taýdan deňdir.

Kapillýar turba boýunça şepbeşik suwuklyk akanda turbanyň kese kesigi boýunça tizligiň paýlanyş kanuny aşakdaky formula bilen aňladylýar.

$$\upsilon = \frac{\Delta P}{4\eta \cdot l}(R^2 - r^2) \qquad (3)$$

Bu ýerde: ΔP - turbanyň uçlaryndaky basyşlaryň tapawudy;

l - kapillýar turbanyň uzynlygy;

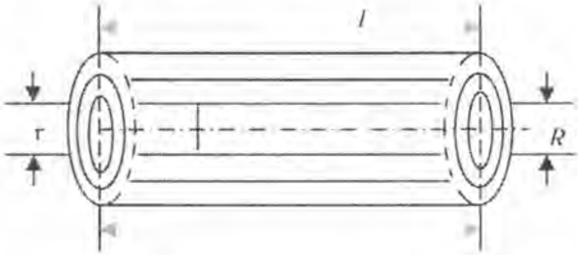
R - turbanyň radiusy;

r - kese-kesikde islendik nokadyň radiusy.

Akym turbadan r radiusly dr inli silindrik halka alalyň (2-nji çyzgy). Bu halkanyň kese kesiginden t wagtda akyp geçýän suwuklygyň mukdary.

$$dV = \upsilon \cdot 2\pi r \cdot dr \cdot t \qquad (4)$$

ýa-da (3) - nji formulany göz öňünde tutup, (4) - nji formulany şeýle ýazyp bolar:



2–nji çyzgy. **Şepbeşiklik koeffisiýentiniň kesgitlenişi**

$$dV = \frac{\Delta P \cdot \pi t}{2\eta \cdot l}(R^2 - r^2) \cdot r \cdot dr \qquad (5)$$

(5) –nji deňlemäni integrirläliň, onda

$$V = \frac{\Delta P \cdot \pi \cdot t}{2\eta \cdot l}\left(R^2 \int_0^R r\,dr - \int_0^R r^3\,dr\right) = \frac{\Delta P \cdot \pi \cdot t}{2\eta \cdot l}\left(\frac{R^4}{2} - \frac{R^4}{4}\right) = \frac{\pi \cdot \Delta P \cdot t \cdot R^4}{8\eta \cdot l}$$

(6)

Şu işde suwuklyk turbadan öz agramynyň täsirinde akyp çykýar. Şonuň üçin:

$$\Delta P = \rho gh \qquad (7)$$

Bu ýerde:

ρ - suwuklygyň dykyzlygy;

g - agyrlyk güýjüniň tizlenmesi;

h - suwuklygyň sütünininiň beýikligi.

(6) -njy we (7) –nji formulalardan:

$$\eta = \frac{\pi \cdot \rho gh \cdot t \cdot R^4}{8V \cdot l} \qquad (8)$$

görnüşli hasaplama formulany alarys.

Işiň ýerine ýetirilişi

1. Kapillýar turbanyň R radiusyny anyklaň ($R \approx 0{,}51 mm$).
2. Turbanyň uzynlygyny ölçäň ($l \approx 17{,}2 sm$).
3. Kapillýaryň aşaky ujuny suwa batyrylgy ýagdaýda goýuň, masştably çyzgyçda ondaky suwuklygyň derejesini (h_a) belläň.
4. Suwly gapda suwuň derejesini (h_s) belläň.
5. $h_1 = h_s - h_a$ hasaplaň.
6. Krany açyp belli V göwrümli suwuň akyp çykýan t wagtyny belläň.

7. Ýene-de menzurkada suwuň derejesi h_s bilen ýokarky gapdaky suwuň derejesiniň tapawudyny $h_2 = h_s - h_a$ tapyň.

8. Soňra $h = \frac{h_1 + h_2}{2}$ formula boýunça h hasaplaň.

9. Tablisadan ρ-ny, g-ni alyň.

10. (8) - nji formula boýunça η-ny hasaplaň.

11. Tejribäni 4-5 gezek gaýtalaň we h_{or}, t_{or}, V_{or} tapyň.

$$h_{or} = \frac{\sum_{i=1}^{n} h_i}{n}, \qquad t_{or} = \frac{\sum_{i=1}^{n} t_i}{n};$$

$$V_{or} = \frac{\sum_{i=1}^{n} V_i}{n};$$

Bu ýerde:

i-ölçegleriň nomeri
n-ölçegleriň sany

12. $\eta_{or} = \frac{\pi_{or} \cdot \rho_{or} \cdot g_{or} \cdot h_{or} \cdot t_{or} \cdot R_{or}^4}{8\, V_{or} \cdot l_{or}}$ formuladan η_{or}-ny tapyň.

13. $E = \frac{1}{8}\left[\frac{\Delta\pi_{or}}{\pi_{or}} + \frac{\Delta\rho_{or}}{\rho_{or}} + \frac{\Delta g_{or}}{g_{or}} + \frac{\Delta h_{or}}{h_{or}} + \frac{\Delta t_{or}}{t_{or}} + 4\frac{\Delta R_{or}}{R_{or}} + \frac{\Delta V_{or}}{V_{or}} + \frac{\Delta l_{or}}{l_{or}}\right]$

formula boýunça ölçegiň otnositel ýalňyşlygyny hasaplaň.

14. $\Delta\eta_{or}$ -ny $\Delta\eta_{or} = \eta_{or} \cdot E$ formula boýunça hasaplaň.

15. Netijäni $\eta = \eta_{or} \pm \Delta\eta_{or}$ görnüşde ýazyň.

Barlag üçin soraglar:

1. Içki sürtülme üçin Nýutonyň kanunyny aýdyp beriň.
2. Içki sürtülme (şepbeşiklik) koeffisiýentiniň fiziki manysyny,ölçeg birligini aýdyň.
3. Laminar we turbulent akymlar näme?
4. Laminar akymda tizligiň paýlanyş kanunyny getirip çykaryň.
5. Puazeýliň formulasyny getirip çykaryň.
6. Işçi formulany getirip çykaryň.
7. Işiň ýerine ýetiriliş tertibini düşündiriň.
8. Ölçegiň ýalňyşlygyny nädip tapdyňyz?

16-NJY TEJRIBE IŞI

Stoksuň usuly bilen gliseriniň içki sürtülme (şepbeşiklik) koeffisiýentiniň kesgitlenilişi

Işiň maksady: gliseriniň şepbeşiklik koeffisiýentini kesgitlemek.

Abzallar: ştatiwde berkidilen we gliserin bilen doldurylan silindrik gap, sekunt ölçeýji, ownuk gurşun şarjagazlary.

Gysgaça maglumatlar

Owunjak şar görnüşli jisim suwuklykda hereket edende oňa

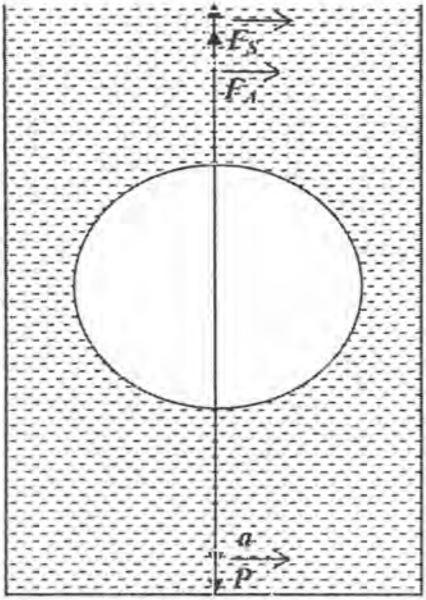
$$F_s = 6\pi\eta r\upsilon \qquad (1)$$

formula bilen kesgitlenýän güýç täsir edýär. Bu güýç diňe suwuklygyň şepbeşikligi zerarly döreýär (bu formulanyň getirilip çykarylyşy hödürlenen edebiýatlarda bardyr). Bu ýerde: F_s- Stoksyň güýji, r-şarjagazyň radiusy, η-suwuklygyň şepbeşiklik koeffisiýenti, υ-şarjagazyň suwuklykdaky hereket tizligi.

Şarjagazyň gliserinde (islendik şepbeşik suwuklykda) gaçyşyna garalyň. Şarjagaza üç güýç: agyrlyk güýji (P), Arhimediň güýji (F_A), Stoksuň güýji (F_s) täsir eder (1-nji çyzgy).

Nýutonyň ikinji kanuny boýunça şarjagazyň hereket deňlemesi şeýle ýazylar:

$$m \cdot a = P - F_A - F_s \qquad (2)$$



1-nji çyzgy. **Şarjagazyň gliserinde hereketiniň şekillendirilişi**

Bu ýerde: m - şarjagazyň massasy, a - onuň tizlenmesi. Hereketiň dowamynda P we F_A güýçler üýtgemeýärler. F_s bolsa, tizligiň artmagy zerarly tiz ulalýar. $[P-(F_A+F_s)]$ gitdigiçe kiçeler, tizlenme-de kiçeler we belli bir wagtdan soň ol tizlenme nola deň bolar ($a=0$), şondan soň hereket deňölçegli göniçyzykly bolar, ýagny

$$P-F_A-F_S=0 \tag{3}$$

Bu ýerde:

$$P=\frac{4}{3}\pi r^3\rho_s\cdot g \tag{4}$$

P - agyrlyk güýji; r - şaryň radiusy; $\rho_ş$ - şaryň maddasynyň dykyzlygy; g - agyrlyk güýjüniň tizlenmesi.

$$F_A = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_s \cdot g \tag{5}$$

Bu ýerde: F_A - Arhimediň güýji, ρ_s -suwuklygyň dykyzlygy.

(1) –nji , (3) – nji , (4) -nji we (5) - nji aňlatmalardan peýdalanyp,

$$\frac{4}{3}\pi r^3 \rho_ş g - \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_s g - 6\pi\eta r \upsilon = 0 \tag{6}$$

deňligi ýazyp bileris. (6)-njy deňlikden η tapalyň:

$$\eta = \frac{2gr^2(\rho_ş - \rho_s)}{9\upsilon} \tag{7}$$

Işiň ýerine ýetirilişi

1. Şarjagazlardan bäş sanysyny alyň. Olaryň her biriniň radiusyny (r_i, $i = 1,2, ..., 5$) ölçäň we $r_{or} = \frac{\sum_{i=1}^{5} r_i}{5}$ formuladan r_{or} -y tapyň. Netijäni

$$r = r_{or} \pm \Delta r \tag{8}$$

görnüşde ýazyň. Bu ýerde $\Delta r = 1mm$ (sebäbi ölçeg şkalada aňryçäk ýalňyşlyk 1 mm deň). Ştangensirkul üçin $\Delta r = 0{,}1mm$.

2. Şarjagazy gliserine oklaň. Ol 10-15 *sm* ýol geçenden soň sekundölçeýjini işlediň. Şarjagaz $h = 30 - 40\,sm$ geçenden soň bolsa, ony durzuň. Onuň görkezen t wagtyny belläň.

$\upsilon_i = \dfrac{h}{t_i}$ formula boýunça şarjagazyň durnugşan tizligini hasaplaň. Şeýle hereketi bäş sany şarjagazyň her biri bilen gaýtalaň. Netijede $\upsilon_{or} = \dfrac{h}{t_{or}}$ tapyň.

$$t_{or} = \frac{\sum_{i=1}^{5} t_i}{5}; \qquad t = t_{or} \pm \Delta t \qquad (9)$$

Netijäni $\upsilon = \upsilon_{or} \pm \Delta\upsilon$ görnüşde ýazyň.

Bu ýerde:

$$\Delta\upsilon = E \cdot \upsilon_{or} \qquad \text{we} \qquad E = \frac{\Delta h}{h_{or}} + \frac{\Delta t}{t_{or}} \qquad (10)$$

$$\Delta h = 1\,mm, \qquad \Delta t = 0{,}2\,s$$

3. Şarjagazyň we suwuklygyň dykyzlygyny tablisadan alyň we $\rho = \rho_{or} \pm \Delta\rho$ görnüşde ýazyň.

Bu ýerde : ρ_{or}-tablisada görkezilen ululyk, $\Delta\rho - \rho_{or}$ üçin sanyň iň kiçi ähmiýetli gymmatynyň ýarysyna deň.

4. Tapylan ululyklaryň (g_{or}; r_{or}; $\rho_{ş,or}$; υ_{or}) ortaça bahalaryny (7)-nji formula goýup, η_{or} tapyň.

5. Otnositel ýalňyşlygy hasaplaň. Onuň üçin (7)-nji formuladan gelip çykýan aşakdaky aňlatmany ulanyň.

$$\frac{\Delta\eta}{\eta} = E = \frac{2}{9}\left[\frac{\Delta g}{g_{or}} + 2\frac{\Delta r}{r_{or}} + \frac{1-\rho_s}{\rho_ş - \rho_s}\Delta\rho_ş + \frac{\rho_ş - 1}{\rho_ş - \rho_s}\Delta\rho_s + \frac{\Delta\upsilon}{\upsilon_{or}}\right] \qquad (11)$$

6. Netijäni $$\eta = \eta_{or} \pm \Delta \eta \qquad (12)$$
görnüşde ýazyň. Bu ýerde:
$$\Delta \eta = E \cdot \eta_{or}$$

Barlag üçin soraglar:

1. Şepbeşiklik zerarly dörän güýç barada aýdyp beriň.
2. Stoksuň formulasyny getirip çykaryň.
3. Işçi formulany getirip çykaryň.
4. Şepbeşiklik koeffisiýentiniň fiziki manysyny düşündiriň.
5. Şepbeşiklik koeffisiýenti temperatura baglymy?
6. Işiň ýerine ýetirilişini aýdyp beriň.
7. Ölçegleriň we hasaplamalaryň ýalňyşlyklaryny nähili tapdyňyz?

17-NJI TEJRIBE IŞI

Kalorimetriň kömegi bilen suwuklygyň bug emele gelmesiniň udel ýylylygynyň kesgitlenilişi

Işiň maksady: suw üçin bug emele gelmesiniň udel ýylylygyny kesgitlemek.

Abzallar: kalorimetr, gury bug beriji, birikdiriji turbalar, termometr, sekunt ölçeýji, suw, elektrik gyzdyryjy, suwly çäýnek, termobarometr, terezi.

Gysgaça maglumatlar

Çäýnekdäki suw gaýnanda emele gelýän bug rezin şlanga (turba) arkaly gury bug berijä barýar. Bu buguň bir bölegi onda kondensirlenip,gury bug beriji gabyň düýbüne çökýär. Ondan çykan gury bug başga bir şlanga bilen kalorimetriň içinde ýerleşen egremçe turba (zmeýewige) girýär. Egremçede kondensirlenen bug

$$Q_1 = \Delta m \cdot r \qquad (1)$$

ýylylyk mukdaryny bölüp çykarýar.

Bu formulada Δm - kondensirlenen buguň massasy,ýagny

$$\Delta m = m_1 - m_0 \qquad (2)$$

Bu ýerde: m_0 - egremçäniň başdaky massasy,

m_1 - onuň içindäki kondensirlenen bug bilen birlikdäki massasy.

r - suwuň bug emele gelmesiniň udel ýylylygy (gözlenilýän ululyk).

τ - suwuň gaýnama temperaturasy. Onda Δm massaly suw τ-dan t_1-e çenli sowanda berýän ýylylyk mukdary:

$$Q = C \cdot \Delta m(\tau - t_1) \qquad (3)$$

Bu ýerde: C- suwuň udel ýylylyk sygymy.

t_1 - kalorimetrdäki suwuň ahyrky temperaturasy.

Onda kalorimetrden suwa berlen jemi ýylylyk mukdaryny şu aşakdaky formula arkaly kesgitlemek bolar:

$$Q_{berlen} = Q_1 + Q_2 = \Delta mr + C \cdot \Delta m(\tau - t_1) \qquad (4)$$

m_k massaly kalorimetriň, m massaly suwuň, m_o massaly egremçäniň alan ýylylyk mukdarlarynyň jemi şeýle tapylar:

$$Q_{alnan} = C_k\, m_k\,(t_1 - t_0) + Cm(t_1 - t_o) + C_e\, m_0(t_1 - t_o) \qquad (5)$$

ýa-da

$$Q_{alnan} = (C_k\, m_k + Cm + C_e\, m_0)(t_1 - t_o) \qquad (6)$$

Bu ýerde: t_0- kalorimetriň , onuň içindäki suwuň, egremçäniň başky temperaturasy $(t_k = t = t_e = t_0)$. Energiýanyň saklanma kanuny boýunça

$$\Delta mr + C\,\Delta m(\tau - t_1) = (C_k m_k + Cm + C_e m_o)(t_1 - t_o) \qquad (7)$$

Bu ýerden:

$$r = \frac{(C_k m_k + Cm + C_e m_o)}{m_1 - m_o}(t_1 - t_0) - (\tau - t_1)\,C \qquad (8)$$

Işiň ýerine ýetirilişi

1. Kalorimetriň içki gabyny terezide çekiň (m_k)
2. Egremçe turbanyň massasyny (m_o) tapyň.
3. Kalorimetre 1 litre golaý distillirlenen suw guýuň. Onuň massasyny (m) tapyň. Onuň temperaturasy otagyňkydan 2-5^{0}C kiçi bolsa gowy bolar.
4. Çaýnege suw guýup gaýnadyň.
5. Gury bug berijiniň dykysyny tä buguň durnugşan akymy alynýança aýryň, soň dykysyny ýerinde goýuň.
6. Suwuň başlangyç temperaturasyny (t_o) belläň.
7. Her 3^0 C-den suwuň temperaturasyny belläň.
8. Suwuň temperaturasy otagyňkydan 2-3^{0}C ýokary bolanda tejribäni gutaryň. Termometr boýunça ölçegi tä temperatura mese-mälim peselip başlaýança dowam ediň. Maksimal temperaturany belläň. (t_1)
9. Egremçäni täzeden çekiň we m_1 tapyň.
10. Barometr boýunça atmosfera basyşyny belläň. Tablisadan bu basyşa degişli gaýnama temperaturasyny (τ) tapyň.
11. Tablisadan C_k, C, C_e -iň bahalaryny tapyp alyň.
12. (8)-nji formula boýunça r-i hasaplaň.
13. Ölçegi üç gezek geçiriň we r_{or}-y aşakdaky formula boýunça hasaplaň.

$$r_{or} = \frac{r_1 + r_2 + r_3}{3} \qquad (9)$$

14. Ölçegleriň ýalňyşyny kesgitläň.

$$E = \frac{r_{or} - r_i}{r_{or}} \cdot 100\% \qquad (10)$$

Barlag üçin soraglar:

1. Bugarma bilen kodensirlenmäniň näme tapawudy bar?
2. Gaýnama näme? Gaýnama temperaturasy näme?
3. Gaýnama temperaturasy atmosfera basyşyna baglymy? Jogabyňyzy düşündiriň.
4. Bug emele gelmesiniň udel ýylylygy näme?
5. Işçi formulany getirip çykaryň.
6. Işiň ýerine ýetirilişini aýdyp beriň.

18-NJI TEJRIBE IŞI

Howa düwmejiginde maksimal basyş döretme arkaly suwuklygyň üst dartylma koeffisiýentiniň kesgitlenilişi

Işiň maksady: suwuklygyň üst dartylma koeffisiýentini kesgitlemek.

Abzallar: ýörite gurnalan desga (1-nji çyzgy), distillirlenen suw, etil spirti.

Gysgaça maglumatlar

1-nji gaba barlanýan suwuklyk guýulýar, onuň içine kapillýar aýna turbajygy (2) salnan. Krany (6) açyp suwy damjalap akdyrsak, 1-nji gapda basyş peseler, atmosfera P_a we gabyň içindäki P basyşlaryň tapawudy zerarly 2-nji kapillýar turbajykdan (2) howa düwmejigi iterilip çykarylar. Düwmejik gopan pursatynda onuň içinde howanyň basyşy atmosfera basyşyna P_a deň. Düwmejigiň üstüniň egrelmegi zerarly döran goşmaça basyş ($P_1 = \frac{2\alpha}{R}$; bu ýerde: α-suwuklygyň üst dartylma koeffisiýenti, R- düwmejigiň üstüniň egrilik radiusy) we gabyň içindäki basyşyň P jemi atmosfera basyşyna deň bolmaly.

$$P_a = P + P_1 \qquad \text{ýa-da} \qquad P_1 = P_a - P \qquad (1)$$

$$P_a - P = \rho g H \qquad (2)$$

bu ýerde: - ρ - manometrdäki suwuklygyň dykyzlygy;

g - erkin gaçma tizlenmesi;

H – manometriň tirseklerinde suwuklygyň derejeleriniň tapawudy.

Onda (1)-nji we (2) –nji deňliklerden:

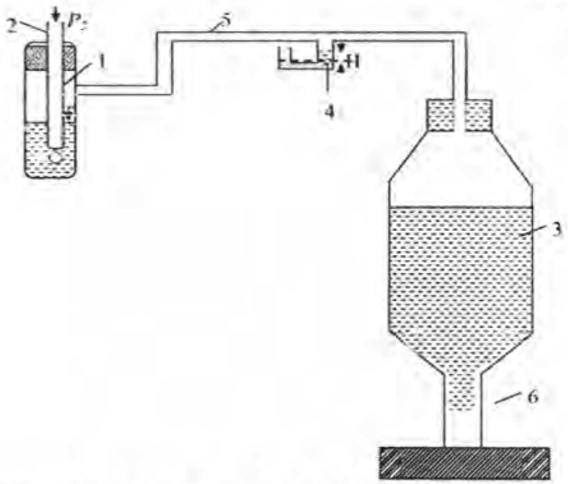
$$\rho g H = \frac{2\alpha}{R} \quad \text{ýa-da} \quad \alpha = \frac{1}{2}\rho g R H \qquad (3)$$

(3) –nji deňligi suw üçin we etil spirti üçin ýazalyň;

$$\alpha_s = \frac{1}{2}\rho g R H_s$$

$$\alpha_{sp} = \frac{1}{2}\rho g R H_{sp}$$

Bulary özara bölüp şeýle ýazarys: $\alpha_{sp} = \alpha_s \cdot \dfrac{H_{sp}}{H_s}$ (4)



1-nji çyzgy. **Üst datrylma koeffisiýentini kesgitlemek üçin ulanylýan abzal**

Işiň ýerine ýetirilişi

1. Desganyň her bir bölegini barlaň we olaryň işe taýýarlygyna göz ýetiriň.
2. Aspiratoryň (3) kranyny (6) açyp, suwy damjalap akdyryň.
3. Kapilýaryň (2) ujundan düwmejik gopan pursaty manometrde H_s (4) beýikligi belläň.
4. Suwuň üst dartylma koeffisiýentini α_s tablisadan alyň.
5. Edil şeýle ýol bilen gaba (1) etil spirtini guýup, ölçegleri gaýtalamaly we H_{sp} tapmaly.
6. Ölçegleri bäş gezek gaýtalamaly.
   Netijeleri

$$H_s = H_{s,or} \pm \Delta H_s \qquad (5)$$

$$H_{sp} = H_{sp.or} \pm \Delta H_{sp} \qquad (6)$$

görnüşde ýazyň. Bu ýerde :

$$H_{s.or} = \frac{\sum_{\bullet}^{n} H_{s,i}}{n} \quad \text{we} \quad H_{sp.or} = \frac{\sum_{\bullet}^{n} H_{sp,i}}{n} \qquad (7)$$

7. $\alpha_{sp.or} = \alpha_{s.or} \cdot \frac{H_{sp.or}}{H_{s,or}}$ formula boýunça etil spirti üçin üst dartylma koeffisiýentiniň ortaça bahasyny hasaplaň.
8. $\Delta H_s = \Delta H_{sp} = 1mm$
9. Otnositel ýalňyşlygy hasaplaň. Onuň üçin aşakdaky formuladan peýdalanyň:

$$E = \frac{\Delta\alpha_{sp,or}}{\alpha_{sp,or}} + \frac{\Delta\alpha_{s,or}}{\alpha_{s,or}} + \frac{\Delta H_{sp,or}}{H_{sp,or}} + \frac{\Delta H_{s,or}}{H_{s,or}} \qquad (8)$$

Bu ýerde: $\alpha_{s,or} = 0{,}0727\,\frac{N}{M};$ $\Delta\alpha_{sp,Or} = 0{,}00005\,\frac{N}{M};$

10. Netijäni

$$\alpha_{sp} = \alpha_{sp,or} \pm \Delta\alpha_{sp,or}$$

görnüşinde ýazyň.

$$\Delta\alpha_{sp,or} = \Delta\alpha_{sp,or} \cdot E$$

Barlag üçin soraglar:

1. Üst dartylma güýji, koeffisiýenti näme? Olaryň temperatura we suwuklygyň düzümine baglylygy.
2. $P_1 = \frac{2\alpha}{R}$ formulany getirip çykaryň.
3. Işçi formulany getirip çykaryň.
4. Işiň ýerine ýetiriliş tertibini aýdyp beriň.
5. Ölçegleriň we hasaplamalaryň ýalňyşlygyny nähili tapdyňyz?

19 - NJY TEJRIBE IŞI

Howa molekulalarynyň erkin ylgawynyň orta uzynlygynyň we effektiw diametriniň kesgitlenilişi

Işiň maksady: howa molekulalarynyň erkin ylgawynyň orta uzynlygyny we effektiw diametrini kesgitlemek.

Abzallar: ýörite gurnalan desga (1-nji çyzgy)

Gysgaça maglumatlar

Gazyň makroparametrleri (basyş, göwrüm, temperatura) onuň mikroparametrleri (molekulanyň ölçegleri we massasy, tizligi, erkin ylgawynyň orta uzynlygy) bilen özara baglanyşykdadyrlar. Belli bolşy ýaly,

$$\eta = 0{,}5\,\rho \cdot \lambda \cdot \upsilon \tag{1}$$

Bu ýerde: η-içki sürtülme (şepbeşiklik) koeffisiýenti;

ρ - gazyň dykyzlygy;

λ - molekulanyň erkin ylgawynyň orta uzynlygy;

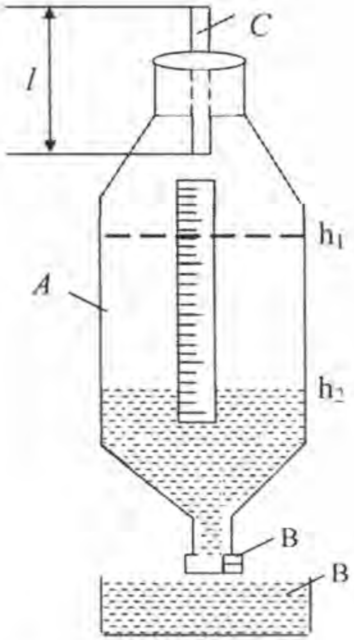
υ-gaz molekulalarynyň orta arifmetiki tizligi.

Mendeleýewiň – Klapeýronyň deňlemesinden.

$$PV = \frac{M}{\mu}RT; \qquad \rho = \frac{P \cdot \mu}{RT} \tag{2}$$

we

$$\upsilon = \sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}} \tag{3}$$



1 - nji çyzgy. **Tejribe desgasynyň görnüşi**

aňlatmalary göz öňünde tutup, (1) -nji deňlemäni şeýle ýazarys.

$$\eta = 0{,}5\frac{P\mu}{RT}\cdot\lambda\cdot\sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}} \qquad (4)$$

Şu işde howanyň η şepbeşiklik koeffisiýentiniň C turbajygyň l uzynlygyna r radiusyna we bu turbajygyň uçlaryndaky ΔP basyşlaryň tapawudyna baglylygy ulanylýar (1-nji çyzgy). Puazeýliň formulasy boýunça

$$\eta = \frac{\pi r^4}{8V \cdot l} \cdot \Delta P \cdot \tau \qquad (5)$$

Bu ýerde: $V - \tau$ wagtda r radiusly l uzynlykly turbajykdan akyp geçýän howanyňgöwrümi; ΔP - turbajygy uçlaryndaky basyşlaryň tapawudy.

Soňky (5)-nji formulany (4)-nji formula bilen deňeşdirip,

$$\lambda = \frac{\pi r^4 \sqrt{\pi RT} \cdot \Delta P \cdot \tau}{8\, l P \sqrt{2\mu} \cdot V} \qquad (6)$$

görnüşli işçi formulany alarys.

Işiň ýerine ýetirilişi

1. A balonyň dörtden üç bölegine suw guýup, onuň h_1 derejesini belläň.
2. B krany açyp, suwy damjalap akar ýaly etmeli, sekundölçeýjini işletmeli.
3. D menzurkada 50-80 sm^3 suw ýygnananda B krany ýapyp, sekundölçeýjini duruzyň.
4. A gapdaky suwuň täze derejesini belläň.
5. A gapdan akyp çykan suwuň göwrümi C kapilýar turbajykdan A gaba giren howanyň V göwrümine deňdir.
6. (6)-njy formula boýunça λ-ny hasaplaň. Bu formula girýän basyşlar tapawudyny

$$\Delta P = \rho_o g \frac{h_1 + h_2}{2}$$

formula boýunça hasaplamaly.
Bu ýerde: ρ_o-tejribe geçirilýän wagtda suwuň dykyzlygy.
(6)-njy formulany:

$$\lambda = const\cdot\frac{\Delta P\cdot\tau}{V} \tag{7}$$

görnüşde ýazmak amatly. Bu ýerde:

$$const = \frac{\pi\cdot r^4\sqrt{\pi RT}}{8l\cdot P\sqrt{2\mu}} \tag{8}$$

7. Tejribäni üç gezek gaýtalaň.
8. Howa molekulasynyň effektiw diametrini aşakdaky formula boýunça tapyň.

$$d = \sqrt{\frac{T\cdot P_o}{\sqrt{2\pi n_o PT_o\lambda}}} \tag{9}$$

Bu ýerde: n_0. Loşmitdin sany ($n_o = 2{,}687\cdot10^{19}\ sm^{-3}$)

$P_o = 1{,}0132\cdot10^5\ \frac{N}{m^2}$; $T_o = 273{,}15\ K$ - normal şertlerde howanyň basyşy we temperaturasy;
P, T -tejribe geçýän döwürde basyş we temperatura (barometriň we termometriň görkezmeleri alynýar).

9. $r = 0{,}5\cdot10^{-3}\ m$; $l = 0{,}14\ m$; $\mu = 29\cdot10^{-3}\ {}^{kg}/_{mol}$; $R = 8{,}31\ {}^{J}/_{molK}$ (10)

10. Netijäni:

$$\lambda = \lambda_{or} \pm \Delta\lambda$$

we

$$d = d_{or} \pm \Delta d \tag{11}$$

görnüşde ýazyň. Bu ýerde: λ_{or} we d_{or} (6)-njy we (9)-njy formulalardan tapylýar:

$$\Delta\lambda = \lambda_{or} \cdot E_{\lambda} \qquad \text{we} \qquad \Delta d = d_{or} \cdot E_{d}$$

$$E_{\lambda} = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_{or}} = \frac{\Delta\pi}{\pi} + 4\frac{\Delta r}{r} + \frac{1}{2}\left(\frac{\Delta\pi}{\pi} + \frac{\Delta R}{R} + \frac{\Delta T}{T}\right) +$$

$$+ \frac{\Delta\rho}{\rho} + \frac{\Delta g}{g} + \frac{\Delta h}{h} + \frac{\Delta\tau}{\tau} + \frac{\Delta l}{l} + \frac{\Delta P}{P} + \frac{1}{2}\cdot\frac{\Delta\mu}{\mu} \qquad (12)$$

$$E_{d} = \frac{1}{2}\left(\frac{\Delta T}{T} + \frac{\Delta\rho_0}{\rho_0} + \frac{\Delta\pi}{\pi} + \frac{\Delta n_o}{n_o} + \frac{\Delta T_o}{T_o} + \frac{\Delta\lambda}{\lambda}\right) \qquad (13)$$

Barlag üçin soraglar:

1. (1) - nji we (2) - nji formulalary getirip çykaryň.
2. Puazeýliň formulasyny getirip çykaryň.
3. Işçi formulalary [(6)-njy we (9)-njy formulalary] getirip çykaryň.
4. Erkin ylgawyň orta uzynlygy näme?
5. Molekulanyň effektiw diametri näme?
6. Işiň ýerine ýetirilişini aýdyp beriň.
7. Otnositel ýalňyşlygy nädip tapdyňyz?

20-NJI TEJRIBE IŞI

Maddalaryň ereme ýylylygynyň kesgitlenilişi

Işiň maksady: himiki reaksiýanyň ýylylyk effektini hasaplamak.

Abzallar: kalorimetr (termos), hromometr, guýguç, garyşdyryjy, misiň duzlary: $CuSO_4$ (suwsuz) we $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ (suwly), distillirlenen suw, sekundölçeýji.

Gysgaça maglumatlar

Käbir himiki reaksiýa geçende ýylylyk bölünip çykýar (ekzotermiki reaksiýa); käbirinde bolsa tersine, ýylylyk siňdirilýär (endotermiki reaksiýa).

Termodinamikanyň 1-nji kanuny boýunça

$$Q_p = \Delta U + P\Delta V \qquad (1)$$

ýa-da $\Delta U = U_2 - U_1$ we $\Delta V = V_2 - V_1$

bolany üçin

$$Q_p = (U_2 + PV_2) - (U_1 + PV_1) \qquad (2)$$

bu ýerde: Q_P - reaksiýa wagtynda ulgama berilýän ýylylyk mukdary;

U_2, U_1 -reaksiýa wagtynda ulgamyň soňky we başlangyç içki energiýalary;

V_2, V_1 - reaksiýa wagtynda ulgamyň soňky we başky tutýan göwrümleri;

P - basyş, ýagny P = hemişelik

$$U + PV = H \qquad (3)$$

bu ýerde : H – ulgamyň entalpiýasy.

Şeýlelikde, hemişelik basyşda ulgama berlen ýylylyk mukdary onuň entalpiýasynyň üýtgemesine deň bolýar:

$$Q_p = H_2 - H_1 = \Delta H \tag{4}$$

Ekzotermik reaksiýada $\Delta H < 0$, endotermik reaksiýada bolsa $\Delta H > 0$

Gessiň kanuny boýunça reaksiýanyň ýylylyk effekti reaksiýa girýän we alnan önümleriň görnüşine we ýagdaýyna bagly bolup, reaksiýanyň geçiş ýoluna bagly däldir.

Reaksiýanyň ýylylyk effekti, reaksiýa girýän maddalaryň emele gelme ýylylyklaryndan reaksiýanyň önümleriniň emele gelme ýylylyklarynyň aýrylmagyna deňdir. Maddanyň emele gelme ýylylygy - sada maddalardan berlen çylşyrymly maddanyň 1 moluny almak üçin harçlanan ýylylyk mukdaryna deňdir. Goý, aşakdaky ýaly reaksiýa geçipdir diýeliň:

$$a\,A + b\,B + ... = d\,D + e\,E + ...$$

Bu reaksiýanyň ýylylyk effekti şeýle tapylýar:

$$Q_p = -\Delta H = \left[d\,\Delta H\,(D) + e\,\Delta H\,(E) + ...\right] - \\ - \left[a\,\Delta H\,(A) + b\,\Delta H\,(B) + ...\right]$$

Bu ýerde: a, b, d, e – stehiometriki koeffisiýentler;

$\Delta H\,(D)$, $\Delta H(E)$, $\Delta H\,(A)$, $\Delta H\,(B)$ – degişli maddalaryň emele gelmeginiň entalpiýalary (tablisadan tapylýar).

Işiň ýerine ýetirilişi

1. Kalorimetre (termosa) 25 *ml* distillirlenen suw guýmaly.
2. Termometr boýunça t_b başky temperaturany belläň.
3. 2-5 minutdan soň guýgujyň kömegi bilen termosa 1 g $CuSO_4$ suwsuz duzuny dökmeli we sekundölçeýjini işletmeli.
4. Gargyç bilen bulaşdyryp her 30 sekuntdan erginiň temperaturasyny bellemeli we aşakdaky tablisany doldurmaly.

wagt, s	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
temperatura, ^0S										

5. Tablisadaky temperaturalaryň içinden iň ulusyny alyň (t_s)
6. $\Delta t = t_s - t_o$ hasaplaň.
7. $CuSO_4$ suwsuz duzunyň 1 moly erände entalpiýanyň üýtgemesini hasaplaň.

$$\Delta H_1 = -Q_M = -q\frac{\mu}{m} \qquad (5)$$

Bu ýerde: *M*- ereýän maddanyň $CuSO_4$ molýar massasy $\mu = 160 \, g/mol$, $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ üçin $\mu = 250 \, g/mol$

m-maddanyň massasy, $q = m_{P,s}(t_s - t_b)C_p$

8. $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ duz bilen hem şeýle tejribäni geçireliň we onuň üçin hem ΔH_2 -ni tapyň.
9. $CuSO_4$ -iň suwsuz duzy $5H_2O$ birleşende entalpiýanyň üýtgemesini tapyň.

$$CuSO_4 + 5H_2O = CuSO_4 \cdot 5H_2O \qquad (\Delta H)$$
$$CuSO_4 + H_2O = CuSO_4 \cdot xH_2O \qquad (\Delta H_1)$$
$$CuSO_4 \cdot 5H_2O + xH_2O = CuSO_4(5+x)H_2O \qquad (\Delta H_2)$$

Onda: $\Delta H = \Delta H_2 - \Delta H_1$

$CuSO_4 \cdot 5H_2O$: $\mu = 249{,}68$; $P = 2{,}28$; $C_p = 811 J/mol \cdot grad$
$\Delta H = -22{,}79 kJ/mol$
$CuSO_4$: $\Delta H = -770{,}9\ kJ/mol$; $C_p = 98{,}87 J/mol \cdot grad$.

Barlag üçin soraglar:

1. Termodinamikanyň 1-nji kanunynyň mazmunyny aýdyň.
2. Näme üçin ekzotermik reaksiýada $\Delta H < O$, endotermik reaksiýada bolsa $\Delta H > O$?
3. Gessiň kanuny näme diýýär?
4. Işiň ýerine ýetirilişini aýdyp beriň.

GOŞMAÇALAR

1-nji tablisa

Grek we latyn elipbiýleri

A,α alfa	N,ν nýu	A,a a	N,n en
B,β beta	Ξ, ξ ksi	B,b be	O,o o
Γ,γ gamma	O,o omikron	C,c se	P,p pe
Δ,δ delta	Π,π pi	D,d de	Q,q ku
E,ε epsilon	P,ρ ro	E,e e	R,r er
Z, ζ dzeta	Σ,σ sigma	F,f ef	S,s es
H,η eta	T,τ tau	G,g ge,že	T,t te
Θ,θ teta	Y,υ ipsilon	H,h aş,ha	U,u u
I,ι ýota	Φ,φ fi	I,i i	V,v we
K,k kappa	X,χ hi	J,j ýot,ži	W,w dubl-we
Λ,λ lambda	Ψ,ψ psi	K,k ka	X,x iks
M,μ mýu	Ω,ω omega	L.l el	Y,y igrek
		M,m em	Z,z zet

2-nji tablisa

Ölçeg birliklere onluk goşulmalar

10^{12}	10^{9}	10^{6}	10^{3}	10^{2}	10^{1}	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-6}	10^{-9}	10^{-12}
T-tera	G-giga	M-mega	k-kilo	g-gekto	dk-deka	d-desi	s-santi	m-milli	mk-mikro	n-nano	p-piko

3-nji tablisa

Käbir elementleriň molýar massalary

Element	Wodorod	Uglerod	Azot	Kislorod	Alýuminiý	Argon	Demir	Mis	Simap
Belgilenişi	H	C	N	O	Al	Ar	Fe	Cu	Hg
μ,g/mol	1.01	12.0	14.0	16.0	27.0	40.0	55.8	63.5	201

4-nji tablisa

Gaty jisimleriň käbir fiziki häsiýetleri

Gaty jisimler	Dykyzlygy	Ýunguň moduly	Uzynlygyna giňelme (termiki) koeffisiýenti	Udel ýylylyk sygymy	Eremegiň udel ýylylygy	Ereme temperaturasy
	$\rho, \frac{kg}{m^3}$	E, GPa	$\alpha, 10^{-6}K^{-1}$	$c, \frac{J}{(kgK)}$	$\lambda, \frac{MJ}{kg}$	T,K
Alýuminiý	2700	70	24	890	0,385	931
Demir	7800	210	12	480	0,3	1793
Buz	916	-	-	2100	0,335	273
Mis	8900	130	17	390	0,18	1356

5-nji tablisa

Suwuklyklaryň käbir fiziki häsiýetleri

Suwuklyklar	Dykyzlygy	Göwrümine giňelme (termiki) koeffisiýenti	Udel ýylylyk sygymy	Bug emele gelmegiň udel ýylylygy	Üst dartylma koeffisiýenti
	ρ, $\frac{kg}{m^3}$	β, $10^{-4}K^{-1}$	c, $\frac{J}{(kgK)}$	λ, $\frac{MJ}{kg}$	σ, $\frac{mN}{m}$
Suw	1000	1,5 (288K)	4190	2,45	73 (293K)
Kerosin	800	10	2100	-	28 (273K)
Simap	13600	1,8	140	0,284	465 (293K)

6-njy tablisa

Deňiz derejesinde dürli giňlikler üçin erkin gaçmanyň tizlenmesi

Giňlik, graduslar	g,m/s²	Giňlik, graduslar	g, m/s²	Giňlik, graduslar	g, m/s²
0	9,7803	35	9,7973	70	9,8261
5	9,7807	40	9,8017	75	9,8287
10	9,7819	45	9,8062	80	9,8306
15	9,7838	50	9,8107	85	9,8318
20	9,7863	55	9,8150	90	9,8322
25	9,7895	60	9,8191	Aşgabat	9,8018
30	9,7932	65	9,8228	Moskwa	9,8152

7-nji tablisa

Dürli temperaturalarda suwuň üst dartylma koeffisiýenti

Temperatura, ^0C	Üst dartylma koeffisiýenti, mN/m	Temperatura, ^0C	Üst dartylma koeffisiýenti, mN/m
0	75,5	45	68,6
5	74,8	50	67,8
10	74,0	55	66,9
15	73,3	60	66,0
20	72,5	65	65,1
25	71,8	70	64,2
30	71,0	75	63,3
35	70,3	80	62,3
40	69,5	90	60,7

8-nji tablisa

Dürli temperaturalarda suwuň içki sürtülme koeffisiýenti

$t, ^0C$	$\eta \cdot 10^5$ [Pa·s]	$t, ^0C$	$\eta \cdot 10^5$ [Pa·s]	$t, ^0C$	$\eta \cdot 10^5$ [Pa·s]	$t, ^0C$	$\eta \cdot 10^5$ [Pa·s]
0	179,7	19	102,9	30	80,3	100	28,4
5	151,8	20	100,4	40	65,5	110	25,6
10	130,7	21	98,0	50	55,1	120	23,2
15	114,0	22	95,7	60	47,0	130	21,2
16	111,0	23	93,6	70	40,7	140	19,6
17	108,2	24	91,5	80	35,7	150	18,4
18	105,5	25	89,5	90	31,7	160	17,4

9-njy tablisa

Howanyň otnositel çyglylygynyň psihrometrik tablisasy

Gury termometriň görkezmesi, °C	Gury we öl termometrleriň görkezmeleriniň tapawudy, °C										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	100	81	63	45	28	11					
2	100	84	68	51	35	20					
4	100	85	70	56	42	28	14				
6	100	86	73	60	47	35	23	10			
8	100	87	75	63	51	40	28	18	7		
10	100	88	76	65	54	44	34	24	14	4	
12	100	89	78	68	57	48	38	29	20	11	
14	100	90	79	70	60	51	42	33	25	17	9
16	100	90	81	71	62	54	45	37	30	22	15
18	100	91	82	73	64	56	48	41	34	26	20
20	100	91	83	74	66	59	51	44	37	30	24
22	100	92	83	76	68	61	54	47	40	34	28
24	100	92	84	77	69	62	56	49	43	37	31
26	100	92	85	78	71	64	58	50	45	40	34
28	100	93	85	78	72	65	59	53	48	42	37
30	100	93	86	79	73	67	61	55	50	44	39

10-njy tablisa

Doýgun syw bugunyň dürli temperaturalardaky basyşy we dykyzlygy

$t,^{\circ}C$	$P_{d.b.}$, mm.sim.süt.	m^*, g	$t,^{\circ}C$	$P_{d.b.}$, mm.sim.süt.	m^*, g	$t,^{\circ}C$	$P_{d.b.}$, mm.sim.süt.	m^*, g
-30	0,28	0,33	0	4,58	4,84	27	26,74	25,8
-29	0,31	0,37	1	4,93	5,22	28	28,35	27,2
-28	0,35	0,41	2	5,29	5,60	29	30,04	28,7
-27	0,38	0,46	3	5,60	5,98	30	31,82	30,3
-26	0,43	0,51	4	6,10	6,40	31	33,70	32,1
-25	0,47	0,55	5	6,54	6,84	32	35,66	33,9
-24	0,52	0,60	6	7,01	7,3	33	37,73	35,7
-23	0,58	0,66	7	7,51	7,8	34	39,90	37,6
-22	0,64	0,73	8	8,05	8,3	35	42,18	39,6
-21	0,70	0,80	9	8,61	8,8	36	44,56	41,8
-20	0,77	0,88	10	9,21	9,4	37	47,07	44,0
-19	0,85	0,96	11	9,84	10,0	38	49,69	46,3
-18	0,94	1,05	12	10,52	10,7	39	52,44	48,7
-17	1,03	1,15	13	11,23	11,4	40	55,32	51,2
-16	1,13	1,27	14	11,99	12,1	45	71,88	65,4
-15	1,24	1,38	15	12,79	12,8	50	92,5	83,0
-14	1,36	1,51	16	13,63	13,6	55	118,0	104,3
-13	1,49	1,65	17	14,53	14,5	60	149,4	130
-12	1,63	1,80	18	15,48	15,4	65	187,5	161
-11	1,78	1,96	19	16,48	16,3	70	233,7	198
-10	1,95	2,14	20	17,54	17,3	75	289,1	242
-9	2,13	2,33	21	18,65	18,3	80	355,1	293
-8	2,32	2,54	22	19,83	19,4	85	433,6	354
-7	2,53	2,76	23	21,07	20,6	90	525,8	424
-6	2,76	2,99	24	22,38	21,8	95	633,9	505
-5	3,01	3,24	25	23,76	23,0	100	760,0	598
-4	3,28	3,51	26	25,21	24,4			
-3	3,57	3,81						
-2	3,88	4,13						
-1	4,22	4,47						

*m – $1\ m^3$ buguň gramlarda aňladylan massasy

EDEBIÝAT

1. FPM-02, FPM-03, FPM-04, FPM-05, FPM-06, FPM-07, FPM-08, FPM-09, FPM-013 belgili abzallaryň ýazgylary.
2. **Allakow Ö., Gurbangeldiýew Ç.** Mehanika. Aşgabat, 2006 ý.
3. **Глинка Н.Л.** Общая химия. Москва, 1988 г.
4. **Gurbanow A., Akmyradow B.** Molekulýar fizika we ýylylyk, Aşgabat, 1986 ý.
5. **Gurt Toýly.** Fizikadan laboratoriýa işleri. Aşgabat, 1993 ý.
6. **Майсова Н.Н.** Практикум по курсу общей физики. Москва, 1970 г.
7. **Матвеев А.Н.** Механика и теория относительности. Москва, 1986 г.
8. **Nurgeldiýew A., Bekmyradow Ö., Akmyradow B.** Molekulýar fizika we termodinamika. Aşgabat, 2006 ý.
9. **Рабинович В.А., Хавин З.Я.** Краткий химический справочник. Москва, 1991 г.
10. **Стрючков И.А., Краев П.И.** Руководство к лабораторным работам по механике. Часть I, Ашхабад, 1977 г.
11. **Краев П.И., Стрючков И.А.** Руководство к лабораторным работам по молекулярной физике. Часть II, Ашхабад, 1979 г.
12. **Toýlyýew G.** Mehanikadan leksiýalaryň konspekti. Aşgabat, 1971 ý.

13. **Toýlyýew G.** Mehanikadan leksiýalaryň konspekti (yrgyldylar we tolkunlar, akustika). Aşgabat, 1972 ý.
14. **Яковлев К.П.** Физический практикум. Часть II, Москва, 1977 г.
15. Физический практикум. Механика и молекулярная физика. Под ред. В.И. Иверbegin Ивероновой. Москва, 1967 г.

MAZMUNY