Y.C.BAYPAMOV

FİZİKA PRAKTİKUMU

(mexanika və molekulyyar fizika)

Dərs vəsaiti

I hissə

Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyinin Elmi – Metodik Şurası "Fizika" bölməsinin 18. 06.2002- ci il tarixli 13 saylı İclas protokolu ilə təsdiq olunmuşdur.

BAKI - 2002

Tərtib edən: *dos.* **Bayramov Yaqub Cəlil oğlu**
Gürcüstan Dövlət Aqrar Universitetinin Kvemo - Kartli (Borçalı) Çoxprofilli Bölgə İnstitutu.

Elmi redaktor: *BDU-nun "Ümumi fizika" kafedrasının dosenti f.r.e.n.* ***Y.Q.Nurullayev.***

Rəy verən: *BDU-nun "Ümumi fizika" kafedrasının professoru* **Q.A.Ağayev**

Dərs vəsaiti Gürcüstan Dövlət Aqrar Universitetinin Kvemo-Kartli (Borçalı) Çoxprofilli Bölgə İnstitunda və həmçinin respublikanın digər ali məktəblərində Azərbaycan dilində təhsil alan tələbələrə kömək məqsədi ilə fizika fənni tədris olunan fakültələrin fənn proqramlarına uyğun olaraq tərtib olunmuşdur..Dərs vəsaiti iki hissədən ibarətdir.Birinci hissəyə mexanika və molekulyar fizika bölməsinə aid ümumi fizika kursunu kifayət qədər əhatə edən laboratoriya işləri daxil edilmişdir.

Vəsaitdə təcrübi xətalar və onların hesablanma yolları, laboratoriya ölçü cihazlarının iş prinsipi haqqında məlumat verilmiş, hər bir laboratoriya işinin qısa nəzəriyyəsi, təcrübənin aparılma qaydaları ətraflı şərh olunmuşdur.

Dərs vəsaiti "Ümumi fizika" kursunu kifayət qədər əhatə etdiyindən o həmçinin Azərbaycanda fəaliyyət göstərən Universitet və digər ali məktəb tələbələri üçün də faydalıdır.

Ölçmə xətaları və onların hesablanması

Hər hansı bir fiziki kəmiyyəti ölçərkən uyğun ölçü cihazlarından istifadə edilir. Ölçünün dəqiqliyi cihazların ölçü dəqiqliyindən asılıdır. Ölçülən fiziki kəmiyyətin mümkün qədər dəqiq qiymətini tapmaq üçün bir neçə dəfə təkrar ölçü aparmaq lazımdır. Təcrübə zamanı ölçü cihazlarının normal olmaması müşahidəçinin buraxdığı səhflər nəticəsində müəyyən dərəcədə xətalara yol verilir.

Təcrübədə fiziki kəmiyyətlər tə'yin olunarkən alınan nəticələrin dəqiqliyi kəmiyyətlərin ölçülməsində yol verilən xətalardan asılıdır. Fiziki kəmiyyətlərin ölçülməsində yaranan xətaları iki qrupa ayırmaq olar:

a. sistematik xətalar

b. təsadüfi xətalar.

Sistematik xətalar laboratoriya işində istifadə olunan ölçü cihazlarının dəqiqliyi ilə əlaqədardır. Sistematik xətalar ölçü cihazlarının normal qaydada olmamasından, ölçü üsulunda səhvə yol verilməsində, müşahidəçinin müəyyən faktı nəzərdən qaçırmasından meydana çıxır. Ona görə də təcrübə apararkən cihazların ölçü dəqiqliyi nəzərə alınmalıdır.

Təsadüfi xətalar isə ölçü aparan şəxsin müşahidə qabiliyyətindən asılıdır. Təsədüfi xətalar hesablama əməliyyatının dəqiq aparılmamasından, müşahidəçinin təcrübəyə ciddi yanaşmamasından və bir sıra digər amillərdən asılıdır. Təcrübənin çoxlu sayda təkrar edilməsi bu xətanı azaldır. Bir çox hallarda ölçülən kəmiyyətlərin həqiqi ölçülərini tapmaq çətin olur. Ona görə də təcrübədə ölçülən kəmiyyətin orta qiymətini tapmaq lazım gəlir. Bu halda kəmiyyətin orta qiyməti onun həqiqi qiymətindən yol verilən xətanın qiyməti qədər ya böyük, ya da kiçik olur. Yə'ni kəmiyyətin orta qiymətinə xətanı əlavə etmək və ya çıxmaqla onun həqiqi ölçüsünə yaxın bir qiymət almaq olar.

Fərz edək ki, n dəfə təkrar olunan ölçmələrdə kəmiyyət üçün $x_1, x_2, x_3 \ldots x_n$ qiymətləri alınmışdır. Ölçmələrdən həqiqi qiymətə yaxın olan orta qiymət, ayrı-ayrı təcrübi qiymətlərin cəminin təcrübələrin sayına olan nisbətinə bərabərdir.

$$x_{orta} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \ldots + x_n}{n}$$

Təcrübədə cismin ölçüsünün orta qiymətini tapmaq üçün ölçmələr bir qayda olaraq bir neçə dəfə təkrarlanır və ölçülən kəmiyyətlərin orta qiyməti götürülür. Təcrübi qiymətlərin hesablanmış orta qiymətdən nə qədər fərqləndiyini müəyyən etmək üçün müşahidə olunan 4 növ xətadan istifadə olunur.

1. ayrı-ayrı təcrübələrin mütləq xətası;
2. təcrübənin orta mütləq xətası;
3. ayrı-ayrı təcrübələrin nisbi xətası:
4. təcrübənin orta nisbi xətası.

Fərz edək ki, təcrübə üç dəfə təkrar edilib və ölçülən kəmiyyət üçün uyğun olaraq x_1, x_2, x_3 qiymətləri alınmışdır. Bu halda ölçüləcək kəmiyyətin orta qiyməti aşağıdakı kimi tə'yin olunar:

$$x_{or} = \frac{x_1 + x_2 + x_3}{3}$$

1. Təcrübədə ölçülən kəmiyyətin orta qiyməti ilə ayrı-ayrı təcrübi qiymətlərin fərqinin mütləq qiymətinə təcrübələrin *mütləq xətası* deyilir və aşağıdakı kimi ifadə olunur :

$$\Delta x_1 = / x_{or} - x_1 /,$$
$$\Delta x_2 = / x_{or} - x_2 /,$$
$$\Delta x_3 = / x_{or} - x_3 /,$$

2.Ayrı-ayrı təcrübələrin mütləq xətalarının orta qiymətinə təcrübənin *orta mütləq xətası* deyilir və aşağıdakı kimi tə'yin olunur:

$$\Delta x_{or} = \frac{|\Delta x_1| + |\Delta x_2| + |\Delta x_3|}{3}$$

3.Ayrı-ayrı təcrübələrin mütləq xətalarının uyğun təcrübi qiymətlərə olan nisbətinə təcrübələrin *nisbi xətası* deyilir və belə tə'yin olur:

$$\Delta N_1 = \frac{/ \Delta x_1 /}{x_1}$$

$$\Delta N_2 = \frac{/ x_2 /}{x_2}$$

$$\Delta N_3 = \frac{/ \Delta x_3 /}{x_3}$$

4.Təcrübələrin nisbi xətalarının orta qiymətinə təcrübənin *orta nisbi xətası* deyilir və aşağıdakı kimi tə'yin olunur:

$$\Delta N_{OP} = \frac{\Delta N_1 + \Delta N_2 + \Delta N_3}{3}$$

Əgər bütün yuxarıda deyilənləri nəzərə alsaq, onda axtarılan fiziki kəmiyyətin həqiqi qiyməti $x_{həq} = \bar{x}_{op} \pm \Delta\bar{x}$ olar. Yadda saxlamaq lazımdır ki, x kəmiyyətini taparkən hesablamada vergüldən sonra neçə rəqəm olarsa Δx –in hesablamasında da o dəqiqliklə nəticəni götürmək lazımdır. Onda deyə bilərik ki, fiziki kəmiyyətin həqiqi qiyməti $x_{op} - \Delta\bar{x}$ ilə $x_{op} + \Delta\bar{x}$ arasında hər hansı qiymət alır.

Hesablamada nisbi xəta anlayışından da istifadə olunur. Nisbi xəta E hərfi ilə işarə olunur və kəmiyyətin orta mütləq xətasının onun orta qiymətinə olan nisbəti ilə tə'yin olunur. Adətən təcrübənin nisbi xətasını faizlə ifadə edirlər. Bu halda nisbi xətanın qiyməti 100-ə vurulur.

$$E = \frac{\Delta\bar{x}}{x_{or}} \cdot 100\%$$

Əksər hallarda axtarılan fiziki kəmiyyət bilavasitə təcrübədə ölçülən bir neçə kəmiyyətin funksiyası şəklində olur. Məsələn: bərk cismin sıxlığının piknometrlə tə'yinində buraxılan xətaları araşdıraq. Fərz edək ki, bərk cismin sıxlığı təcrübədə 3 dəfə ölçülmüşdür və uyğun olaraq ρ_1, ρ_2, ρ_3 qiymətləri alınmışdır. Bu kəmiyyətlərin orta qiyməti

$$\rho_{or} = \frac{\rho_1 + \rho_2 + \rho_3}{3}$$

olar.

Ayrı-ayrı ölçmələrin mütləq xətaları isə

$$\Delta\rho_1 = |\rho_{or} - \rho_1|, \quad \Delta\rho_2 = |\rho_{or} - \rho_2|, \quad \Delta\rho_3 = |\rho_{or} - \rho_3|$$

kimi hesablanır. Ölçmələrin mütləq xətalarının orta qiyməti

$$\Delta\rho_{or} = \frac{\Delta\rho_1 + \Delta\rho_2 + \Delta\rho_3}{3}$$

olar. Onda bərk cismin sıxlığının həqiqi qiyməti

$$\rho_{heqiqi} = \rho_{ar} \pm \Delta\rho_{ar}$$

olar.

Bir sıra hallarda axtarılan kəmiyyətlər bilavasitə təcrübədə ölçülməyib, bir neçə kəmiyyətin ölçülməsi nəticəsində aparılan hesablamadan dolayı yolla tapılır. Belə hallarda təcrübədə kəmiyyətlərin ölçülməsində buraxılan xətalara əsasən axtarılan kəmiyyətin xətasını hesablamaq lazımdır.

Misal üçün silindr formasında olan cismin sıxlığının hesablamasında buraxılan xətanı hesablayaq.

Silindr formalı cismin sıxlığını tə'yin etmək üçün bilavasitə onun **h** - hündürlüyünü, **D** - diametrini və **m** kütləsini ölçüb

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{4m}{\pi D^2 h}$$

düsturu ilə silindrin sıxlığı hesablanır.

Təcrübədə buraxılan xətanı hesablamaq üçün xəta düsturnu çıxaraq. Bu məqsədlə yuxarıdakı ifadəni loqarifmləyək və alınan ifadəni diferensiallayaq. Bu halda alarıq:

$$\lg\rho = \lg 4 + \lg m - \lg\pi - 2\lg D - \lg h$$

$$\frac{d\rho}{\rho} = \frac{dm}{m} - 2\frac{dD}{D} - \frac{dh}{h}$$

Diferensialı (d) artım işarələri (Δ) ilə əvəz edərək nisbi xətanın ümumi qiyməti üçün alarıq.

$$\frac{\Delta\rho}{\rho} = \frac{\Delta m}{m} - 2\frac{\Delta D}{D} - \frac{\Delta h}{n}$$

Burada (-) işarələri (+) ilə əvəz edərək təcrübədə ölçüləcək kəmiyyətin nisbi xətasının maksimum qiymətini almaq olar:

$$\frac{\Delta\rho}{\rho}=\frac{\Delta m}{m}+2\frac{\Delta D}{D}+\frac{\Delta h}{n}$$

Nəticədə sıxlığın mütləq xətası üçün

$$\Delta\rho=\rho\left(\frac{\Delta m}{m}+2\frac{\Delta D}{D}+\frac{\Delta h}{n}\right)$$

ifadəsi alınar.

Ölçüləcək kəmiyyətin həqiqi qiyməti

$$\rho_{həqiqi}=\rho_{or}\pm\Delta\rho$$

olar. Burada ρ_{or} – sıxlıq üçün təcrübi ölçmələrdən hesablanan orta qiymətdir .

Aşağıdakı cədvəldə mücxtəlif sadə hallar üçün dolayı ölçülən y – kəmiyyətinin xətalarının hesablama düsturu verilmişdir.

Cədvəl 1.

№	Funksiya	Nisbi xəta
1	$y=a+b+c$	$\frac{\Delta y}{y}=\frac{\Delta a+\Delta b+\Delta c}{a+b+c}$
2	$y=a-b$	$\frac{\Delta y}{y}=\frac{\Delta a+\Delta b}{a-b}$
3	$y=a\cdot b\cdot c$	$\frac{\Delta y}{y}=\frac{\Delta a}{a}+\frac{\Delta b}{b}+\frac{\Delta c}{c}$
4	$y=a^n$	$\frac{\Delta y}{y}=n\cdot\frac{\Delta a}{a}$
5	$y=\sqrt[n]{a}$	$\frac{\Delta y}{y}=\frac{1}{n}\cdot\frac{\Delta a}{a}$
6	$y=a/b$	$\frac{\Delta y}{y}=\frac{\Delta a}{a}+\frac{\Delta b}{b}$
7	$y=\sin\alpha$	$\frac{\Delta y}{y}=\Delta\alpha ctg\alpha$
8	$y=cos\,\alpha$	$\frac{\Delta y}{y}=\Delta\alpha tg\alpha$

I FƏSİL

MEXANİKA

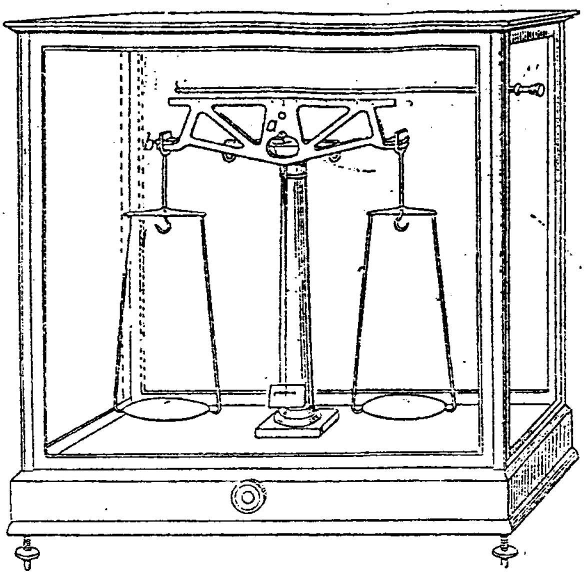
LABORATORİYA İŞİ №1

Analitik tərəzi.Dəqiq çəki qaydaları

Ləvazimat: *analitik tərəzi, reyter, çəki daşları, kütləsi mə'lum olan cisim*

Qısa nəzəri mə'lumat

Cisimlərin fiziki xassələrini xarakterizə edən əsas parametrlərdən biri onların kütləsidir. Kütlə cisimn ətalət ölçüsüdür. Kütlənin dəqiq ölçülməsi onunla bağlı olan çoxlu fiziki proseslərin dərindən öyrənilməsinə kömək edir. Kütləni tə'yin etmək üçün istifadə olunan üsullardan biri də cismin kütləsinin qollu tərəzidə mə'lum kütlə ilə müqayisə üsuludur. Bu məqsədlə laboratoriyalarda, əsasən, analitik tərəzilərdən istifadə olunur. Analitik tərəzilərin əksəriyyəti bərabər qollu olur. İki gözlü bərabər qollu tərəzilərin üstünlüyü onların gözlərinə tə'sir edən aerostatik qüvvələrin bir-birini tarazlaşdırmalarıdır. Bərabər qollu analitik tərəzi oturacağa möhkəm bağlanmış T-şəkilli dayaqdan bu dayağın yuxarı səthinin ortasına bərkidilmiş hamar ləl daşından, iti tilli üçüzlü prizma ilə bərabər qolla ayrılmış və dayaq üzərinə üfüqi vəziyyətdə yerləşdirilmiş lingdən ibarətdir (şəkil 1).



Şəkil 1.

Lingin uclarından prizmalı sırğalar, sırğalardan isə tərəzinin gözləri asılmışdır. Orta və kənar prizmalar arasındakı hər iki məsafə 100 bərabər hissəyə bölünmüşdür. Bu reyter şkalası adlanır.

Lingin ortasından ona perpendikulyar istiqamətdə tərəzinin oturacağına doğru əqrəb bağlanmışdır.

Əqrəbin aşağı ucu dayağa bərkidilmiş şkala üzərində sağa və sola meyl edə bilir. Onun meyli şkala üzərindəki bölgülərlə tə'yin olunur.

Analitik tərəzidə çəki zamanı çəki daşları ilə tarazlıq əldə edildikdən sonra reyter və tərəzi əqrəbinin şkala üzərindəki meylindən istifadə olunur. Proyeksiyalanan şkalaya malik analitik tərəzidə isə reyterdən istifadə olunmur. Tərəzinin dəqiqliyini saxlamaq üçün o, arretirlə təchiz olunur. Tərəzidən istifadə etmədikdə onu arretirdə saxlamq lazımdır. Bu halda ling dayaqlar üzərində dayanır və arretirdən çıxarıldıqda isə lingin prizması ləl daşlarına söykənir. Bu hal tərəzinin işçi vəziyyəti adlanır. Tərəzinin əqrəbi şkalanın ortasında dayanmırsa, onda lingin yuxarı hissələrinə bərkidilmiş yivli çubuqlar üzərində hərəkət edə bilən kiçik yüklərdən istifadə etmək lazımdır.

Tərəzidə dəqiq çəki aparmaq üçün əvvəlcə onun "sıfır nöqtəsini" və həssaslığını tə'yin etmək lazımdır

a) *Tərəzinin "sıfır nöqtəsinin" tə'yini*

Tərəzidə dəqiq çəki aparmazdan əvvəl lingin tarazlığına uyğun gələn vəziyyəti, yə'ni tarazlıq halında əqrəbin şkala üzərində hansı bölgünü göstərdiyini müəyyənləşdirmək lazımdır. Həmin bölgü tərəzinin "*sıfır nöqtəsi*" adlanır.

Yüksüz tərəzini arretirdən azad edərkən əqrəbin şkala üzrə rəqsinin sönərək dayandığı nöqtəyə tərəzinin "sıfır nöqtəsi" deyilir.

Sıfır nöqtəsini tə'yin etmək üçün arretirdən azad edilmiş tərəzinin qolları rəqsə gəldikdən sonra onun əqrəbinin şkaladakı kənar vəziyyətləri qeyd edilir. Əgər əqrəb şkaladan kənara çıxarsa, onda bir qədər gözləmək lazımdır ki, əqrəbin rəqsi sönərək tədricən şkala üzərinə qayıtsın. Əqrəbin şkala boyunca hərəkəti zamanı şərti olaraq ardıcıl üç dəfə sol kənardan. iki dəfə isə sağ kənardan qayıtdığı bölgüləri qeyd etmək lazımdır. Tutaq ki, tərəzinin əqrəbi üç ardıcıl rəqs zamanı sıfır vəziyyətindən sağ tərəfdə a_1, a_3, a_5 sol tərəfdə isə a_2, a_4 bölgülərinə uyğun amplitudlara malik olmuşdur. Bu ədədlərə əsasən sağ və sol tərəflər üçün ayrılıqda tapılmış orta qiymətlərinin ədədi ortası aşağıdakı kimi hesablanır:

$$a_0 = \frac{\dfrac{a_1 + a_3 + a_5}{3} + \dfrac{a_2 + a_4}{2}}{2} \qquad (1)$$

Alınan bu qiymət tərəzinin "sıfır nöqtəsi"ni göstərəcəkdir. Təcrübəni ən azı beş dəfə təkrar edib tərəzinin "sıfır nöqtəsi"nin ədədi orta qiymətini hesablamaq lazımdır.

b) ***Tərəzinin həssaslığının tə'yini.***

Tərəzinin həssaslığı onu xarakterizə edən əsas kəmiyyətlərdən biridir.

Tərəzinin bir gözünə 1 mq-lıq yük qoyduqda yükün tə'siri altında sıfır nöqtəsinin yerdəyişmə məsafəsi tərəzinin həssaslığı adlanır.

Tərəzinin həssaslığı aşağıdakı qayda ilə tə'yin edilir.

Əvvəlcə yüksüz - boş tərəzinin sıfır nöqtəsi tə'yin edilir (a_0) sonra tərəzi qollarının birinin birinci bölgüsünə 10 mq-lıq reyter qoyaraq, tərəzini arretirdən azad edib, bir milliqram yükə uyğun a_1 - yerdəyişmə məsafəsi tə'yin edilir. Bu halda $a_1 - a_0$ fərqi tərəzinin həssaslığı olacaqdır, tərəzinin həssaslığını ən azı 3-4 dəfə tə'yin edib, onun orta qiyməti tapılır.

c) *Cismin dəqiq kütləsinin tə'yini*

Cismin həqiqi kütləsini tə'yin etmək üçün onun havada itirdiyi çəkisini hesablamaq lazımdır. Arximed qanunundan mə'lumdur ki, cismin havada itirdiyi çəkisi, (qaldırıcı qüvvə), həmin cismin həcminə bərabər havanın çəkisi qədər olur.

Havada cismin çəkisi tə'yin olunduqda cisim və çəki daşlarına ağırlıq qüvvəsi, tərəzi gözünə isə reaksiya qüvvəsindən başqa, Arximed qüvvəsi də tə'sir edir. Əgər çəki daşlarının və çəkilən cismin həcmləri eyni olarsa, onda onların hər ikisinə tə'sir edən Arximed qüvvəsi bir-birini tarazlaşdırır və bu halda cismin çəkisinin tə'yinində Arximed qüvvəsini nəzərə almamaq olardı. Adətən, ölçmə zamanı həcmlər müxtəlif olur. Ona görə də Arximed qüvvəsini nəzərə almaq lazımdır.

Fərz edək ki, cismin həqiqi çəkisi P_1, həcmi V_1, xüsusi çəkisi d_1, uyğun olaraq, çəki daşlarının çəkisi P_2, həcmi V_2, xüsusi çəkisi d_2, havanın xüsusi çəkisi d-dir.

Tərəzi havada tarazlıqda olduqda aşağıdakı bərabərliyi yaza bilərik.

$$P_1 - V_1 d = P_2 - V_2 d \qquad (2)$$

Əgər $V_1 = P_1/d_1$, $V_2 = P_2/d_2$ olduğunu nəzərə alsaq, belə olar:

$$P_1\left(1 - \frac{d}{d_1}\right) = P_2\left(1 - \frac{d}{d_2}\right)$$

və ya

$$P_1 = P_2 \frac{1 - \dfrac{d}{d_2}}{1 - \dfrac{d}{d_1}} \qquad (3)$$

ılınar. Axırıncı ifadədəki kəsri, çoxhədlilərin bölünməsi qaydası ilə ɔölsək, alarıq.

$$\frac{1-\frac{d}{d_2}}{1-\frac{d}{d_1}}=1+\frac{d}{d_1}-\frac{d}{d_2}+\frac{d^2}{d_1^2}-\frac{d^2}{d_1 d_2}+\ldots$$

Burada havanın xüsusi çəkisinin (d) cisim və çəki daşlarının xüsusi çəkilərindən (d_1, d_2) çox kiçik olduğunu nəzərə alsaq, sonuncu ifadədəki $\frac{d^2}{d_1^2}$-nı və bundan sonrakı hədləri nəzərə almamaq olar. Onda cismin həqiqi çəkisi üçün

$$P_1=P_2(1+\frac{d}{d_1}-\frac{d}{d_2}) \qquad (5)$$

həqiqi kütləsi üçün isə

$$m_1=m_2(1+\frac{\rho}{\rho_1}-\frac{\rho}{\rho_2}) \qquad (6)$$

ifadəsi alınar. Burada uyğun olaraq $\rho-$ havanın, ρ_1 -çəki daşlarının, ρ_2 -cismin sıxlığıdır.

d) *Tərəzi ilə çəki qaydaları*

Tərəzidə çəki, əsasən iki üsulla aparılır: birbaşa çəki üsulu və ikiqat çəki üsulu.

1. *Birbaşa çəki üsulu.* Bu üsulda cismin kütləsi onu tarazlaşdıran çəki daşlarının kütləsinə bərabər götürülür və heç bir xəta nəzərə alınmır. Yüksək dəqiqlik tələb olunmadıqda bu üsuldan istifadə olunur.

2. *İkiqat çəki üsulu*. Bu üsulda cisim iki dəfə çəkilir. Əvvəlcə cisim tərəzinin sol gözünə, çəki daşları isə tərəzinin sağ gözünə

qoyulub, cismin m_1-kütləsi, sonra cisim tərəzini sağ gözünə, çəki daşları isə tərəzinin sol gözünə qoyularaq onun m_2 - kütləsi tə'yin olunur. Aydandır ki, hər iki halda tərəzinin qollarına tə'sir edən qüvvələrin momentləri tarazlanır, yə'ni:

$$mgl_1 = m_1 gl_2 \quad \text{və} \quad m_2 gl_1 = mgl_2 \qquad (7)$$

Bu ifadələri tərəf-tərəfə bölsək alarıq:

$$\frac{m}{m_2} = \frac{m_1}{m} \quad \text{və ya} \quad m = \sqrt{m_1 m_2}$$

Göründüyü kimi, qolların uzunluqlarının fərqli olmasından əmələ gələn xəta aradan çıxır və kütlənin dəqiq tapılmasına tə'sir göstərmir.

Çəki zamanı aşağıdakı qaydalara əməl etmək lazımdır.

1) analitik tərəzidə işləyərkən arretirlənməmiş tərəzinin gözlərinə toxunmamalı, ona yük qoymamalı, qollar üzərində reyterin yerini dəyişməməli.

2) Çəki daşlarını arretirlənməmiş tərəzinin sağ gözünə, çəkiləcək cisimi isə sol gözünə qoymalı.

3) Çəki daşlarını xüsusi maşa ilə götürməli və tərəzinin gözünə qoymalı.

4) Çəki daşları ilə çəkiləcək cisimi müqayisə edərkən tərəzini arretirdən azacıq azad etməli və əqrəbin hansı tərəfə meyl etdiyinə baxıb tərəzini arretirləyib çəki daşları əlavə etməklə və ya götürməklə onu tarazlığa gətirməli.

5) Tərəzinin tarazlıq vəziyyətini və ya cisimin kütləsini taparkən tərəzi qutusunun qapıları bağlı olmalıdır.

6) Çəki işini qurtardıqdan sonratərəzini arretirləyib, çəki daşlarını qutuya yığmalı və cismi tərəzinin gözündən götürməli.

İşin gedişi

1. Tərəzinin «sıfır nöqtəsini» tə'yin etməli (a_0)
2. Tərəzi qollarından birinə 1 mq-lıq reyter qoyduqdan sonra tərəzini arretirdən azad edilib bir milliqram yükə uyğün gələn yerdəyişməni (a_1) qeyd etməli və tərəzinin həssaslığı olacaq a_1-a_0 fərqini tapmalı.
3. Tərəzinin həssaslığını 3-4 dəfə tə'yin edib orta qiymətini tapmalı.
4. Birbaşa çəki üsulu ilə cismin kütləsini tapmalı.
5. İkiqat çəki üsulu ilə cismin kütləsini tə'yin etməli.

LABORATORİYA İŞİ № 2.

Piknometr vasitəsilə bərk cisimlərin sıxlığının təyini

Qısa nəzəri mə'lumat.

Cismin vahid həcmindəki kütləsinə onun sıxlığı deyilir.

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

Burada **m**- cismin kütləsi , V - onun həcmi ρ - isə sıxlığıdır. Maddənin sıxlığı maddənin növündən və temperaturdan asılıdır.

Verilmiş cismin kütləsi və həcmi mə 'lum olarsa onun sıxlığını (1) ifadəsinə görə hesablamaq olar. Cismin kütləsini mə'lum kütlələrlə müqayisə etməklə, yəni tərəzidə çəkməklə tapmaq olar. Cisim düzgün həndəsi formaya malik olarsa, onun ölçülərini ştangenpərgar və ya mikrometr vasitəsilə ölçüb həcmini təyin edirlər. Cisim ixtiyari formada olduqda isə onun həcmi Arximed qanunundan istifadə edilərək tapılır.

Çalışma 1. Bərk cismin sıxlığının piknometrlə tə'yini.

Ləvazimat. *Texniki tərəzi, çəki daşları, tədqiq olunan xırdalanmış bərk cisim hissələri, distillə olunmuş su, termometr suçəkən kağız.*

Piknometr boğazında nişan xətti olan $25 \div 50$ sm^3 həcmli kiçik şüşə kolbadan ibarətdir (şəkil 1).

Təcrübə zamanı piknometr boğazındakı nişan xəttinə qədər təmiz distillə edilmiş su ilə doldurulur. Sıxlığı təyin olunacaq bərk cismi piknometrin içərsindəki mayeyə saldıqda o, öz həcminə bərabər mayeni piknometrdən çıxaracaqdır.

Şəkil 1.

Bərk cismin çıxardığı mayenin kütləsini tapmaqla onun mə'lum sıxlığına əsasən həcmini və bu həcmə bərabər olan tədqiq olunan bərk cismin həcmini təyin etmək olar.

Piknometr vasitəsi ilə bərk cisimlərin sıxlığının tapılmasında Arximed qanunundan istifadə olunur. Sıxlığın qiyməti dəqiq tələb olunmadıqda havada cismə və çəki daşlarına tə sir edən Arximed qüvvəsini nəzərə almamaq olar. Dəqiqlik tələb olunan hallarda isə bu qüvvəni nəzərə almaq lazımdar. Tutaq ki, xırdalanmış bərk cismin kütləsi **m**, həcmi **V**, sıxlığı ρ_b, distillə olunmuş suyun sıxlığı ρ_s, çəki daşlarının sıxlığ ρ_s, piknometrlə birlikdə suyun kütləsi **M**, piknometr, su və bərk cismin birlikdjə kütləsi M_0 - dır. Sıxlığı tə yin olunacaq bərk cismin hissələrini tərəzinin sağ gözünə, çəki daşlarını tərəzinin sol gözünə qoyduqda o vaxt tarazlıq yaranar ki, hər iki gözə təsir edən qüvvələr bərabər olsun. Tərəzinin sol gözündəki bərk cismə $F_{ağ}=\rho_b Vg$ - ağırlıq qüvvəsi və havada $F_{Ar}=\rho_h Vg$ -Arximed qüvvəsi təsir edir. Bu qüvvələr eyni bir cismə tətbiq olunub və əks istiqamətdə yönəlmişlər. Onda bərk cismə təsir edən yekun qüvvə

$$F_1=F_{ağ}-F_{Ap}=\rho_b Vg-\rho_h Vg=(\rho_b-\rho_h)Vg. \qquad (3)$$

olar. Tərəzinin sağ gözünə qoüulmuş çəki daşlarına aşağıya doğru yönəlmiş mg -ağırlıq, və yuxarıya doğru yönəlmiş $m\frac{\rho_h}{\rho_g}\cdot g$, Arximed qüvvəsi təsir edir. Bu halda çəki daşlarına tə'sir edən yekun qüvvə

$$F_2=mg-m\frac{\rho_h}{\rho_g}\cdot g=mg(1-\frac{\rho_h}{\rho_g})$$

olar. Tərəzinin gözləri tarazlıqda olduqda bu qüvvələr bir-birinə bərabər olur: $F_1=F_2$. Beləliklə yazmaq olar:

$$(\rho_{b,}-\rho_h)Vg=mg\left(1-\frac{\rho_h}{\rho_g}\right)$$

və ya

$$(\rho_b-\rho_h)V=m\left(1-\frac{\rho_h}{\rho_b}\right) \qquad (5)$$

Sıxlığı tə' yin olunacaq xırdalanmış bərk cisimi nişan xəttinə qədər su ilə doldurulmuş piknometrə tökdükdə suyun səviyyəsi qalxır. Xətdən yuxarı qalxan suyun həcmi xırdalanmış bərk cismin həcminə bərabərdir. Həmin sıxışdırılıb çıxarılan suya tə'sir edən ağırlıq qüvvəsi ($\rho_c Vg$) və Arximed qüvvəsinin ($\rho_h Vg$) fərqi bu qüvvələri tarazlaşdıran çəki daşlarına tə'sir edən ağırlıq ($m + M - M_0$)g və Arximed qüvvəsinin $(m + M - M_0)\frac{\rho_h}{\rho_g}\cdot g$ fərqinə bərabər olmalıdır. Yuxarıda deyilənləri nəzərə alsaq belə yaza bilərik :

$$\rho_s Vg - \rho_k Vg = (m + M - M_0)g - (m + M - M_0)\frac{\rho_h}{\rho_g}\cdot g$$

və ya

$$(\rho_s - \rho_k)V = (m + M - M_0)\left(1 - \frac{\rho_h}{\rho_g}\right) \qquad (6)$$

olar. (5) və (6) ifadələrini tərəf-tərəfə bölüb, sadələşdirsək bərk cismin sıxlığı üçün aşağıdakı ifadəni alırıq.

$$\rho_b = \frac{m}{m + M - M_0}(\rho_s - \rho_k) + \rho_k \qquad (7)$$

Əgər çəki işlərinə havanın tə'sirini nəzərə almasaq onda (7) ifadəsi sadələşir:

$$\rho_b = \frac{m}{m + M - M_0}\cdot \rho_s \qquad (8)$$

İşin gedişi

1. Bərk cismi piknometrin boğazından keçə biləcək xırda hissələrə bölməli.
2. Bərk cismin qırıntılarının **m** - kütləsini tərəzidə tə'yin etməli .

3. Piknometri boğazındakı nişan xəttinə qədər distillə edilmiş su ilə doldurub onun **M** - kütləsini tə'yin etməli.
4. Su ilə dolu piknometrə bərk cisimin qırıntılarını töküb, nişan xəttindən yuxarıdakı suyu boşaldıb,(və ya suçəkən kağızla götürüb) piknometrin Mo - kütləsini tapmalı.
5. Suyun və havanın sıxlığını təcrübənin aparıldığı temperatur üçün uyğun cədvəldən götürüb , (7) ifadəsinə görə bərk cismin sıxlığını tapmalı.
6. Təcrübəni 3 dəfə təkrar edib, ölçülən kəmiyyətin orta qiymətini tapmalı . Təcrübi nəticələrə görə mütləq və nisbi xətaları hesablamalı.

LABORATORİYA İŞİ № 3.

Piknometr vasitəsilə maye və məhlulların sıxlığının təyini

Ləvazimat: *texniki tərəzi, çəki daşları, piknometr, tədqiq olunan maye, distillə olunmuş su, termometr, su çəkən kağız.*

Təcrübə zamanı boş piknometr qurudulub, tərəzidə m-kütləsi, sonra isə su ilə doldurulub m_1 - kütləsi tə'yin olunur. Piknometrdəki su boşaldılıb quruduldıqdan sonra sıxlığı tə'yin olunan maye ilə (məs. göy daş məhlulu ilə) doldurularaq onun m_2-kütləsi tə'yin olunur.

Onda m_1-m piknometrdəki suyun, m_2-m isə piknometrdəki tədqiq olunan mayenin kütləsi olar. Suyun sıxlığı ρ_s, mayenin sıxlığı ρ_x -ilə işarə etsək, hər iki mayenin həcmi eyni olduğundan aşağıdakı ifadələri yaza bilərik.

$$\rho_s = \frac{m_1 - m}{V}, \qquad \rho_x = \frac{m_2 - m_1}{V}$$

Yuxarıdakı ifadələri tərəf-tərəfə bölsək alarıq:

$$\rho_x = \frac{m_2 - m_1}{m_1 - m}\rho_s \tag{10}$$

Çəki işləri havada aparıldığı üçün daha dəqiq hesablamalarda Arximed qanununa görə, çəkilərə müəyyən düzəliş vermək lazımdır.

Bu halda tədqiq olunan mayenin sıxlığı ρ_x - aşağıdakı ifadə ilə təyin olunur:

$$\rho_x = \frac{m_2 - m_1}{m_1 - m}(\rho_s - \rho_h) + \rho_h \qquad (11)$$

Burada ρ_h - havanın sıxlığıdır.

İşin gedişi

1. Piknometri qurudub, onun m -kütləsini tapmalı.
2. Piknometri distillə edilmiş su ilə (və ya təmiz su ilə) doldurub onun kütləsini m_1- tə'yin etməli.
3. Piknometri qurulayıb, sıxlığı tə'yin olunacaq maye ilə dolduraraq m_2-kütləsini tapmalı.
4. Təcrübənin aparıldığı temperaturda suyun və havanın sıxlıqlarını cədvəldən götürməli.
5. Alınan qiymətlərə görə (10) və (11) düsturlarından tədqiq olunan mayenin sıxlığını tapıb, nisbi və mütləq xətaları hesablamalı.

LABORATORİYA İŞİ № 4

HİDROSTATİK ÇƏKİ ÜSULU İLƏ MAYELƏRİN XÜSUSİ ÇƏKİSİNİN TƏ'YİNİ

Ləvazimat: *hidrostatik tərəzi, çəki daşları, körpü, su, şüşə silindr, qarmağı olan silindrik bərk cisim, termometr, tədqiq olunan maye*

Qısa nəzəri mə'lumat

Yerin cazibəsi nəticəsində cismin dayağa, yaxud asqıya göstərdiyi tə'sir qüvvəsinə çəki deyilir. Sükunət vəziyyətində olan cisimlər üçün çəki ədədi qiymətcə ağırlıq qüvvəsinə bərabər olur və P=mg düsturu ilə tə'yin olunur. Təcillə hərəkət edən sistemlərdə isə çəki də dəyişir.

Cismin vahid həcmindəki çəkisinə onun xüsusi çəkisi deyilir. Xüsusi çəki d - hərfi ilə işarə olunur.

$$d = \frac{P}{V} = \frac{mg}{V} = \rho g \qquad (1)$$

Xüsusi çəki cismin çəkisindən asılı olduğundan təcilli sistemlərdə xüsusi çəki də dəyişir. Xüsusi çəki həmçinin temperaturdan və cismin yerləşdiyi coqrafi en dairəsindən də asılıdır.

Cismin xüsusi çəkisini tə'yin etmək üçün istifadə olunan üsullardan biri də hidrostatik tərəzi vasitəsilə cismin mayedə çəkisinin tapılması üsuludur.

Hidrostatik tərəzi texniki tərəzi olub, mayeyə batırılmış cismin Arximed qanununa görə itirdiyi çəkisini tapmağa imkan verir . Verilən mayenin xüsusi çəkisini təyin etmək üçün bərk cismi havada, suda və xüsusi çəkisi təyin olunacaq mayedə çəkmək lazımdır . Arximed qanununa görə çəkilən cismin suda və tədqiq olunan mayedə itirdiyi çəki həmin cismin həcmində suyun və tədqiq olunan mayenin çəkisinə bərabərdir .

Qarmağı olan bərk cismi tərəzinin gözündən asıb, tədqiq olunan mayeni stəkanla birlikdə tərəzi gözünün altında yerləşdirmək lazımdır (şəkil 1).

Əvvəlcə bərk cismin havadakı çəkisi (P) tapılır. Sonra həmin cismi əvvəlcə təmiz suya, sonra isə tədqiq olunan mayeyə batıraraq çəkiləri (P_1 və P_2) tapılır. Onda bərk cismin təmiz suda itirdiyi çəki $P - P_1$,tədqiq olunan mayedə itirdiyi çəki isə $P-P_2$ olar .

Mə'lumdur ki, bərabər həcmli müxtəlif mayelərin çəkiləri nisbəti onların xüsusi çəkilərinin nisbəti kimidir. Onda

$$\frac{P-P_2}{P-P_1}=\frac{d_x}{d_1} \qquad (1)$$

və ya

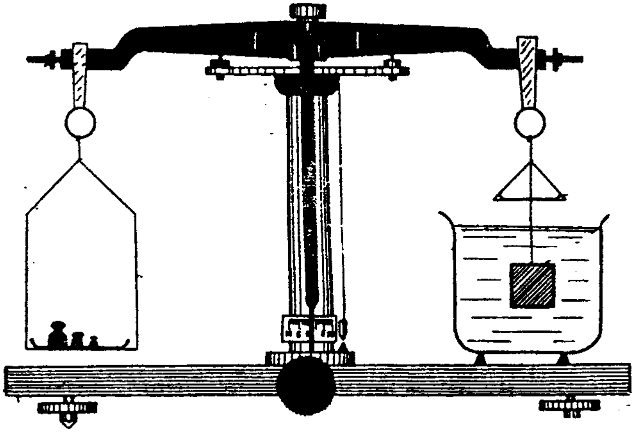
$$d_x = \frac{P - P_2}{P - P_1} d_1 \qquad (2)$$

burada d_1-suyun, d_x-tədqiq olunan mayenin xüsusi çəkisidir .

Mühitin temperaturunu və cismin havada itirdiyi çəkisini nəzərə alsaq, tədqiq olunan mayenin xüsusi çəkisi aşağıdakı düsturla daha dəqiq hesablanır.

$$d_x = \frac{P_3 - P_1}{P_2 - P_1}(d_1 - D) + D \qquad (3)$$

Burada d-verilmiş temperaturda suyun, D isə havanın xüsusi çəkisidir . Bunlar cədvəldən götürülür. Yuxarıdakı ifadəyə daxil olan kəmiyyətləri ölçüb, sabitləri isə cədvəldən götürərək tədqiq olunan mayenin xüsusi çəkisini təyin etmək olar. Yüksək dəqiqlik tələb olunmadıqda mayenin xüsusi çəkisini (2) ifadəsinə görə təyin edilir.



Şəkil 1.

İşin gedişi

1. Silindr formalı bərk cismi tərəzinin sol gözündə qarmaqdan asıb, onun havada P çəkisini tə'yin etməli .
2. Həmin cismin etalon mayedə (suda) P_1 çəkisini tə'yin etməli.
3. Bu cismin xüsusi çəkisi tə'yin olunacaq mayedə P_2 çəkisini tə'yin etməli.
4. Təcrübə temperaturunda təmiz suyun və havanın xüsusi çəkilərini cədvəldən götürməli .
5. Ölçmələrdən alınan qiymətləri (3) ifadəsində yerinə yazıb tədqiq olunan mayenin xüsusi çəkisini tapmalı .
6. Təcrübəni eyni maye üçün 3 dəfə təkrar edib, xüsusi çəki üçün orta qiyməti tapmalı, mütləq və nisbi xətaları hesablamalı .

LABORATORİYA İŞİ № 5.

ATVUD MAŞINI VASİTƏSİLƏ HƏRƏKƏT QANUNLARININ YOXLANILMASI

Ləvazimat: *Atvud maşını və uyğun platformalar, çəkiləri mə'lum olan əsas və əlavə yüklər, saniyəölçən*

Qısa nəzəri mə'lumat.

Bu laboratoriya işində bərabər tə'cilli hərəkətin qanunları və Nyutonun ikinci qanunu yoxlanılır. Bu məqsədlə Atvud maşınından istifadə olunur. Atvud maşını üç ayaq üzərində şaquli vəziyyətdə duran, üzərində santimetrlik bölgüləri olan A taxta lövhə və lövhənin yuxarı ucunda bağlanmış B – blokundan ibarətdir (şəkil 1).

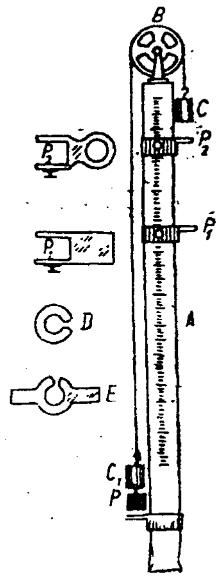
Cihazı şaquli vəziyyətə gətirmək üçün ayaqlardan ikisi vintlə təchiz edilmişdir . Çox az sürtünmə ilə fırlanan B- blokundan ip aşırılmış və ipin ucuna eyni m- kütləsi C və C_1 yükləri bağlanmışdır. Yüklərin kütləsi bir- birinə bərabər olduqda onlara tə'sir edən qüvvələr uyğun olaraq bir-birini tarazlaşdırar. Ona görə də yüklər ixtiyari vəziyyətdə sükunətdə olacaqlar.

Əgər C- yükü üzərinə m_1 kütləli yük qoyularsa , onda C- yükü bərabər artan hərəkət edəcəkdir. Belə hərəkətin tə'cilini tapmaq olar. Aşağıdakı halları nəzərdən keçirək.

1. Fərz edək ki, blokun çəkisi kifayət qədər kiçikdir və o öz oxu ətrafında sürtünməsiz fırlanır . Bu halda blokun kütləsini və sürtünmə qüvvəsini nəzərə almamaq olar. Əgər ip çəkisiz və uzanmayandırsa , onda sağ və sol yüklərin tə'cilləri ədədi qiymətcə eyni olub, istiqamətcə əks olacaqdır.

Əgər blokun çəkisiz olduğunu nəzərə alsaq, onda gərilmə qüvvəsi sağ və sol tərəfdə eyni olacaqdır

Yuxarıda deyilənləri nəzərə alsaq 2-ci şəklə uyğun olaraq, Nyutonun ikinci qanununa görə yüklər sisteminin hərəkət tənliyi aşağıdakı kimi olar:



Şəkil 1.

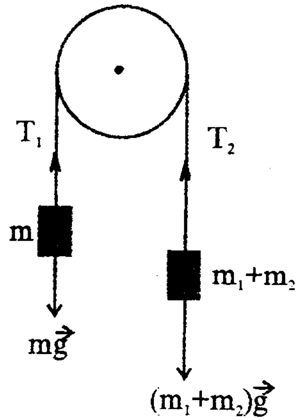
$$(m+m_1)\,\alpha=(m+m_1)g\,; \qquad T-m\alpha=mg-T \qquad (1)$$

Burada α- sistemin hərəkət tə'cili, T- ipin gərilmə qüvvəsi , g- isə sərbəstdüşmə tə'cilidir.

Yuxarıdakı tənliklər sistemini α- tə'cili və ipin T- gərilmə qüvvəsinə görə həll etsək alarıq:

$$\alpha=\frac{m_i}{2m+m_1}\cdot g \qquad T=\frac{m+m_1}{1+\frac{m_1}{2m}}\cdot g \qquad (2)$$

Əgər blokun çəkisini nəzərə alsaq onda , sağ və sol tərəfdə ipin gərilmə qüvvəsi eyni olmayacaqdır. Bu halda tə'cili tapmaq üçün yüklərin irəliləmə hərəkət tənliklərini blokun fırlanma hərəkəti tənliyi ilə birliklə həll etmək lazımdır.



Onda aşağıdakı tənliklər sistemini yaza bilərik.

$$T_1 - mg = m\alpha$$

$$(m_1 + m)\,g - T_2 = (m + m_1)\,\alpha$$

$$T_2\,r - T_1 r = I\beta \qquad (3)$$

$$\beta = \frac{\alpha}{r}$$

Şəkil 2.

Burada I – blokun fırlanma oxuna nəzərən ətalət momenti, T_1 və T_2 – uyğun olaraq ipin sağ və sol hissələrinin gərilmə qüvvəsi, α- yüklərin hərəkət tə'cili r-blokun radiusudur.

Yuxarıdakı tənliklər sistemini birgə həll etsək onda yüklər sisteminin tə'cili üçün alarıq.

$$\alpha = \frac{m_1}{2m + m_1 + \frac{I}{r^2}} \cdot g \qquad (4)$$

Həm (2) və həm də (4) ifadəsindən görünür ki, bütün hallar üçün sistemin hərəkət tə'cili sərbəstdüşmə tə'cilindən kiçikdir.

Atvud maşınında həm bərabəryeyinləşən hərəkətin qanunlarını, həm də Nyutonun ikinci qanununu yoxlamaq olar.

Çalışma 1. Bərabərtə'cilli hərəkətdə yollar qanununun yoxlanılması.

Başlanğıc sür'ətsiz bərabərtə'cilli hərəkətdə gedilən yol

$$S = \frac{\alpha t^2}{2}$$

düsturu ilə hesablanır: burada t- zaman, α- cismin hərəkət tə'cilidir.

C yükünün üzərinə m_1- yükünü əlavə etdikdə, yüklər sistemi müxtəlif zaman fasləsində müxtəlif yollar gedər. Bu halda gedilən yollar aşağıdakı kimi hesablanar:

$$S_1 = \frac{\alpha t^2{}_1}{2}; \; S_2 = \frac{\alpha t^2{}_2}{2} \ldots S_n = \frac{\alpha t_n^2}{2}$$

Sabit qüvvənin tə'siri altında cismin hərəkəti bərabəryeyinləşən olduğundan tə'cil də sabit qalır . Bu halda

$$\alpha = \frac{2S_1}{t^2{}_1} = \frac{2S_2}{t^2{}_2} = \ldots = \frac{2Sn}{t_n{}^2} \qquad (5)$$

Sonuncu ifadədən alarıq:

$$S_1 : S_2 : S_3 : \ldots : S_n = t^2_1 : t^2_2 : t^2_3 : \ldots : t^2_n \qquad (6)$$

Yə'ni bərabərtə'cilli hərəkətdə gedilən yolların nisbəti, bu yolları getmək üçün sərf olunan zamanların kvadratları nisbəti kimidir. Buna yollar qanunu deyilir. C- yükü üzərinə növbə ilə kütlələri müxtəlif olan m_1,m_2,m_3 yükləri əlavə etməklə (5) ifadəsinin doğruluğunu yoxlamaq olar.

İşin gedişi.

1. Atvud maşınını ayaqlarındakı vintlər vasitəsilə şaqul vəziyyətə gətirməli.
2. C-yükünü E- platforması üzərinə gətirib, üzərinə m_1 –yükünü qoymalı. (Bu yüklər 5 q, 10 q, 15 q, 20 q ola bilər)
3. Xətkeş üzərində S_1- məsafəsini müəyyən etdikdən sonra bütöv G – platformasını bərkitməli. E- platformasını açdıqda C+m_1 yükü düşərək G – platforması ilə m_1 - yükü saxlanılır.
4. Platformalar arasındakı məsafəni və bu məsafəni yükün getməsi üçün sərf olunan zamanı ölçməli.
5. m_1 –yükünü sabit saxlamaqla platformalar arasındakı məsafəni dəyişib hər bir hal üçün düşmə məsafəsini və düşmə müddətini ölçməli. Sonra S və t üçün alınmış uyğun qiymətləri (5) ifadəsində yazıb, yollar qanununu yoxlamalı.
6. m_1 – yükünü müxtəlif m_2, m_3 yükləri ilə əvəz edib hər yük üçün yolun müxtəlif qiymətlərinə uyğun zamanları ölçməklə yollar qanununun ödənildiyini yoxlamalı .

Çalışma 2. Sür'ətlər qanununun yoxlanması.

Sükünət halından hərəkətə başlayan bərabəryeyinləşən hərəkət edən cismin son sürəti aşağıdakı düstur ilə hesablanır:

$$\upsilon = at \qquad (7)$$

burada α – hərəkətin tə'cili, t – isə zamandır. Belə hərəkətdə tə'cil sabit olduğundan $a=\frac{\upsilon}{t}$ nisbəti sabit qalmalıdır. Bu təcilin sabitliyini yoxlamaq üçün Atvud maşınında C yükünün üzərinə m_1 yükü əlavə edib C_1 yükünü platforma ilə saxlamalı. C + m_1 yükündən bir qədər aşağıda A xətkeşinə dairəvi deşiyi olan P_2 dayağı, ondan bir qədər aşağıda P_1 dayağı bərkidilir. Hərəkət zamanı C yükü P_2 dayağından sərbəst keçdikdə m_1 yükü dayaq tərəfindən saxlanılır. Yüklər sistemi P_2 dayağına qədər bərabəryeyinləşən dayaqdan sonra isə bərabərsü-rətli hərəkət edir. Bu bərabərsürəti tapmaq üçün C yükünün P_2 daya-ğından P_1 dayağına qədər ketdiyi s_1 yolunu və yola sərf olunan t_1 za-manını bir neçə dəfə ölçərək $\upsilon_1=\frac{s_1}{t_1}$ ifadəsindən tapmaq olar. Tapı-lan bu sür'ət eyni zamanda bərabəryeyinləşən hərəkətdə C+m_1 yükünün P_2 dayağına çatdığı andakı son sür'ətidir. Hərəkətin baş-lanğıcından P_2 dayağına qədər keçən müddəti ölçməklə bərabəryey-inləşən hərəkətin tə'cilini $a=\frac{\upsilon_1}{t}$ ifadəsindən tapmaq olar (burada t yükün P_2 dayağına qədər düşmə müddətidir). Xətkeş üzərində P_2 platformasının vəziyyətini dəyişərək yükün düşdüyü məsafəni və düşmə müddətini dəyişmək olar. Bu halda cismin son sür'əti də dəyişir. C yükünün xətkeş üzərində P_2 dayağından P_1 dayağına qədər ketdiyi yolların $S_1, S_2, S_3 \ldots S_n$ və bu yolları getmək üçün sərf olunan zamanları $t_1, t_2, t_3, \ldots t_n$ ölçərək uyğun sür'ətləri hesablamaq olar.

Hərəkət sabit qüvvənin tə'siri altında olduğundan cismin hərəkət tə'cili də sabit olar:

$$a = \frac{\upsilon_1}{t_1} = \frac{\upsilon_2}{t_2} = \frac{\upsilon_3}{t_3} = \ldots = \frac{\upsilon_n}{t_n}$$

Burada t_1, t_2, t_3, ... t_n – başlanğıc andan P_2 dayağına qədər yükün hərəkətinə sərf olunan zamandır. Son ifadəni aşağıdakı kimi yaza bilərik:

$$\upsilon_1 : \upsilon_2 : \upsilon_3 : \ldots : \upsilon_n = t_1 : t_2 : t_3 : \ldots : t_n \qquad (8)$$

Bu düstur sür'ətlər qanununu ifadə edir.

İşin gedişi

1. C yükünü P dayağı üzərində saxlayıb, onun üzərinə m_1 yükünü əlavə etməli.
2. A xətkeşi üzərində C+m_1 yükündən bir az aşağıda həlqəvi P_2 dayağını, ondan bir qədər aşağıda isə P_1 dayağını bərkitməli.
3. Platformanı açaraq C+m_1 yükünü hərəkətə gətirməli. Sonra m_1 kütləsi aralındaqdan sonra C yükünün P_2-dən P_1-ə qədər ketdiyi S_1 yolunu və bu yola sərf olunan t_1 zamanını ölçərək bərabərsür'ətli hərəkətin υ_1 sür'ətini tapmalı. P_1 dayağının vəziyyətini dəyişmədən təcrübəni bir neçə dəfə aparmalı.
4. P_1 dayağını növbə ilə aşağı çəkərək P_2-dən P_1-ə qədər olan yolları və uyğun zamanları bir neçə dəfə ölçərək sür'ətin orta qiymətini tapmalı.
5. P_2 dayağının müxtəlif vəziyyətlərində C+m_1 yükünün hərəkətə başladığı andan P_1 dayağına çatdığı ana qədər keçən zamanları ölçməli.

6. Alınan nəticələri (8) düsturunda yazaraq nisbətlərin bərabərliyini yoxlamalı.

Çalışma 3. Nyutonun ikinci qanununun yoxlanılması

Nyuonun ikinci qanununa görə m - kütləli cismi hərəkətə gətirən qüvvə

$$F=m\alpha$$

düsturu ilə ifadə olunur: burada m – cismin kütləsi, α – hərəkətinin tə'cilidir. Kiçik sür'ətlərdə verilmiş cisim üçün $\frac{F}{a}$ - nisbəti sabit qalmalıdır. Bunu təcrübədə yoxlamaq üçün sistemin kütləsini (M) sabit saxlamaqla, ona tə'cil verən xarici əvəzləyici qüvvəni dəyişdirmək lazımdır. Bu məqsədlə Atvud maşınında qollara əlavə olunan yüklərdən bir qoldan digərinə qoymaq lazımdır. Bu halda əvəzləyici qüvvənin hər bir qiymətinə uyğun tə'cillər alınır.

Əvəzləyici qüvvənin iki F_1, F_2 qiymətləri üçün Nyutonun ikinci qanununu yazsaq:

$$F_1 = M\alpha_1; \quad \text{və } F_2 = M\alpha_2 \tag{9}$$

Burada M-sistemin ümumi kütləsidir. Hər iki ifadəni tərəf- tərəfə bölsək:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{a_1}{a_2} \tag{10}$$

Hər iki halda C – yükləri üzərinə qoyulmuş əlavə yüklərin dəyişməsi hesabına yaranan hərəkətdə başlanğıc sürət sıfır olduğundan S_1 və S_2 yolları aşağıdakı kimi hesablanır:

$$S_1 = \frac{a_1 t_1^2}{2}$$

$$S_2 = \frac{a_2 t_2^2}{2} \qquad (11)$$

Son ifadələrdən təcilləri təyin edib (10) – ifadəsində yazsaq, onda alarıq:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{S_1 t_2^2}{S_2 t_1^2} \qquad (12)$$

Bu bərabərliyi yoxlamaq elə Nyutonun ikinci qanununu yoxlamaq deməkdir.

İşin gedişi.

1. Atvud maşınında P – platforması əvəzinə bütöv platformanı bərkitməli.
2. Atvud maşınının C – yükləri üzərinə müxtəlif əlavə yüklər qoymalı (məsələn birinə 1 qram, digərinə 3 qram əlavə etməli). Bu halda sistemə α_1 tə'cili verən kütlə 2 qram olar.
3. F_1 – qüvvəsinin tə'siri ilə hərəkət edən yükün E – platformasından G – platformasına qədər getdiyi S_1 məsafəsini və t_1 zaman müddətini ölçməli.
4. Sonra hər iki qola qoyulmuş əlavə yükləri qollardan birinin üzərinə qoymalı. Bu halda sistemə α_2 tə'cili verən kütlə 4 qram olar. Aydındır ki, sistemin ümumi kütləsi dəyişmir.
5. F_2 – qüvvəsinin tə'siri altında hərəkət edən yükün getdiyi S_2 – yolunu və bu yola sərf olunan t_2 zamanını ölçməli.
6. Təcrübədən alınan F_1 və F_2 ; S_1 və S_2 ; t_1 və t_2 qiymətlərini (12) ifadəsində yerinə yazaraq Nyutonun ikinci qanunun doğruluğunu yoxlamalı.

LABORATORİYA İŞİ № 6

AĞIRLIQ QÜVVƏSİ TƏCİLİNİN RİYAZİ RƏQQAS VASİTƏSİ İLƏ TƏYİNİ

Ləvazimat: *riyazi rəqqas: saniyəölçən, millimetrlik xətkeş, ştangen-pərgar.*

Qısa nəzəri mə`lumat.

Təbiətdə olan bütün cisimlər bir-birini qarşılıqlı cəzb edir. Cisimlərin yer səthinə düşməsi, qapalı orbit boyunca Ayın Yer ətrafında fırlanması, planetlərin Günəş ətrafında fırlanması və s. hərəkətlər qarşılıqlı-cazibə qüvvəsinin tə`siri nəticəsində baş verir.Cazibə qüvvəsinin tabe olduğu qanun ilk dəfə 1687-ci ildə Nyuton tərəfindən kəşf olunmuşdur. Bu qanundan belə bir nəticə alınır: yer səthinə yaxın olan bütün cisimlər Yerin cazibə qüvvəsinin tə`siri nəticəsində Yer səthinə eyni bir təcillə düşür. Bu təcilə ağırlıq qüvvəsi tə`cili və ya sərbəstdüşmə tə`cili deyilir və g hərfi ilə işarə olunur.

Havasız mühitdə cisimlərin yalnız ağırlıq qüvvəsinin tə`siri altında düşməsi sərbəstdüşmə adlanır.

Cismə F-qüvvəsi tə`sir etdikdə onun aldığı tə`cil:

$$a=\frac{F}{m} \qquad (1)$$

Burada F-cismin Yer kürəsi tərəfindən cəzb olunduğu qüvvədir. Digər tərəfdən Ümumdünya cazibə qanununa əsasən F- qüvvəsi belə tə`yin olunur:

$$F=G\frac{mM}{R^2} \qquad (2)$$

Burada M- Yerin kütləsi, R - Yer kürəsinin radiusu, G- qranvitasiya sabitidir. (1) və (2) ifadələrinin müqayisəsindən alarıq.

$$a=g=G\frac{M}{R^2} \qquad (3)$$

Axırıncı ifadədən görünür ki, Yer səthinə yaxın olan bütün cisimlər, onların kütlələrindən asılı olmayaraq Yerə eyni bir təcillə düşür.

Düşən cismin Yer səthindən olan məsafəsi artdıqca ağırlıq qüvvəsinin tə`cilidə dəyişir. Bu asılılıq hündürlükdən asılı olaraq belə tə`yin olunur:

$$g_h = g_0 \frac{R^2}{(R + h)^2} \qquad (5)$$

Burada g_0 -Yer səthində ağırlıq qüvvəsi tə`cilinin qiyməti, h-hündürlüyü isə cismdən Yer səthinə qədər olan məsafədir.

Yerin öz oxu ətrafında fırlanması zamanı meydana çıxan mərkəzəqaçma ətalət qüvvəsinin tə`siri, həmçinin Yerin ellipsoid formasına malik olması nəticəsində ağırlıq qüvvəsi təcilinin qiyməti Yerin müxtəlif nöqtələrində (müxtəlif coğrafi en dairələrində) müxtəlif qiymətlər alır. Coğrafi en dairəsindən asılı olaraq ağırlıq qüvvəsi təcilinin dəyişməsi aşağıdakı düsturla tə`yin olunur.

$$g_\varphi = g_0 (1 - \frac{\omega^2 R}{g_0} \cos^2 \varphi) \qquad (6)$$

burada φ, g_0-ın istiqaməti ilə ekvator müstəvisi arasında qalan bucaq (coğrafi en dairəsi), ω-Yer kürəsinin öz oxu ətrafında fırlanma bucaq sür`ətidir. Yuxarıdakı ifadədən görünür ki, Yerin qütblərinə getdikcə g-nin qiyməti artır və qütblərdə ən böyük qiymət alır. Ekvatora yaxınlaşdıqca onun qiyməti azalıb, ekvatorda ən kiçik qiymət alır.

Yerin sıxlığının dəyişməsi nəticəsində eyni bir coğrafi en darirəsində də g-nin qiyməti dəyişir. Ağırlıq qüvvəsi təcilinin qiymətinin müxtəlif coğrafi en dairəsində öyrənilməsi, Yerin quruluşunu öyrənməyə və Yeraltı faydalı qazıntı yataqlarını aşkara çıxarmaqda böyük imkan yaradır. 45^0 lik coğrafi en dairəsində bu tə`cilin qiyməti g=9,81m/san^2 götürülür.

Müəyyən coğrafi en dairəsində təcrübi olaraq g-nin qiymətini tapmaq üçün dinamik və statik üsullardan istifadə olunur. Dinamik üsullardan ən çox tətbiq olunanı rəqqas üsuludur. Bu metod rəqqasın periodunun ağırlıq qüvvəsi təcilindən asılı olmasına əsaslanır. Bu asılılıqdan istifadə edərək riyazi rəqqas vasitəsi ilə ağırlıq qüvvəsi tə`cilini tapmaq olar.

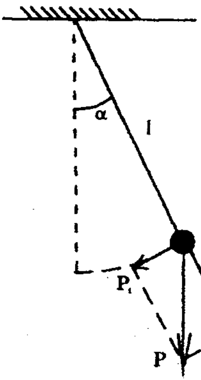
Uzanmayan, çəkisiz nazik sapdan asılmış və ölçüsü sapın uzunluğuna nisbətən çox kiçik olan kürədən ibarət olan rəqqas riyazi rəqqas adlanır.

Rəqqas tarazlıq vəziyyətində olduqda ağırlıq qüvvəsi P, sapın gərilmə qüvvəsi ilə tarazlaşır. Tarazlıq vəziyyətindən çıxarılmış rəqqasın ağırlıq qüvvəsinin normal toplananı P_n- sapın gərilmə qüvvəsi ilə tarazlaşır, P_t-toplananı isə heç bir qüvvə ilə tarazlaşmır. (şəkil 1.) Məhz bu qüvvənin tə`siri altında riyazi rəqqas tarazlıq vəziyyəti ətrafında T periodu ilə rəqs edəcəkdir. Bu qüvvə təbiətcə elastiki qüvvə olub, kvazielastiki qüvvə adlanır. Rəqqası tarazlıq vəziyyətindən çıxardıqda onu tarazlıq vəziyyətinə qaytarmağa çalışan fırladıcı moment yaranacaqdır.

$$M = P_t \cdot l \cdot Sin\alpha = -mqlSin\alpha \qquad (7)$$

Yuxarıdakı ifadədə mənfi işarəsi qüvvənin yerdəyişmənin əksinə yönəldiyini göstərir. Rəqqas sisteminə Nyutonun ikinci qanununu tətbiq etsək onda:

$$M = ml^2 \frac{d^2\alpha}{dt^2} = mglSin\,\alpha$$



Şəkil 1.

və ya

$$\frac{d^2\alpha}{dt^2} + \frac{g}{\ell} sin\,\alpha = o \qquad (8)$$

alırıq. Meyl bucağının kiçik qiymətləri üçün $Sin\alpha \approx \alpha$ olduğunu nəzərə alsaq onda (8) ifadəsi aşağıdakı şəkilə düşər:

$$\frac{d^2\alpha}{dt^2} + \omega_0^2 \alpha = 0 \qquad (9)$$

Burada $\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{\ell}}$ olub dairəvi tezlik adlanır. (9) ifadəsi ümumi halda harmonik rəqsi hərəkətin tənliyidir.

Kiçik rəqslər üçün riyazi rəqqasın tarazlıq vəziyyətindən olan meyl bucağı, zamandan asılı olaraq tarazlıq vəziyyəti ətrafında harmonik rəqs qanunu ilə dəyişdiyindən belə rəqsin periodu:

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}} \tag{10}$$

olar. *Tam bir rəqsə sərf olunan zaman period adlanır.* Yuxarıdakı ifadədən ağırlıq qüvvəsi tə'cili üçün alarıq:

$$g = \frac{4\pi^2}{T^2} \cdot \ell \tag{11}$$

Bu düsturdan istifadə edərək, rəqqasın uzunluğunu ℓ və tam bir rəqsə sərf olunan zamanı T ölçməklə g-ni hesablamaq olar. Rəqqasın uzunluğunu tapmaq üçün kürəciyin asıldığı sapın uzunluğuna (ℓ_1), kürənin radiusunu (r) əlavə etmək lazımdır. Bu halda $\ell = \ell_1 + r$ olar.

İşin gedişi.

1. Riyazi rəqqasın uzunluğunu (kürənin asıldığı ipin ℓ_1-uzunluğunu) xətkeşlə və kürənin r-radiusunu ştangenpərgarla ölçüb $\ell = \ell_1 + r$ ifadəsinə görə rəqqasın ℓ - uzunluğunu hesablamalı.
2. Rəqqası rəqsə gətirib, 2-3 rəqsdən sonra saniyəölçəni işə salıb $10 \div 15$ rəqs üçün sərf olunan zamanı tə`yin etməli.. Ölçülmüş t-zaman müddətini, rəqslərin n - sayına bölərək $T = \frac{t}{n}$ ifadəsilə rəqsin periodunu tə`yin etməli.
3. Period və rəqqasın uzunluğu üçün tapılan qiymətləri (11) ifadəsində yazıb ağırlıq qüvvəsi tə`cilini hesablamalı.
4. Rəqqasın uzunluğunu dəyişərək təcrübəni müxtəlif uzunluqlar üçün 3-4 dəfə təkrar etməli. Ağırlıq qüvvəsi tə'cili üçün tapılan qiymətləri, cədvəl qiyməti ilə müqayisə etməli.
6. Ağırlıq qüvvəsi tə'cili üçün orta qiyməti tapmalı, mütləq və nisbi xətanı hesablamalı.

LABORATORİYA İŞİ № 7

Fiziki rəqqasın köməyilə ağırlıq qüvvəsi təcilinin təyini

Ləvazimat: *çevirmə rəqqası, millimetr bölgülü xətkeş, saniyəölçən.*

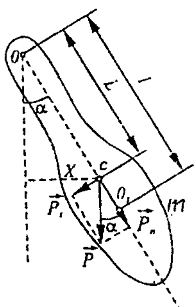
Qısa nəzəri məlumat.

Çevirmə rəqqası fiziki rəqqasın xüsusi növüdür. Ağırlıq mərkəzindən keçməyən oxa nəzərən tarazlıq vəziyyəti ətrafında rəqs edən istənilən m-kütləli bərk cisim fiziki rəqqas adlanır.

Əgər fiziki rəqqası tarazlıq vəziyyətindən müəyyən α bucağı qədər meyl etdirərək sərbəst buraxsaq, onda o ağırlıq qüvvəsinin

$$P_t = -P\sin\alpha = -\,mg\sin\alpha$$

toplananı altında rəqs etməyə başlayacaqdır (şəkil 1).



Şəkil 1.

Bu zaman onu tarazlıq vəziyyətinə qaytarmağa çalışan və qiyməti

$$M = I\beta = I\alpha'' = P_t L = -mqL\sin\alpha$$

olan fırlandıcı moment yaranır. Burada I-rəqqasın ətalət momenti, β-bucağı təcili m-rəqqasın kütləsi, L isə onun asıldığı nöqtə ilə C-ağırlıq mərkəzi arasındakı məsafədir. Meyl bucağının kiçik qiymətlərində rəqqasın hər bir nöqtəsinin rəqsini mərkəzi asılma nöqtəsində olan çevrənin qövsü üzrə hərəkəti kimi qəbul etmək olar. Bu halda bucaq təcilini

$$\beta = \frac{d\varpi}{dt} = \frac{d^2\alpha}{dt^2} \tag{2}$$

şəklində yazmaq olar. Yuxarıdakı ifadələri birləşdirsək onda fiziki rəqqas üçün aşağıdakı hərəkət tənliyini alarıq.

$$\frac{d^2\alpha}{dt^2} + \frac{mgL}{I} \cdot \sin\alpha = 0 \tag{3}$$

Kiçik bucaqlar üçün sin≈α əvəzləməsini nəzərə alsaq onda (3) diferensial tənliyinə əsasən fiziki rəqqasın rəqs tənliyi üçün aşağıdakı ifadə alınar:

$$\frac{d^2\alpha}{dt^2} + \frac{mgL}{I}\alpha = 0 \tag{4}$$

Burada $\omega_0 = \sqrt{\frac{mgL}{I}}$ olduğunu nəzərə alsaq onda:

$$\alpha'' + \omega_0^2\alpha = 0 \tag{5}$$

olar. Bu tənlik diferensial tənlik olub, həlli $\alpha = \alpha_0 \cos(\omega_0 t + \varphi)$ şəklində axtarılır. Yə'ni fiziki rəqqasın rəqsi də harmonik qanunla baş verir.

Bu halda fiziki rəqqasın rəqs periodu üçün alarıq:

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

Burada I-fiziki rəqqasın ətalət momentidir.

Əgər fiziki rəqqasın periodu düsturunu riyazi rəqqasın period düsturu ilə müqayisə etsək onda

$$\ell = \frac{I}{mL} \qquad (7)$$

olduğu alınır ki, buna da fiziki rəqqasın *çevrilmiş və ya gətirilmiş uzunluğu* deyilir.

Periodu, verilmiş riyazi rəqqasın perioduna bərabər olan fiziki rəqqasın uzunluğu fiziki rəqqasın gətirilmiş uzunluğu adlanır.

Gətirilmiş uzunluğu təcrübi yolla tə'yin etmək çətinlik ö'rətdiyindən, fiziki rəqqas vasitəsilə, ağırlıq qüvvəsi tə'cilini tə'yin etmirlər. Bu məqsədlə çevirmə rəqqasından istifadə olunur. *Çevirmə rəqqası elə fiziki rəqqasdır ki, onu növbə ilə ağırlıq mərkəzindən əks tərəflərdə yerləşmiş iki (0 və 0_1 nöqtələri) nöqtədən asdıqda, eyni qüvvənin tə'siri nəticəsində meydana çıxan rəqsin periodları bir-birinə bərabər olsun.* Bu qayda ilə tapılan iki nöqtə arasındakı məsafə rəqqasın gətirilmiş uzunluğu olar.

Hüygens-Şteyner teoreminə görə baxılan rəqqasın, onun asıldığı O nöqtəsindən keçən tərpənməz oxa nəzərən ətalət momenti ilə, ağırlıq mərkəzindən (C nöqtəsindən) keçən oxa nəzərən ətalət momenti arasında belə asılılıq vardır:

$$I = I_0 + mL^2 \qquad (8)$$

burada I_0-cismin ağırlıq mərkəzindən keçən oxa nəzərən ətalət momenti, L-ağırlıq mərkəzi ilə rəqqasın asıldığı O nöqtəsi arasındakı məsafədir. Onda fiziki rəqqasın verilmiş period düsturunu aşağıdakı kimi yaza bilərik.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I_0 + mL^2}{mgL}} \tag{9}$$

Çevirmə rəqqasını hər iki nöqtədən asaraq (9) ifadəsinə görə rəqs periodu üçün alarıq:

$$\begin{aligned} T_1 &= 2\pi\sqrt{\frac{I_0 + mgL_1^2}{mgL_1}} \\ T_2 &= 2\pi\sqrt{\frac{I_0 + mgL_2^2}{mgL_2}} \end{aligned} \tag{10}$$

burada L_1 və L_2 uyğun olaraq tapılan hər iki nöqtənin ağırlıq mərkəzindən olan məsafələrdir. Təcrübədə nöqtələr elə seçilir ki, $T_1 = T_2 = T$ olsun. Onda bu halda yuxarıdakı ifadələrin müqayisəsindən

$$T_{or}^2 = \frac{4\pi^2}{g}(L_1 + L_2) \tag{11}$$

alarıq. Bu çevirmə rəqqasının period düsturudur. Burada $L_1+L_2=L$-dir.

Beləliklə, çevirmə rəqqasının hər iki asılma nöqtələrinə görə periodlarının orta qiymətini və asılma nöqtələri arasındakı məsafəni ölçməklə aşağıdakı düsturla ağırlıq qüvvəsi tə'cilini hesablamaq olar:

$$g = \frac{4\pi^2}{T_{or}^2}(L_1 + L_2) \tag{12}$$

İşin gedişi

1. Çevirmə rəqqasını prizmaların birindən asıb, rəqsə gətirib, 50-100 rəqsə sərf olunan zamanı tapıb, T_1-periodunu hesablamalı.

. Rəqqası çevirərək ikinci prizmadan asmalı və rəqs periodunu (T_2) eyni qayda ilə tapmalı. Rəqqas üzərindəki sürüşə bilən kütlənin yerini dəyişib, rəqqasın kütlə mərkəzinin yerini dəyişərək T_2 periodunu T_1 perioduna mümkün qədər yaxınlaşdırmalı.

. Hər iki nöqtəyə görə tapılan T_1 və T_2 periodlarından $T_{or} = \frac{(T_1 + T_2)}{2}$ kimi tə'yin olunan periodun orta qiymətini tapmalı.

. Prizmalar arasındakı məsafəni (L_1+L_2) ölçməli.

. Alınan nəticələri (12) ifadəsində yazaraq ağırlıq qüvvəsi tə'cilini hesablamalı.

. Rəqslər sayının dəyişməklə T_1 və T_2-nin qiymətlərini yenidən tapıb, T_{or}-nı hesablayıb (12) düsturuna görə ağırlıq qüvvəsi tə'cilini bir neçə müxtəlif hal üçün hesablaşmalı.

. Hesablaşmaların nəticələrinə görə ağırlıq qüvvəsi tə\cilinin orta qiymətini tapıb, nisbi və mütləq xətaları tə'yin etməli.

LABORATORİYA İŞİ № 8

ƏYİLMƏ ÜSULU İLƏ YUNQ MODULUNUN TƏ'YİNİ

Ləvazimat: *dayaqlara bərkidilmiş iki prizma, tədqiq olunacaq metal lövhələr, müxtəlif kütləli yüklər, millimetr bölgülü xətkeş, mikrometr, ştangenpərgar, çəngəl.*

Qısa nəzəri mə'lumat.

Xarici qüvvələrin tə'siri ilə cismin ölçüləri və forması dəyişir, yə'ni deformasiyaya uğrayır. Deformasiya 2-cür olur: *elastik və plastik. Deformasiyaetdirici qüvvənin tə'siri kəsildikdən sonra cisim öz əvvəlki forma və ölçülərini alarsa, bu cür deformasiya elastik deformasiya adlanır.* Elastiki deformasiya olunmuş cismi öz əvvəlki vəziyyətinə qaytaran qüvvələrə isə *elastiki qüvvələr* deyilir. Elastiki qüvvələr deformasiyanın qiymətilə düz mütənasib olub, deformasiyaetdirici qüvvənin əksinə yönəlir. Deformasiyaetdirici qüvvənin tə'siri kəsildikdən sonra cisim öz əvvəlki formasını almazsa, belə deformasiyaya qeyri-elastiki, yaxud plastiki deformasiya deyilir. Deformasiyanın aşağıdakı növləri var: dartılma, sıxılma, sürüşmə, əyilmə və burulma. Deformasiyanın hər hansı bir növündə cismi öz əvvəlki vəziyyətinə qaytaran elastiki qüvvələr meydana çıxır. Cismi elastiki deformasiya etdirən qüvvənin ən böyük qiymətinə elastiklik hüdudu deyilir.

Elastiki deformasiya üçün Huk təcrübi yolla belə bir qanun müəyyən etmişdir.

Elastiklik hüdudu daxilində deformasiyanın qiyməti, deformasiyaetdirici qüvvənin qiymətilə düz mütənasibdir.

$$\vec{F} = -k\Delta\vec{x} \tag{1}$$

Burada k - mütənasiblik əmsalı olub, sərtlik əmsalı adlanır. Təcrübə göstərir ki, eyni qüvvənin tə'siri altında müxtəlif en kəsikli bircins çubuqların deformasiya dərəcəsi müxtəlif olur. Fərz edək ki, en kəsiyi S və uzunluğu ℓ olan çubuğa deformasiyaetdirici qüvvə tə'sir edir. Deformasiyaetdirici qüvvənin ($\vec{F}$) nümunənin en kəsiyinin S sahəsinə olan nisbəti materialın mexaniki xassəsini xarakterizə edir və mexaniki gərginlik adlanır. Mexaniki gərginlik:

$$\sigma = \frac{F}{S} \tag{2}$$

düsturu ilə ifadə olunur. Mexaniki gərginliyin BS-də vahidi $1\frac{N}{m^2}$ dır

Fərz edək ki, deformasiyaetdirici qüvvənin tə'siri ilə cisim $\Delta\ell$ qədər uzanmışdır. Çubuğun deformasiyadan sonrakı uzunluğu ilə əvvəlki uzunluğu fərqinin mütləq qiymətinə $(|\ell - \ell_0|) = |\Delta\ell|$ mütləq uzanma deyilir. Mütləq uzanmanın çubuğun əvvəlki uzunluğuna nisbəti isə nisbi deformasiya adlanır.

$$\frac{|\ell - \ell_0|}{\ell_0} = \frac{|\Delta\ell|}{\ell_0} \tag{3}$$

Təcrübələr göstərir ki, *elastiklik hüdudu daxilində nisbi deformasiyanın qiyməti mexaniki gərginliklə düz mütənasibdir.* Onda Huk qanununu riyazi şəkildə aşağıdakı kimi yaza bilərik:

$$\frac{|\Delta\ell|}{\ell_0} = \varepsilon = \alpha\frac{|\vec{F}|}{S} \qquad (4)$$

$$\varepsilon = \alpha\sigma$$

α - uzanmada elastiklik əmsalı adlanır və ədədi qiymətcə vahid mexaniki gərginliyin yaratdığı nisbi deformasiyaya bərabərdir. Elastiklik əmsalının tərs qiyməti elastiklik modulu, yaxud Yunq modulu (E) adlanır. Onda (4) düsturunu Yunq modulu vasitəsilə də ifadə etmək olar.

$$E = \frac{Fl_0}{S|\Delta\ell|} = \frac{\alpha}{\varepsilon} \qquad (5)$$

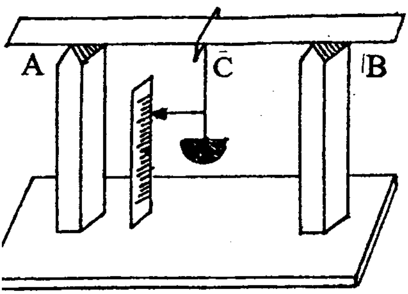
Yunq modulu ədədi qiymətcə vahid nisbi deformasiya yaradan mexaniki gərginliyə bərabərdir. Yunq modulunun da BS-də vahidi $1\frac{N}{m^2}$ dır. Bu vahid 1 Paskal (Pa) adlanır.

Yunq modulunu tə'yin etmək üçün müxtəlif üsullar vardır. Bu üsullardan biri də çubuğun əyilmə üsuludur. Bu üsulla Yunq modulunu tə'yin etmək üçün istifadə olunan cihazın quruluşu 1-ci şəkil - də göstərilmişdir.

Aralarındakı məsafə L olan iki prizma üzərinə metal çubuq qoyulur və çubuğun ortasından çəkisi P olan yük asılır. Bu halda çubuğun əyilməsi üçün aşağıdakı ifadə alınır:

$$\lambda = \frac{PL^3}{4ad^3E} \qquad (6)$$

Burada P=mg - yükün çəkisi, α - çubuğun eni, d - onun qalınlığı, L -çubuğun uzunluğu, λ - çubuğun əyilmə məsafəsidir. Yuxarıdakı ifadədən Yunq modulu üçün alınır:



Şəkil 1.

$$E = \frac{mgL^3}{4ad^3\lambda} \qquad (7)$$

Yunq modulunu tə'yin etmək üçün təcrübədə A və B prizmaları üzərinə qoyulmuş yastı metal çubuğun ortasından C - çəngəli və bu çəngəldən müxtəlif kütləli (100q, 200q, 500q) yüklər asılır. Çəngəldən asılan yüklərin tə'siri ilə çubuq əyilir. Çubuğun əyilməsi millimetrlik bölküləri olan göstərici vasitəsilə qeyd olunur.

İşin gedişi.

1. Verilən yastı çubuğun eni mikrometr ilə, qalınlığı isə ştangenpərkarla dəqiq ölçüldükdən sonra onu prizmanın iti tilləri üzərinə qoymalı və tillər arasındakı məsafəni tə'yin etməli.
2. Çəngəldən kütləsi 100q olan yük asaraq göstəricinin şkala üzərindəki yerdəyişməsini $(\lambda = h_2 - h_1)$ dəqiq tə'yin etməli.

3. Ölçmənin nəticələrini (7) ifadəsində yerinə yazaraq Yunq modulunu hesablanmalı.
4. Çəngəldən asılan yükün miqdarını artırmaqla yuxarıda göstərilən qayda ilə təcrübəni 5 dəfə təkrar etməli və Yunq modulunun orta ədədi qiymətini hesablanmalı.
5. Yunq modulunun orta ədədi qiymətinə görə nisbi və mütləq xətalarını hesablamalı.

LABORATORİYA İŞİ № 9

Telin dartılmasına görə Yunq modulunun təyini

Ləvazimat: *Lermontov cihazı, mikrometr, ştangenpərgar, uzunluğu 1.5-2 m olan xətkeş və ya ruletka, müxtəlif yüklər.*

Qısa nəzəri mə'lumat

Hük qanunua görə, elastiklik hüdudu daxilində nisbi deformasiya mexaniki gərginliklə düz mütanasibdir:

$$\frac{\Delta\ell}{\ell_0} = \alpha \frac{F_n}{S} \qquad (1)$$

burada α - mütənasiblik əmsalı olub, elastiklik əmsalı adlanır. Elastiklik əmsalının tərs qiymətinə Yunq modulu və ya elastiklik modulu deyilir. Onda (1) ifadəsini belə yaza bilərik:

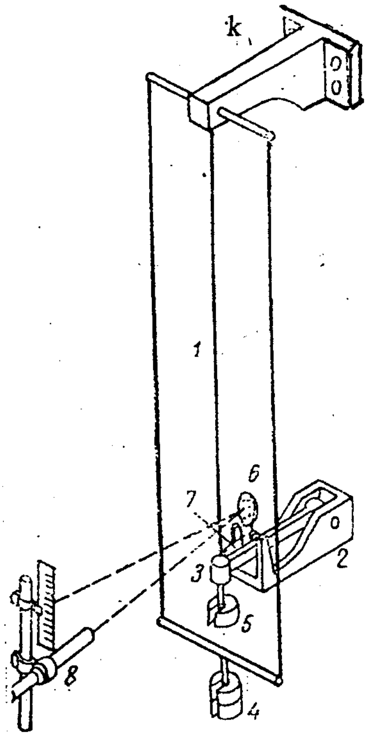
$$E = \frac{1}{\alpha} = \frac{F_n \ell_0}{\Delta\ell \cdot S} \qquad (2)$$

Bu ifadədən görünür ki, $\Delta\ell = \ell_0$ olduqda

$$E = \frac{F_n}{S}$$

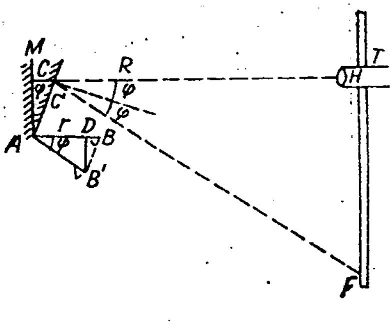
Deməli, Yunq modulu ədədi qiymətcə çubuğu əvvəlki uzunluğa qədər uzada bilən gərginliyə bərabərdir. Həqiqətdə isə materialların çoxu Yunq modulundan çox kiçik gərginliklərdə qırılır. (2) ifadəsinə daxil olan kəmiyyətlər $F_n, \ell_0, \Delta\ell, S$ bilavasitə ölçülə bilən kəmiyyətlərdir. Təcrübi yolla $\Delta\ell$-i tapıb (2) ifadəsinə körə Yunq modulunu hesablamaq olar. Mütləq uzanmanı dəqiq təyin etmək üçün işdə Lermontov cihazından istifadə olunur. Cihazın prinsipial sxemi 1-ci şəkildə göstərilmişdir.

Tədqiq olunan 1 çubuğu (uzunluğu 1,5 – 2 m olan tel) yuxarıdan k_1 –dayağına bərkidilmişdir. Onun aşağı ucuna oynaqlı 2 dayağı ilə bağlı olan 3 silindri bağlanmışdır. Silindrin altından isə 4 yükü asılır. Bu yüklərin üzərinə əlavə 5-yükləri qoyulur. Silindirə, üzərində şaquli güzgüsü (6) olan ling (7) söykənir. Ling güzgü ilə birlikdə üfüqi ox ətrafında asanlıqla dönə bilir.



Şəkil 1

Asqıya yüklər qoyduqda çubuq uzanır və 3 silindri aşağı enir. Bu zaman həm ling və həm də güzgü α-bücağı qədər döndüyündən işıq mənbəyindən (8) güzgüyə düşərək qayıdan şüa ekranda öz yerini dəyişir (şəkil 2).



Şəkil 2.

Fərz edək ki, tədqiq olunan çubuq, P-yükünün tə'siri ilə

$\Delta\ell$-qədər uzanmışdır. Bu hadja 7 lingi əvvəlki AB vəziyyətindən, yeni A'B' vəziyyətinə gəlir və bu zaman lingin silindirə söykənən DB ucu aşağı enir. Onda çübüğün mütləq uzanması B'D = $\Delta\ell$ olacaqdır. ΔABB'-dən yazmq olar:

$$\Delta\ell = B'D = AB'\sin\varphi = r\sin\varphi \tag{3}$$

burada r – ling qolunun uzunluğudur. $\sin\varphi$-ni tapmaq üçün işıq şüasının xətkeş üzərində əvvəlcə məftilin yüksüz (h_1), sonra isə yüklü (h_2) hallarına uyğun yerdəyişmə məsafəsini ölçmək lazımdır. Bu məsafə $h = h_2 - h_1$ olar. Güzgünün α bucağı qədər dönməsi zamanı şüa 2α bucağı qədər dönər. ΔCFH–dan

$$\frac{HF}{CH} = tg2\varphi$$

burada CH=R olub güzgüdən xətkeşə qədər olan məsafədir. Dönmə bücağının kiçik qiymətləri üçün:

$$tg2\varphi \approx 2\sin\varphi$$

yaza bilərik. Bu halda

$$\sin\varphi = \frac{h}{2R} \tag{4}$$

Əgər (3) və (4) ifadələrini 2-də nəzərə alsaq onda Yunq modu-u üçün alarıq:

$$E = \frac{2RP\ell_0}{rhs} \quad \text{və} \quad S = \frac{\pi D^2}{4}, \; P = mg \text{ oldüğündan}$$

$$E = \frac{8mgR\ell_0}{\pi D^2 rh} \tag{5}$$

lar. Burada m – asılan yükün kütləsi, D – çubuğun diametridir.

Bu düstura daxil olan kəmiyyətlərin hamısı təcrübə vasitəsilə ölçülə bildiyindən (5) ifadəsi ilə çubuq üçün Yunq modulunu tə'yin etmək olar.

İşin gedişi

1. Çəngəldən müəyyən kütləli yük asıb çubuğun (telin) başlanğıc ℓ_0 - uzunluğunu ölçərək, çübüğü arretirdən azad edib güzgünün sərbəst hərəkətini tə'min etməli.
2. Şüanın şkala üzərindəki başlanğıc h_1-vəziyyətini qeyd etməli.
3. Çəngələ müxtəlif yüklər qoyaraq şkala üzərində hər bir yükə uyğun h_2 məsafəsini qeyd edib $h=h_2-h_1$-i tə'yin etməli.
4. Telin D-diametrini, lingin r –boyunu güzgüdən şkalaya qədər olan R – məsafələrini ölçməli.
5. Təcrübədən alınan nəticələri (5) düsturunda yazıb çubuq üçün Yunq modulunu hesablamalı.
6. Təcrübəni bir neçə dəfə təkrar edib Yunq modulunun orta qiymətini tapıb təcrübənin nisbi və mütləq xətalarını hesablamalı.

LABORATORİYA İŞİ № 10

SÜRTÜNMƏ ƏMSALININ TRİBOMETR VASİTƏSİ İLƏ TƏ'YİNİ

Ləvazimat: *tribometr, tərəzi gözü, çəki daşları, sürtünmə əmsalı tə'yin olunacaq paralelepiped şəkilli müxtəlif cisimlər.*

Qısa nəzəri mə'lumat:

Səthləri bir-birinə toxunan iki cisimdən birinin digəri üzərində nisbi hərəkəti zamanı meydana çıxan və toxunan səthlər boyunca hərəkətin əksinə yönələn qüvvəyə sürtünmə qüvvəsi deyilir.

Sürtünmə qüvvəsinin qiymət və istiqaməti sürtülən cisimlərin birinin digərinə nisbətən hərəkət sürətindən asılıdır. Sürtünmə qüvvəsinin istiqaməti sür'ət vektorunun əksinə yönəlmişdir.

Ümumiyyətlə praktikada sürtünmə qüvvəsinin üç növü müşahidə olunur: sükunət sürtünməsi, sürüşmə sürtünməsi və diyirlənmə sürtünməsi.

1. Sükunət sürtünmə qüvvəsi.

Səth üzərində cisim sükunətdə olduqda buna səbəb olan sürtünmə qüvvəsi sükunət sürtünmə qüvvəsi adlanır. Sükunətdə olan cisimlər arasındakı sürtünmə qüvvəsinin qiyməti o cismə tə'sir edən qüvvənin qiymətindən asılı olaraq sıfırdan müəyyən maksimal qiymətə qədər dəyişir. Sükunət sürtünmə qüvvəsi həmişə mütləq qiymətcə cismə tə'sir edən qüvvəyə bərabər olub, istiqamətcə onun əksinə yönəlmişdir.

$$|\vec{F}_s| = -|\vec{F}| \qquad (1)$$

burada $\vec{F}_s$ - sükunət sürtünmə qüvvəsi, $\vec{F}$ - cismə tə'sir edən qüvvədir. Bu qüvvəni artırdıqca sükunət sürtünmə qüvvəsi də artacaq. Baxılan cisimlər arasında sürtünmə qüvvəsi müəyyən qiymətə qədər arta bilər. Tə'sir edən $\vec{F}$ - qüvvəsinin müəyyən qiymətində cisim hərəkətə gəlməyə başlayır. Qüvvənin bu qiymətinə maksimal sürtünmə qüvvəsi deyilir. Təcrübə göstərir ki, sükunət sürtünmə qüvvəsinin maksimal qiyməti $(\vec{F}_s)_{\max}$ – cismi səthə sıxan normal təzyiq qüvvəsi ilə $(\vec{F}_n)$ düz mütənasibdir.

$$|\vec{F}_{s.max}| = \mu_0 |\vec{F}_n| \qquad (2)$$

burada μ_0 - sükunən sürtünmə əmsalı olub adsız kəmiyyətdir.

2. Sürüşmə sürtünmə qüvvəsi.

Səthləri bir-birinə toxunan iki cisimdən birinin digəri üzərində nisbi sürüşməsi zamanı meydana çıxan və səthə toxunan istiqamətdə hərəkətin əksinə yönələn qüvvəyə sürüşmə sürtünmə qüvvəsi deyilir.

Sürüşmə sürtünmə qüvvəsi mütləq qiymətcə təqribən maksimal sükunət sürtünmə qüvvəsinə bərabərdir. Sürüşmə sürtünmə qüvvəsi də sükunət sürtünmə qüvvəsi kimi cismin dayağa göstərdiyi normal təzyiq qüvvəsi ilə düz mütənasibdir.

$$|\vec{F}_s| = \mu |\vec{F}_n| \quad \textit{və ya} \ \mu = \frac{|\vec{F}s|}{|\vec{F}_n|} \tag{3}$$

Burada μ– sürüşmə sürtünmə əmsalıdır və o sürtülən cisimlərin hazırlandıqları maddədən, səthlərin vəziyyətindən və onların təmizliyindən asılıdır. Başqa sözlə sürüşmə sürtünmə qüvvəsi toxunan səthlərin kələ-kötürlüyündən və hərəkətin nisbi sür'ətindən asılıdır.

3.*Diyirlənmə sürtünməsi*

İki toxunan cisimlərdən biri digərin üzərində diyirlənirsə bu zaman meydana çıxan qüvvə diyirlənmə sürtünmə qüvvəsi adlanır. Bu qüvvə $[\vec{F}_d]$cismi müstəvi səthə sıxan normal təzyiq qüvvəsilə $(\vec{F}_n)$ düz, diyirlənən cismin radiusu (R) ilə tərs mütənasibdir:

$$|\vec{F}_d| = \mu_D \cdot \frac{|\vec{F}_n|}{R} \tag{4}$$

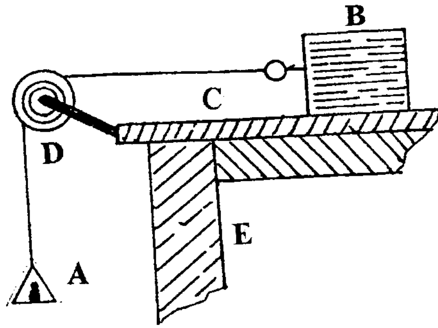
burada μ_d - diyirlənmə sürtünmə əmsalı adlanır və o adlı kəmiyyətdir.

Sürüşmə sürtünməsi və diyirlənmə sürtünməsi kinematik sürtünmə adlanır.

Sürtünmə əmsalının ölçülməsi geniş praktik əhəmiyyətə malikdir. Laboratoriya şəraitində sürtünmə əmsalını ölçmək üçün 1-ci şəkildə göstərilən qurğudan istifadə olunur. Bu qurğu tribometr adlanır. Tribometrlə müxtəlif cismlər arasında sürtünmə əmsalını tapmaq olar. Cihaz E- skamyasından, onun üzərinə bərkidilmiş C- müstəvi lövhədən və tərpənməz D- blokundan ibarətdir.

Sürüşdürüləcək B- cisminin qarmağına bağlanmış ip D- blokundan keçirilərək tərəzi gözünə (A) bağlanır.

Şəkildən göründüyü kimi B –cismi C müstəvi səthi üzərində hərəkət etdikdə bu cisimlərin toxunan səthləri arasında sürtünmə qüvvəsi meydana çıxır. Təcrübə göstərir ki, B- cisminin çəkisi çox olduqda sürtünmə qüvvəsi də artır. Deməli sürüşən cismin çəkisi artdıqca onunla mütənasib olaraq sürtünmə qüvvəsi də artır. Təcrubədə sürtünmə əmsalını aşağıdakı düsturla tapmaq olar.



Şəkil 1

$$\mu = \frac{F}{P} = \frac{F}{mg} \qquad (1)$$

burada F – cürtünmə qüvvəsi, P- sürüşdürülən cismin çəkisi, m onun kütləsidir.

İşin gedişi

1. B – cisminin çəkisini tə'yin edib onu sürtünmə əmsalı tə'yin olunacaq cisim üzərinə qoyub ipi qarmağa bağlanmalı.
2. Tərəzi gözünün yüksüz çəkisini (f_1) tə`yin etməli.
3. Tərəzi gözünə çəki daşlarından o qədir qoymalı ki, B cismi yüngülcə toxunduqda o, C cismi üzərində bərabər sür`ətlə h

rəkət edə bilsin. Bu halda tərəzi gözünə qoyulmuş çəki daşlarının çəkisini (f_2) qeyd etməni.

4. Sürtünmə qüvvəsini tapmaq üçün tərəzi gözünün çəkisi (f_1) ilə tərəzi gözünə qoyulmuş çəki daşlarının çəkisini (f_2) toplayıb, $F=f_1+f_2$ – ni hesablamalı.
5. Alınmış qiymətləri (5) ifadəsində yerinə yazıb, həmin toxunan səth üçün sürtünmə əmsalını tə'yin etməli.
6. Təcrübəni bir neçə dəfə təkrar edib, sürtünmə əmsalı üçün orta qiyməti tapıb, təcrübənin mütləq və nisbi xətalarını hesablamalı.

LABORATORİYA İŞİ № 11

GÜLLƏNİN UÇUŞ SÜR'ƏTİNİN BALLİSTİK RƏQQAS ÜSULU İLƏ TƏ'YİNİ

Ləvazimat : *ballistik rəqqas, pnevmatik tüfəng, şkala, xətkeş.*

Qısa nəzəri mə'lumat.

Güllənin uçuş sür'əti kifayət qədər böyük olduğundan ($\upsilon \approx 800 \div 1000\ ^m/_s$) onun qısa məsafəni getməsi üçün sərf olunan zaman da çox kiçik olur. Ona görə də güllənin uçuş sür'ətinin birbaşa tə'yini təcrübi çətinliklə bağlıdır. Laboratoriya şəraitində güllənin uçuş sür'ətini tə'yin etmək üçün impulsun və enerjinin saxlanma qanunlarından istifadə olunur.

Fərz edək ki, m_0 – kütləli güllə, υ_0 sür'əti ilə hərəkət edərək m-kütləyə malik sükünətdə olan cisimlə qeyri-elastiki toqquşur. Zərbədən sonra cisim müəyyən υ- sür'ətilə hərəkət edər. Bu halda impulsun saxlanma qanununa əsasən $m >> m_0$ olduğundan yaza bilərik.

$$m_0\,\upsilon_0 - m\upsilon = 0$$

və ya

$$\frac{\upsilon_0}{\upsilon} = \frac{m}{m_0} \qquad (1)$$

Bu düsturdan görünür ki, güllənin kütləsi cismin kütləsindən neçə dəfə azdırsa, toqquşmadan sonra cismin aldığı sür'ət də güllənin sür'ətindən bir o qədər dəfə az olar. Əgər cismin aldığı sür'ət tə'yin oluna bilərsə, onda güllənin uçuş sür'ətini (1) düsturunun köməyilə tə'yin etmək olar. Bu sür'əti laboratoriya şəraitində tə'yin etmək üçün *ballistik rəqqas* üsulundan istifadə olunur.

Ballistik rəqqas, dörd uzun sap vasitəsilə divardan asılmış və üfüqi vəziyyətdə qoyulmuş silindrdən ibarətdir. Silindrin alt hissəsinə toqquşmadan sonra silindrin üfüqi meylini ölçmək üçün əqrəb biləşdirilmişdir. Ölçü şkalası silindrdən aşağıda xüsui dayağa bərkidilir (şəkil 1).

Silindrin içərisi qismən plastilinlə doldurulmuşdur və onun qarşısında ondan 40-50 sm məsafədə güllə atan pnevmatik tüfəng yerləşdirilmişdir. Sür'əti υ_0- olan m_0-kütləli güllə hərəkət edərək içərisində plastilin olan həmin cismlə qeyri-elastiki toqquşur və onun içərisində qalır. Zərbə nəticəsində silindr sür'ət alır və sistemin ağırlıq mərkəzi h- hündürlüyünə qalxır. Güllə-silindr sisteminin qapalı sistem olduğunu qəbul etsək, impulsun saxlanma qanununa görə yaza bilərik:

$$m_0 \upsilon_0 = (m_0 + m) \cdot \upsilon \qquad (2)$$

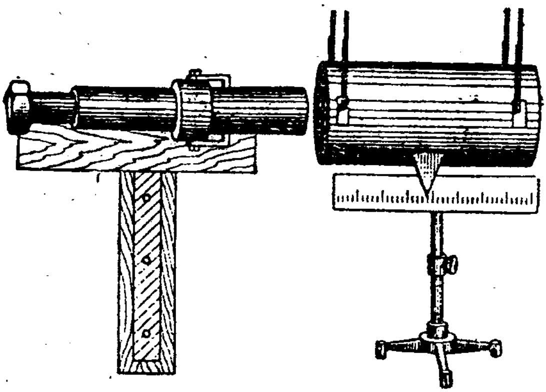
burada $M=m_0 + m$ zərbədən sonra silindirin güllə ilə birlikdə kütləsidir. Əgər havanın müqavimət qüvvəsini nəzərə almasaq onda enerjinin saxlanma qanununa əsasən yaza bilərik :

$$\frac{1}{2}(m_0 + m)\upsilon^2 = (m_0 + m)\cdot gh \qquad (3)$$

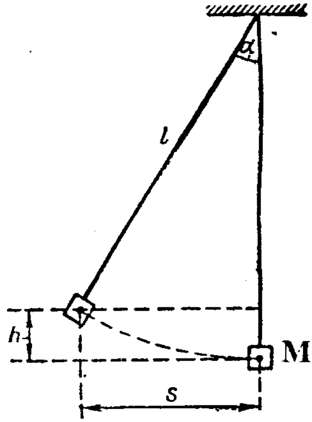
burada

$$\upsilon = \sqrt{2gh} \qquad (4)$$

haradakı h-silindirin toqquşmadan sonra əvvəlki üfüqi vəziyyətə nisbətən qalxma hündürlüyüdür. Rəqqasın qalxma hündürlüyünü 2-ci şəkildən istifadə edərək tapmaq olar.



Şəkil 1.



Şəkil 2.

Şəkildən

$$h = l - l\cos\alpha = 2l\sin^2\frac{\alpha}{2} \qquad (5)$$

Beləliklə, məsələnin həlli rəqqasın meyl bücağının tapılmasına gətirilir. Əgər (5) ifadəsini (4) də nəzərə alsaq onda güllənin uçuş sür'əti üçün alarıq.

$$\upsilon = 2\sin\frac{\alpha}{2}\sqrt{g\cdot l} \qquad (6)$$

Meyl bucağının kiçik qiymətləri üçün bucağın sinusunu

$$\sin\frac{\alpha}{2} \cong \frac{\alpha}{2}$$

lduğunu nəzərə alsaq onda zərbədən sonra silindrin sür'əti

$$\upsilon = S\sqrt{\frac{g}{l}} \qquad (7)$$

lar. Əgər sonuncu ifadəni (2)-də nəzərə alsaq güllənin toqquşmaya ədər sür'əti üçün alarıq

$$\upsilon = \frac{(m_0 + m)\cdot S}{m_0}\cdot\sqrt{\frac{g}{l}} \qquad (8)$$

urada S-rəqqasın aşağısından bərkidilmiş milin yerdəyişməsi, l-isə lindrin mərkəzindən rəqqasın asqı nöqtəsinə qədər olan məsafədir. 3) düsturuna daxil olan bütün kəmiyyətlər təcrübədə bilavasitə ölilə bildiyindən bu düsturun köməyilə güllənin uçuş sür'ətini tapaq olar.

İşin gedişi.

Silindrin tarazlıq vəziyyətində əqrəbin şkala üzərindəki vəziyyətini (n_0) qeyd etməli.

Güllənin (m_0), silindrin (m) kütləsini, silindrin diametrini (d) və ipin l_0 uzunluğunu ölçməli ($l = l_0 + \frac{d}{2}$).

Pnevmatik tüfəngdən güllənin atıb, əqrəbin şkala üzərindəki maksimum meylini (n) qeyd edib, silindirin həqiqi meylini $S=n-n_0$ ifadəsindən tə'yin etməli.

Təcrübəni 3 ÷5 dəfə təkrar edib, S_{or}-nı hesablamalı.

Alınan nəticələri (8) ifadəsində yerinə yazıb, güllənin uçuş sür'ətini, təcrübənin mütləq və nisbi xətalarını hesablamalı.

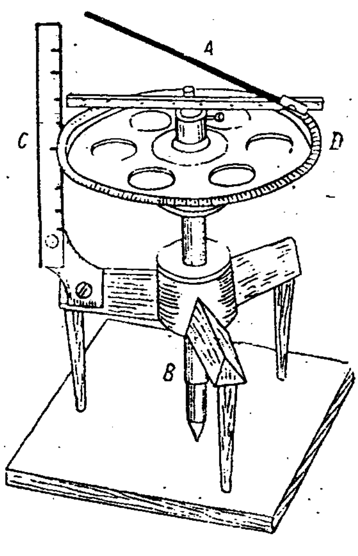
LABORATORİYA İŞİ №12

SFEROMETR VASİTƏSİLƏ LÖVHƏ QALINLIĞININ VƏ LİNZANIN ƏYRİLİK RADİUSUNUN TƏYİNİ.

Lavazimat: *sferometr, müstəvi şüşə lövhə, qalınlığı ölçüləcək lövhə, müstəvi qabarıq linza, ştangenpərgar, mikrometr.*

Qısa nəzəri mə'lumat.

Sferometr lövhələrin qalınlıqlarını və sferik səthlərin əyrilik radiuslarını dəqiq ölçmək üçün istifadə olunan cihazdır. O bir-biri ilə möhkəm birləşdirilmiş üç ayaqdan və bunların ortasından keçərək şaquli istiqamətdə hərəkət edə bilən polad vintdən ibarətdir (şəkil 1).



Şəkil 1.

Vintin aşağı sivri ucu ehmalca hərəkət etdirilərək cismin səthinə toxundurulur. Sferometrin diskinin (D) üzərində 500, bə'zən 1000 bölgü olur və onun gövdəsinə hər bölgüsünün qiyməti 0.5 mm olan C xətkeşi bərkidilmişdir. Vintin fırlanması ilə disk xətkeş üzərində yuxarı və aşağı hərəkət edir.

Disk iki tam dövr etdikdə diskin üzərində 1000 bölgü keçər və disk kənarındakı xətkeş üzrə bir millimetr yerini dəyişmiş olar. Bu halda diskin hər bir kiçik bölgüsü 0.001 millimetr uzunluğa uyğun gələr. Belə sferometrlə xətti ölçüləri 0.001 millimetr dəqiqliklə ölçmək mümkündür. İş zamanı cihaz paralel üzlü lövhə üzərinə qoyulur və başlanğıc vəziyyəti qeyd edilir.

Bu məqsədlə sferometrin B vinti elə hərəkət etdirilir ki, lingin aşağı sivri ucu lövhəyə toxunan anda onun yuxarı ucuna birləşdirilmiş lövhə yuxarı qalxır.

Lövhənin yuxarı meyli hiss olunduqda vint dayandırılır və xətkeş üzərində diskin kənarına uyğun gələn bölgü qeyd edilir.

Çalışma 1. Lövhə qalınlığının ölçülməsi.

Paralel üzlü lövhənin qalınlığı aşağıdakı qaydada ölçülür.

1. Sferometr müstəvi səth və ya paralel lövhə üzərində qoyulur və vint ilə elə hərəkət etdirilir ki, onun sivri ucu lövhəyə toxunsun.
2. Xətkeş üzərində həmin vəziyyətə uyğun diskin önündəki bölgünü və onların kəsişdiyi yerdə disk üzərindəki bölgünü qeyd etmək lazımdır. Bu göstərişlərin cəmi sferometrin başlanğıc vəziyyətini (h_0) müəyyən edir.

Sferometrin ayaqlarının vəziyyətini dəyişmədən vinti yuxarı hərəkət etdirərək sivri ucu lövhədən uzaqlaşdırmalı və tədqiq olunan lövhəni vintin altına yerləşdirməli.

Sonra vint vasitəsilə sivri ucu yavaş-yavaş aşağı endirib, tədqiq olunan lövhəyə toxundurmalı və yuxarıdakı qayda ilə h_1-

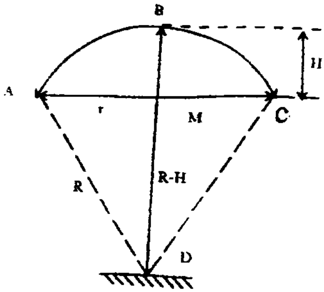
vəziyyətini xətkeş və disk üzərində göstərişlərə görə tə'yin etməli.

5. Qalınlığı ölçüləcək lövhəni sağa-sola sürüşdürməklə bir neçə yerdə h_1-i tapıb, onun orta qiymətini götürməli.
6. h_1 –in orta qiymətindən h_0 –ın orta qiymətini çıxaraq lövhənin qalınlığını tə'yin etməli.

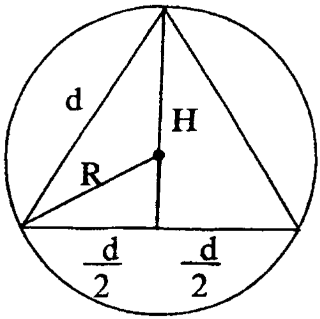
Çalışma 2. Sferometrlə linzanın əyrilik radiusunun tə'yini.

İxtiyari qabarıq səthin əyrilik radiusu həmin səthi kürə səthinə tamamladıqda alınan kürənin radiusudur. Şüşə kürənin hər hansı kəsiyindən alınan seqment isə müstəvi qabarıq linza əmələ gətirir. *Linzanın əyrilik radiusu onun qabarıq səthinin əyrilik radiusudur.* Belə seqmentin qabarıq üzünün əyrilik radiusu ilə onun hündürlüyü və oturacağının radiusu arasındakı əlaqəni tapaq. Sferometri linzanın sferik səthi üzərinə qoyduqda onun ayaqları **r**- radiuslu ABC sferik seqmentini əhatə edəcəkdir. (şəkil 2). Bu seqmentin hündürlüyü **H** olsun. A nöqtəsilə şaquli **BD** diametrinin uclarını birləşdirsək, düzbucaqlı **ABD** – üçbucağı alarıq. Şəkildə **AM** bu üçbucağın hündürlüyü olub seqmentin oturacağının radiusuna bərabərdir. Bu parça **BD** diametrini iki hissəyə bölür (haradakı **BM=H** və **DM=(R-H)** parçalarına bərabərdir). Şəkildən göründüyü kimi sferik səthin **R** əyrilik radiusu seqmentin **H** hündürlüyü və otucağının **r** - radiusu ilə aşağıdakı kimi əlaqədardır.

$$R^2 = r^2 + (R - H)^2 \qquad (1)$$



Şəkil 2



Şəkil 3.

Digər tərəfdən radiusu r olan çevrə daxilinə çəkilmiş tərəfi d olan bərabətərəfli üçbucağın H-hündürlüyü 3-cü şəkildən aşağıdakı kimi tə'yin olunar:

$$H = \frac{3}{2} r$$

Pifaqor teoremindən istifadə etsək onda

$$\left(\frac{3}{2} r\right)^2 = d^2 - \left(\frac{d}{2}\right)^2$$

alınar. Buradan

$$r^2 = \frac{d^2}{3} \qquad (2)$$

olar.

Əgər (2) ifadəsini (1)-də nəzərə alsaq onda linzanın əyrilik radiusu üçün aşağıdakı düsturlar alınar :

$$R = \frac{r^2}{2H} + \frac{H}{2} \tag{3}$$

və ya

$$R = \frac{d^2}{6H} + \frac{H}{2} \tag{4}$$

Beləliklə qabarıq səthin əyrilik radiusunu təyin etmək üçün kürə seqmentinin H hündürlüyünü və seqmentin radiusunu (bərabərtərəfli üçbucağın tərəfini – d) bilmək lazımdır.

İşin gedişi.

1. Sferometri müstəvi şüşə lövhə üzərinə qoyub, vinti aşağı hərəkət etdirməklə onun sivri ucunu lövhəyə toxundurmalı. Xətkeş və disk üzərində uyğun olaraq h_0 – vəziyyətini qeyd etməli. Təcrübəni bir neçə dəfə təkrar edib h_0- ın orta qiymətini tapmalı.
2. Vinti yuxarı qaldırıb, sferometri şüşə üzərindən götürüb, linzanın qabarıq səthi üzərinə qoymalı. Vinti tədricən aşağı hərəkət etdirməklə onun sivri ucunu linza səthinə toxundurmalı. Bu hal üçün xətkeş və diskdən h_1- hündürlüyünü qeyd etməli. Ölçməni linzanın müxtəlif nöqtələri üçün 3 dəfə təkrar edib h_1-in orta qiymətini tapmalı.
3. Ölçülmüş h_1 və h_0-ın qiymətlərinə görə seqmentin $H=h_1-h_0$ hündürlüyünü tapmalı.

4. Sonra sferometri ağ vərəq üzərinə qoyub yavaşca basmalı. Ayaqların iti uclarının kağız üzərində buraxdığı izlərə görə ayaqlar arasındakı **a,b,c** məsafələrini ştangenpərgarla və ya xətkeşlə ölçməli. Sferometrin ayaqları arasındakı məsafələrin qiymətinə görə seqmentin oturacağının radiusunu aşağıdakı düsturla hesablamalı.

$$r = \frac{abc}{4\sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}}$$

burada p- ayaqlar arasındakı a,b,c məsafələrinin perimetrinin yarısıdır.

5. Alınan nəticələri (4) ifadəsində yerinə yazıb linzanın əyrilik radiusunu hesablamalı.
6. Linza üçün əyrilik radiusunu 3-dəfə tapıb, onun orta qiyməti-ni, mütləq və nisbi xətasını hesablamalı.

LABORATORİYA İŞİ № 13

Trifilyar asqı üsulu ilə diskin ətalət momentinin təyini

***Ləvazimat:** trifilyar asqı, saniyəölçən, ştangenpərgar, ətalət momenti tə'yin olunacaq silindr.*

Qısa nəzəri mə'lumat

İrəliləmə hərəkəti dinamikasından fərqli olaraq fırlanma hərəkəti dinamikası ətalət momenti və qüvvə momenti anlayışları ilə xarakterizə olunur. Fırlanma hərəkəti dinamikasının əsas tənliyi

$$M = I \cdot \beta \tag{1}$$

şəklində ifadə olunur. Burada $M=F \cdot l$ olub qüvvə momenti adlanır. Qüvvə momenti qüvvənin (F), qüvvə qoluna (l) olan hasilinə bərabərdir. Qüvvə momenti BS-də N.m ilə ölçülür.

Burada I -cismin ətalət momenti, β-isə bucaq tə'cili adlanır. Hər hansı O mərkəzi ətrafında fırlanan m-kütləli cisimin ətalət momenti cismin kütləsi ilə fırlanma mərkəzindən olan r -məsafəsinin kvadratı hasilinə bərabər olub və aşağıdakı kimi ifadə olunur:

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

Ətalət momentinin BS-də ölçü vahidi kq.m^2 -dir. Eyni bir cismin müxtəlif oxlara nəzərən ətalət momentləri müxtəlifdir.

Məsələn: düzgün həndəsi formalı bə'zi cisimlərin kütlə mərkəzindən keçən oxa nəzərən ətalət momentləri aşağıdakı kimidir.

1. Bircins diskin öz həndəsi oxuna görə ətalət momenti:

$$I = \frac{1}{2} mR^2$$

burada m-cismin kütləsi, R -isə onun radiusudur.

2. Qalın divarlı, içi boş bircins silindrin öz həndəsi oxuna görə ətalət momenti

$$I = \frac{1}{2} m(R_1^2 + R_2^2)$$

burada m-silindrin kütləsi, R_1 və R_2- uyğun olaraq silindrin daxili və xarici radiuslarıdır.

3. Bircins kürənin mərkəzindən keçən oxa nəzərən ətalət momenti

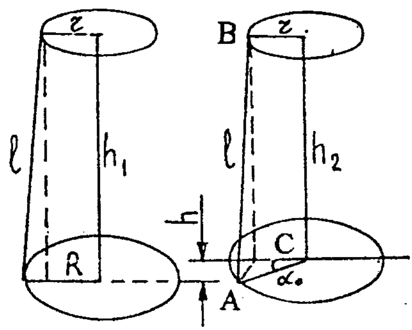
$$I = \frac{2}{5} mR^2$$

burada m-kürənin kütləsi, R -onun radiusudur.

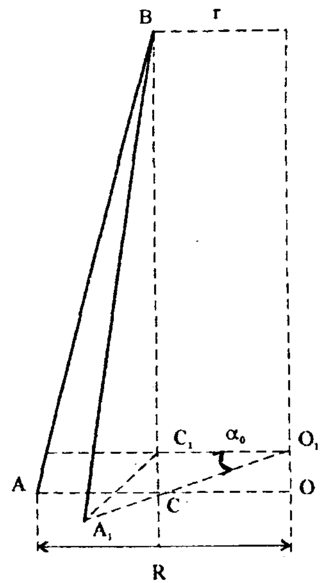
4. Uzunluğu l- olan bircins çubuğun bir ucundan ona perpendikulyar olaraq keçən oxa görə ətalət momenti

$$I = \frac{1}{3} ml^2$$

Cisimlərin ətalət momentini tə'yin etmək üçün müxtəlif üsullar vardır. Onlardan biri də cismin ətalət momentinin trifilyar asqı üsulu ilə tə'yinidir. Trifilyar asqı, böyük radiuslu (R) disklə, nisbətən kiçik radiuslu (r) diskin bərabər məsafədəki üç simmetrik nöqtələrinin metal tellə birləşdirilməsindən alınan sistemdən ibarətdir. Aşağıdakı böyük disk öz müstəvisinə perpendikulyar olan və ağırlıq mərkəzindən keçən şaquli ox ətrafında burulma rəqsi edə bilir (şəkil 1). Rəqs zamanı disk dönmə bucağından asılı olaraq fırlanma oxu boyunca müəyyən qədər yuxarıya qalxır (şəkil 2).



Şəkil 1.



Şəkil 2.

Bu zaman diskin ağırlıq mərkəzi də fırlanma oxu boyunca öz yerini dəyişəcəkdir. Rəqs edən diskin rəqs periodu onun ətalət momentindən asılıdır. Diskin üzərinə hər hansı əlavə yük qoyulduqda onun rəqs periodunun dəyişməsindən istifadə edərək bərk cismin ətalət momentini tapmaq olar. Kütləsi m olan diskə burulma rəqsi verdikdə onun ağırlıq mərkəzi hər hansı h hündürlüyə qalxdıqda diskin potensial enerjisi

$$E_r=mgh \qquad (3)$$

qədər artar.

Ağırlıq mərkəzi h hündürlüyə qalxdığı halda diskin potensial enerjisi maksimum, kinetik enerjisi minimum, ağırlıq mərkəzi ən aşağı vəziyyətdə olduqda isə kinetik enerjisi maksimum olur. Fırlanan bərk cismin kinetik enerjisinin maksimum qiymətini aşağıdakı kimi hesablamaq olar:

$$E_K=\frac{1}{2}I\omega_{max}^2 \qquad (4)$$

Tarazlıq vəziyyətindən keçdiyi anda diskin kinetik enerjisi və ω bucaq sür'əti maksimum qiymətə çatar. Onda enerjinin saxlanması qanunundan istifadə edərək yaza bilərik:

$$mgh=\frac{1}{2}J\omega_{max}^2 \qquad (5)$$

Diskin rəqsinin harmonik olduğunu nəzərə alsaq, onun ω_{max} fırlanma bucaq sür'ətini aşağıdakı kimi tapa bilərik. Bu halda harmonik rəqsi hərəkətdə bucaq yerdəyişməsinin zamandan asılılığını aşağıdakı kimi ifadə etmək olar.

$$\alpha=\alpha_0 \sin\omega t=\alpha_0 \sin\frac{2\pi}{T}t \qquad (6)$$

burada α-diskin zamandan asılı olan bucaq yerdəyişməsi, α_0-bucaq yerdəyişməsinin maksimum və ya amplitud qiymətidir, T-rəqsin periodu, t-zamandır. Yuxarıdakı ifadədən ω bucaq sür'əti üçün alınır:

$$\omega=\frac{d\alpha}{dt}=\frac{2\pi\alpha_0}{T}\cos\frac{2\pi}{T}t$$

ω-nın maksimum qiymət alması üçün $\cos\frac{2\pi}{T}t=1$ və ja $\frac{2\pi}{T}.t=0$ olmalıdır. Onda bucaq sür'əti üçün $\omega=\omega_{\max}=\frac{2\pi\alpha_0}{T}$ alınar. Əgər ω-nın bu qiymətini (5) ifadəsindən nəzərə alsaq.

$$mgh=\frac{I}{2}\left(\frac{2\pi\alpha_0}{T}\right)^2 \qquad (7)$$

alınar. 2-ci şəkildən uyğun olaraq $h_1+h_2=2l$ və $h=h_1-h_2$ olduğundan:

$$h=h_1-h_2=\frac{h_1^2-h_2^2}{h_1+h_2}=\frac{h_1^2-h_2^2}{2l} \qquad (8)$$

həmçinin şəkildən

$$h_1^2=l^2-(R-r)^2$$

və $$h_2^2=l^2-(AB)^2=l^2-(R^2+r^2-2Rr\cos\alpha_0)$$

yazmaq olar.

Alınan qiymətləri (8) ifadəsində nəzərə alsaq, onda diskin rəqsi hərəkətdə yuxarı qalxma hündürlüyü üçün alarıq:

$$h=\frac{2Rr(1-\cos^2\alpha_0)}{2l}=\frac{4Rr\sin(\frac{\alpha_0}{2})}{2l} \qquad (9)$$

Dönmə bucağının kiçik qiymətləri üçün bucağın sinusunu onun radian qiyməti ilə əvəz edib, müəyyən riyazi çevirmə aparıq:

$$h = \frac{4Rr.(\frac{\alpha_0}{2})^2}{2l}$$

və ya (10)

$$h = \frac{Rr\alpha_0^2}{2l}$$

Sonuncu ifadəni (7)-də nəzərə alsaq, onda diskin ətalət momenti üçün aşağıdakı ifadə alınar:

$$I = \frac{mgrR}{4\pi^2 l}T^2 \quad (11)$$

(11) ifadəsinə görə diskin və həmçinin onun üzərinə qoyulmuş cis-min ətalət momentini təyin etmək olar.

Diskin üzərinə qoyulmuş cisimlə birlikdə ətalət momentindən (I_2) yüksüz diskin ətalət momentini (I_1) çıxmaqla, tədqiq olunan cismin ətalət momentini (I) tapmaq olar.

$$I = I_2 - I_1 = \frac{gRr}{4\pi^2 \cdot \ell}\left[(m_0 + m_1)T_2^2 - m_0 T_1^2\right] \quad (12)$$

burada I_1 -yüksüz diskin, I_2 -yüklü diskin ətalət momentidir.

İşin gedişi

Böyük diskin radiusunu (R), kiçik diskin radiusunu (r), böyük diskin kütləsini (m_0), metal telin uzunluğunu (ℓ) və tədqiq ediləcək cismin kütləsini (m_1) tə'yin etməli.

Aşağıdakı diski kiçik bucaq qədər ($\alpha \approx 5^0 \div 10^0$) döndərərək diskə burulma rəqsi verməli.

3. Bir neçə rəqsdən sonra saniyəölçəni işə salıb 10÷15 tam rəqsə sərf olunan zamanı ölçüb, uyğun rəqs periodu üçün orta qiymət taparaq (11) ifadəsinə görə yüksüz diskin ətalət momentini (I_1) hesablamalı.
4. Ətalət momenti tədqiq olunacaq m_1 kütləli cismi (silindri) diskin tən ortasına qoymalı.
5. Yüklü diskə burulma rəqsi verib, onun ətalət momentini (I_2)- yuxarıdakı qaydada hesablamalı. Bu halda ümumi kütləni diskin və cismin kütlələri cəmi kimi götürməli.
6. Təcrübədən alınan I_2 və I_1 ətalət momentləri fərqi tədqiq olunan cismin (silindrin) ətalət momenti olar.
7. Təcrübəni bir neçə dəfə təkrar edərək, cismin ətalət momentinin orta qiymətini tapıb, mütləq və nisbi xətaları hesablamalı.

LABORATORİYA İŞİ № 14

OBERBEK RƏQQASI VASİTƏSİLƏ ƏTALƏT MOMENTİNİN TƏ'YİNİ.

Ləvazimat: *Oberbek rəqqası, eyni kütləli dörd yük, saniyəölçən, xətkeş, ştangenpərgar.*

Qısa nəzəri mə'lumat.

İrəliləmə hərəkəti dinamikasından fərqli olaraq fırlanma hərəkətində daha iki yeni anlayış daxil edilir. İrəliləmə hərəkətindəki kütlə anlayışı, fırlanma hərəkətində ətalət momenti (I) anlayışı ilə, qüvvə anlayışı isə fırlanmada qüvvə momenti (M) anlayışı ilə əvəz olunur. Bu məqsədlə m kütləli maddi nöqtənin, F xarici qüvvənin tə`siri nəticəsində sabit radiuslu çevrə boyunca hərəkətinə baxaq (şəkil 1). Cismə təsir edən qüvvəni normal və tanqensial toplananlara ayıraq. Qüvvənin radius boyunca yönəlmiş F_n toplananı cism üçün irəliləmə hərəkəti yaratmır. Qüvvənin tangensial toplananı isə cismi fırlanma hərəkətinə gətirir. Onda şəkildən yaza bilərik.

$$\vec{F_t} = \vec{F} \cdot sin\,\alpha . \qquad (1)$$

Nyutonun II qanununa görə $\vec{F_t} = m\vec{a_t}$ -olduğunu nəzərə alsaq, onda yaza bilərik :

$$\vec{F}.Sin\alpha = m\vec{a_t} = m\vec{\beta}r \qquad (2)$$

Sonuncu ifadənin hər iki tərfini $\vec{r}$ -radius vektoruna vuraq:

$$\vec{F} \cdot r \sin\alpha = mr^2 \vec{\beta}$$

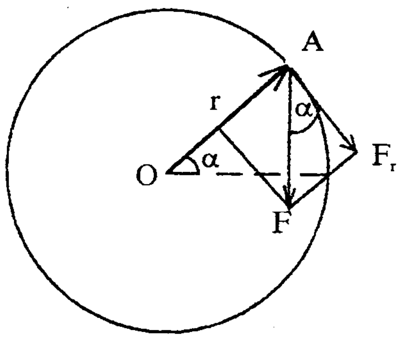
və ya

$$\vec{F} \cdot \ell = mr^2 \vec{\beta} \qquad (4)$$

alarıq.

Burada $\ell = r \sin\alpha$ - fırlanma mərkəzindən qüvvə istiqamətinə endirilmiş perpendikulyar olub qüvvənin qolu adlanır, β-isə bucaq təcilidir.

Burada $\vec{F} \cdot \vec{l} = M$ – ə qüvvə momenti, $mr^2 = I$-ə – ətalət momenti deyilir. Yuxarıdakı ifadələri (4) düsturunda nəzərə alsaq onda fırlanma hərəkətini xarakterizə edən aşağıdakı tənlik alınar:

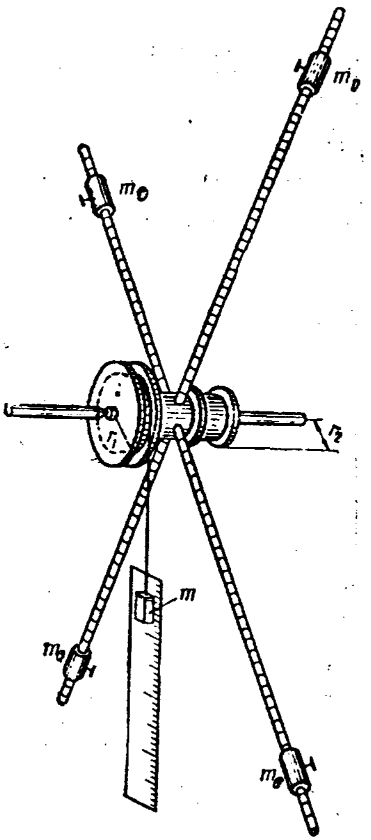


Şəkil 1.

$$M = I \cdot \beta \qquad (5)$$

Bu ifadə fırlanma hərəkəti dinamikasının əsas tənliyi adlanır.

Qüvvə və ətalət momentləri fırlanma hərəkətini xarakterizə edən əsas kəmiyyətlərdir. Əgər cisim çevrə boyunca fırlanırsa, onun kütləsini və çevrənin radiusunu bilməklə $I = mr^2$ ifadəsi ilə ətalət momentini hesablamaq olar. Düzgün həndəsi formalı cisimlərin ətalət momentlərini bu üsulla hesablamaq daha asandır. Lakin ixtiyari formalı cisimlərin ətalət momentləri isə dolayı yolla tapılır. Ətaət momentini tə`yin etmək üçün müxtəlif üsullar var. Bunlardan biri də Oberbek rəqqası ilə aparılan təcrübədir (şəkil 2).



Şəkil 2

Rəqqas ştativdən, dörd çubuqdan və eyni kütləvi dörd yükdən ibarətdir. Çubuqlar silindirik formada olub biri-birinə nəzərən 90^0-lik bucaq altında yerləşir. Hər birinin kütləsi m_0 olan C yükləri çubuqlar boyunca asanlıqla hərəkət edə bilir. Yüklər elə simmetrik bərkidilir ki, onların ağırlıq mərkəzləri fırlanma oxu üzərinə düşsün.

Rəqqas ondan asılmış m-yükü ilə hərəkətə gətirilir. m-yükü qaytanın ucuna bağlanmış, qaytan isə şkivə sarınır. Yük H hündürlüyünə qaldırdıqda onun potensial enerjisi

$$E_P = mgH$$

qədər artır. Burada m- asılmış yükün kütləsidir. Yük sərbəst buraxıldıqda o, sabit α-təcili ilə şaquli olaraq aşağı düşür.

Qaytanla şkiv arasında yaranan sürtünmə qüvvəsi hesabına şkiv rlanır. Enerjinin saxlanma qanununa görə H - hündürlüyündən düşən yükün potensial enerjisi onun irəliləmə, şkivin isə C yükləri ilə birlikdə fırlanma hərəkətinin kinetik enerjiləri cəminə bərabərdir. Yəni

$$mgH = \frac{m\upsilon^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2} \qquad (6)$$

burada υ - yükün döşəməyə çatma anındakı sür`əti, ω - isə şkivin bucaq sürətidir. Qaytanın gərilmə qüvvəsi (T) yükün ağırlıq qüvvəsinin (P) əksinə yönəldiyindən Nyutonun ikinci qanununa görə yükün hərəkət tənliyini

$$F = ma = mg - T$$

şəkilində yaza bilərik. Buradan gərilmə qüvvəsi:

$$T = m(g - a) \qquad (7)$$

olar. Gərilmə qüvvəsi fırladıcı moment yaradır.

$$M = T \cdot r = m_0\,(g - a) \cdot r^2 \qquad (8)$$

P-yükünün hərəkəti bərabərtəcilli hərəkət olduğundan belə hərəkət üçün cismin təcili

$$a = \frac{2H}{t^2} \qquad (9)$$

kimi tə'yin olunur. Əgər (5) ifadəsində $\beta = \frac{a}{t}$ olduğunu nəzərə alsaq onda cismin ətalət momenti üçün alarıq:

$$I = \frac{M}{\beta} = \frac{m(g-a)\cdot r^2 \cdot t^2}{2H} = mr^2\left(\frac{gt^2}{2H} - 1\right) \qquad (10)$$

Deməli cismin ətalət momentini tə`yin etmək üçün (10) ifadəsinə daxil olan **m, t, r** və **H**- kəmiyyətlərini təcrübədən tə`yin etmək lazımdır.

İşin gedişi.

1. Ştangenpərgar vastəsilə şkivlərin r_1 və r_2 radiuslarını ölçməli.
2. Tərəzidə m - yükünün kütləsini tə`yin etməli.
3. Çubuqlar üzərində C – yüklərini fırlanma mərkəzindən eyni məsafədə yerləşdirərək, rəqqasın fərqsiz tarazlıq vəziyyətində qalmasına nail olmalı.
4. m -yükü asılmış qaytanı şkivin üzərinə sarıyıb, yükü döşəmədən H - hündürlüyə qaldırmalı və həmin hündürlüyü xətkeşlə ölçməli.
5. m - yükünü sərbəsi buraxıb, yükün düşmə müddətini saniyəölçənlə ölçməli.
6. Təcrübədən alınan qiymətləri (10) ifadəsində yazıb cismin ətalət momentini hesablamalı.
7. C - yüklərini çubuqların uc hissələrinə sürüşdürməklə yuxarıda göstərilən ardıcılıqla C yüklərinin müxtəlif vəziyyətləri üçün rəqqasın ətalət momentini tə`yin etməli.
8. Yüklərin müxtəlif halları üçün təcrübəni ən azı 3 dəfə təkrar edib, rəqqasın I - ətalət momentinin orta qiymətini hesablamalı.
9. Təcrübənin nisbi və mütləq xətasını hesablamalı.

LABORATORİYA İŞİ № 15

ELASTİK YAYIN DEFORMASİYASI ZAMANI GÖRÜLƏN İŞİN HESABLANMASI

Ləvazimat: *bir ucu ştativə bərkidilmiş aşağı ucunda yük qoymaq üçün tərəzi gözü olan elastiki yay, yaya paralel olaraq ştativə bərkidilmiş millimetr bölgülü ölçü xətkeşi, çəki daşları.*

Qısa nəzəri mə'lumat

Sabit $\vec{F}$ qüvvəsinin tə'siri altında cisim düz xətt boyunca $\vec{S}$ - qədər yerini dəyişdikdə görülən mexaniki iş

$$A = (\vec{F}\vec{S}) \tag{1}$$

ifadəsi ilə təyin olunur.

Mexaniki iş, qüvvə ilə yerdəyişmənin skalyar hasilinə bərabər olan fiziki kəmiyyətdir.

Cismə tə'sir edən qüvvə yerdəyişmə ilə müəyyən α-bucağı əmələ gətirirsə bu halda görülən iş

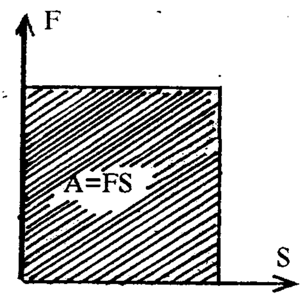
$$A = FS \cdot \cos\alpha \tag{2}$$

kimi tə'yin olunar.

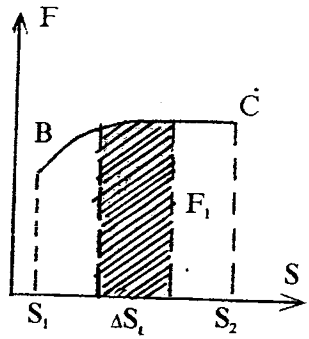
İş vahidi olaraq vahid qüvvənin qüvvə istiqamətində vahid məsafədə gördüyü iş qəbul edilir.

BS-də iş vahidi olaraq 1N qüvvənin düzxətli hərəkətdə 1m yolda gördüyü iş götürülür. Bu vahid 1 Coul adlanır. 1C=1 Nm.

Sabit qüvvənin tə'siri altında S-yolunda görülən A- mexaniki işi qrafik olaraq 1-ci şəkildəki kimi ifadə olunur; yəni sabit qüvvənin gördüyü iş ədədi qiymətcə şəkildə ştrixlənmiş düzbucaqlının sahəsinə bərabərdir.



Şəkil 1.



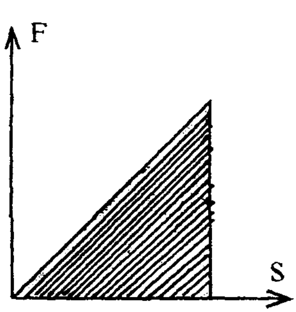
Şəkil 2.

Çox hallarda cismi hərəkətə gətirən qüvvə zamandan asılı olaaq dəyişə bilir. Bu halda işi qrafik olaraq 2-ci şəkildəki kimi gösərmək olar. Belə hərəkətdə mexaniki işi qrafik olaraq hesablamaq ıçün gedilən yolu elə kiçik ΔS elementlərinə ayırmaq lazımdır ki, ıəmin elementar yolda tə'sir edən qüvvəni təqribən sabit qəbul etnək mümkün olsun. Onda ΔS_1 yolunda görülən elementar iş $\Delta A_1 = F_1 \cdot \Delta S_1$ lar. Elementar ΔS_1 yolunda görülən işin ədədi qiyməti şəkildə ştrixlənmiş sahə ilə ifadə edilmişdi. Bu elementar işlərin cəmi isə BC əyrisi ilə absis oxu arasında qalan sahəyə bərabər olar.

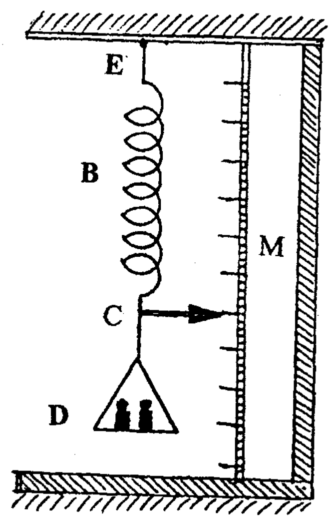
Əgər cismə tə'sir edən qüvvənin qiyməti sıfırdan başlayaraq hər hansı F qiymətinə qədər bərabər olaraq artarsa bu halda görülən iş qrafik olaraq 3-cü şəkildəki ştrixlənmiş üçbucağın sahəsinə bərabər olar. Bu sahə aşağıdakı kimi hesablanır:

$$A = \frac{F \cdot \ell}{2} \qquad (2)$$

Burada F – cismə tə'sir edən qüvvənin son qiyməti, ℓ - isə cismin getdiyi yoldur. Bu qüvvəyə misal olaraq elastiki qüvvəni misal göstərmək olar.. Elastik qüvvənin gördüyü işi hesablamaq üçün istifadə olunan qurğunun prinsipal sxemi 4-cü şəkildə köstərilmişdir. Cihaz E-ştativindən asılmış B-elastiki yayından və yayın aşağı ucuna bərkidilmiş D-tərəzi gözündən ibarətdir.



Şəkil 3.



Şəkil 4.

Yayın ucunda şkala boyunca sərbəst gəzə bilən göstərici ox var-
dır. Tərəzi gözünə P-yükü qoyulduqda yay x-qədər dartılır. Yayı
ızadan yükün onun uzanmasına olan nisbətinə yayın möhkəmlik və
ya elastiklik əmsalı deyilir və k - hərfi ilə işarə olunur.

$$k = \frac{P}{x} \tag{3}$$

ıurada P - tərəzi gözünə qoyulan yükün çəkisidir və R=mg
ıldüğunu nəzərə alsaq yuxarıdakı ifadəni

$$k = \frac{mg}{x} \tag{4}$$

əklində yaza bilərik.

Deformasiya zamanı elastik qüvvənin mütləq qiyməti sıfırla kx
rasında dəyişir . Ona görə də onun modulunun orta qiyməti

$$F = \frac{0 + kx}{2} = \frac{kx}{2}$$

lar.Bu halda yayın x-qədər uzanması zamanı görülən iş

$$A = \frac{Fx}{2} = \frac{kx^2}{2} \tag{5}$$

lar.Əgər k-nın (3)-dəki ifadəsini (5)-də nəzərə alsaq onda yayın de-
ırmasiyası zamanı görülən mexaniki iş üçün aşağıdakı ifadə alınar:

$$A = \frac{kx^2}{2} = \frac{mgx}{2} \tag{6}$$

İşin gedişi.

Tərəzi gözünə yük qoymazdan əvvəl göstərici əqrəbin şkala üzə-
rindəki göstərişini qeyd etməli.

2. Tərəzi gözünə 100 q yük qoyub, əqrəbin göstərişini qeyd etməli. Yükün çəkisini, uyğun uzanmaya bölüb, (4) ifadəsinə görə yayın elastiklik əmsalını $\frac{N}{m}$-lə tə'yin etməli.
3. Yayın sərtlik əmsalını müxtəlif yüklər üçün, tapıb onun orta qiymətini hesablamalı.
4. Yaydan asılmış yükü 100 qramdan 1000 qrama qədər artıraraq ağırlıq qüvvəsi ilə yayın uyğun uzanmaları arasındakı qrafik asılılığı göstərməli.
5. Elastik qüvvənin gördüyü işi (6) ifadəsinə görə hesablamalı.
6. Təcrübənin mütləq və nisbi xətalarını hesablamalı.

II FƏSİL

MOLEKULYAR FİZİKA

LABORATORİYA İŞİ № 1

UNİVERSAL QAZ SABİTİNİN TƏ'YİNİ

əvazimat: mə'lum həcmli kolba, civəli manometr, analitik tərəzi, nasos, birləşdirici rezin borular.

Qısa nəzəri mə'lumat

Verilmiş qaz kütləsinin halı onun təzyiqi P, həcmi V və temeraturu T ilə xarakteriza olunur. Bu kəmiyyətlər qazın hal parametrıri adlanır. *Verilmiş qazın hal parametrləri arasındakı əlaqəni ifadədən tənlik qazın hal tənliyi adlanır.*

Molekulyar-kinetik nəzəriyyənin əsas tənliyindən alınır ki, qan təzyiqi molekulların konsentrasiyası və molekulların irəliləmə ɔrəkətinin orta kinetik enerjisindən asılıdır. Qazın təzyiqinin moleılların konsentrasiyası və temperaturdan asılılığı $P=nkT$ düsturu ı ifadə olunur. Təzyiqin düsturunda konsentrasiya üçün

$$n=\frac{N}{V}=\frac{1}{V}\frac{m}{M}N_A \qquad (1)$$

ıdəsini yerinə yazsaq onda aşağıdakı tənliyi alarıq:

$$PV=\frac{m}{M}k\cdot N_A\cdot T \qquad (2)$$

burada k - Bolsman sabiti, N_A – Avoqadro ədədidir. Bolsman sabiti ilə Avoqadro ədədinin hasili universal qaz sabiti adlanır və bu sabit $R = k \cdot N_A$ kimi ifadə olunur.

Universal qaz sabiti ədədi qiymətcə 1 mol qazı sabit təzyiqdə bir dərəcə qızdırdıqda, onun xarici qüvvələrə qarşı gördüyü işə bərabərdir.

Əgər (2) ifadəsində kN_A – hasili əvəzində R – universal qaz sabitini yazsaq, ixtiyari kütləli ideal qaz üçün alarıq:

$$PV = \frac{m}{M}RT \tag{3}$$

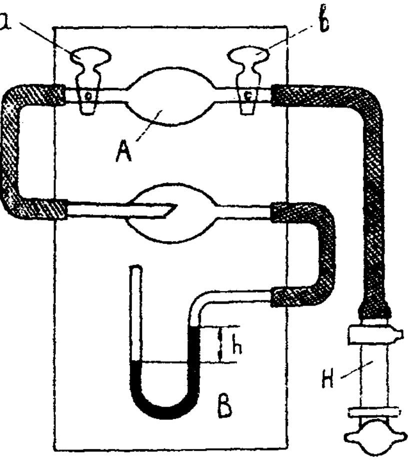
Bu tənlik ideal qazın hal tənliyi adlanır. Tənliyə daxil olan qazın **m**- kütləsindən başqa, bütün kəmiyyətləri təcrübədə birbaşa ölçmək mümkündür. Qazın kütləsini isə onun olduğu qabla birlikdə tapmaq olar. Ancaq bu halda qabın kütləsini kənar etmək lazımdır. Bu məqsədlə verilmiş temperatur və həcm üçün (3) tənliyini m_1 və m_2 kütlələri üçün yazsaq, onda alarıq:

$$\left.\begin{aligned} P_1V &= \frac{m_1}{M}RT \\ P_2V &= \frac{m_2}{M}RT \end{aligned}\right\} \tag{4}$$

Bu ifadələri tərəf-tərəfə çıxıb universal qaz sabitini tapaq.

$$R = \frac{M(P_1 - P_2)V}{(m_1 - m_2)T} \tag{5}$$

Burada m_1-m_2 – qabdakı qazın kütləsinin dəyişməsi olacaq. Onu tapmaq üçün mə'lum həcmi qabdakı havanın təzyiqini və temperaturunu ölçüb, sonra da həmin qabdakı havanın kütləsini qaba



Şəkil 1.

nasosla hava vurmaqla və ya havanı müəyyən dərəcədə sormaqla dəyişmək lazımdır. Hər iki hal üçün uyğun P_1 və P_2 – təzyiqlərini və təcrübənin aparıldığı T-temperaturunu, bilib qabın mə'lum həcminə görə universal qaz sabitini (5) ifadəsinə görə hesablamaq olar. Təcrübə aparmaq üçün istifadə olunan qurğu 1-ci şəkildə göstərilib. Qurğuda xüsusi dayağa ərkidilmiş A - şüşə kolbası çevirici **a** və **b** kranları ilə B – manoıetrinə və sorucu H – nasosa birləşdirilir.

Kolbada müəyyən təzyiq yaratmaq üçün forvakuum nasosunan və ya Kamovski nasosundan istifadə olunur. Qurğuda bə'zən ızyiqi ölçmək üçün qollarında civə olan manometrdən də istifadə unur. Bu halda kolbadakı havanın təzyiqinin P_1-P_2 dəyişməsi maımetrin qollarındakı civənin hündürlükləri fərqi ilə təyin olunur. əzyiqlər fərqi həmçinin $P_1-P_2=\rho gh$ düsturu ilə tə'yin olduğundan (5) ıdəsini aşağıdakı kimi də ifadə etmək olar.

$$R=\frac{M\cdot\rho gh\cdot V}{(m_1-m_2)\cdot T} \qquad (6)$$

rada ρ - manometrdəki civənin sıxlığı, h – civənin sütununun ndürlüklər fərqidir.

İşin gedişi

1. Mə'lum həcmli kolbanın çıxıntılarından rezin borunu çıxarıb kranların açıq vəziyyətində kolbanın hava ilə birlikdə m_1 kütləsin tapmalı.
2. Kolbanı rezin borular vasitəsilə manometr və nasosa birləşdirib kolbanın havasını nasos vasitəsilə sormalı və ya kolbaya hav vurmalı.
3. Təzyiq qərarlaşanda manometrin P_1 - göstərişini qeyd etməli.
4. Balonun uclarındakı **a** və **b** kranlarını bağlayıb, kolbanı rezin bo rulardan azad edib, tərəzidə onun m_2 - kütləsini tə'yin etməl Təcrübədən alınan nəticələri (5) ifadəsində yerinə yazıb unive sal qaz sabitini hesablamalı. Əgər təcrübədə təzyiqi ölçmək üçü U – şəkilli civəli manometrdən istifadə olunarsa onda universa qaz sabitini (6) ifadəsinə görə hesablamaq lazımdır.
5. Təcrübəni təzyiqin müxtəlif qiymətlərində (ən azı üç dəfə) təkra edib, universal qaz sabitinin orta qiymətini tapıb, mütləq və nisb xətaları hesablamalı.

LABORATORİYA İŞİ №2.

QAZLARIN XÜSUSİ İSTİLİK TUTUMLARI NİSBƏTİNİN ($c_p \backslash c_v$) KLEMAN – DEZORM ÜSÜLÜ İLƏ TƏ'YİNİ.

Ləvazimat: Kleman-Dezorm cihazı, mayeli manometr, Kamovski nasosu.

Qısa nəzəri mə'lumat

İstilik mübadiləsi prosesində bir cisimdən o birinə verilən enerji, istilik miqdarı ilə xarakterizə olunur. Təcrübədən mə'lumdur ki, hər bir cismə verilən, yaxud ondan alınan dQ istilik miqdarı, hənin cismin temperaturunun ΔT dəyişməsi ilə düz mütənasibdir.

$$dQ = cm \cdot \Delta T$$

Burada m – verilmiş cismin kütləsi, c – xüsusi istilik tutumudur. *Xüsusi istilik tutumu 1 kq maddəni 1 dərəcə qızdırmaq üçün lazım olan istilik miqdarıdır* və BS-də $\frac{C}{kq \cdot K}$ - ilə ölçülür.

1 mol maddəni 1 dərəcə qızdırmaq üçün lazım olan istilik miqdarı molyar istilik tutumu adlanır.

$$C_m = \frac{dQ}{\nu dT}$$

Burada ν- molların sayıdır. Molyar istilik tutumu BS-də $\frac{C}{mol \cdot K}$ ə ölçülür.

Qazların istilik tutumu onların qızma şəraitindən (yə'ni sabit həcmdə və ya sabit təzyiqdə) asılıdır. Əgər qaz sabit həcmdə qızdırılarsa, onda xarici qüvvələrə qarşı iş görülmədiyindən, termodinamikanın birinci qanuna görə sistemə verilən istilik miqdarı bütünlükdə sistemin daxili enerjisinin dəyişməsinə sərf olunur. Sabit həcmdə qızdırılan bir mol qaz üçün termodinamikanın birinci qanununu aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$dQ = dU_m = \frac{i}{2}RdT \qquad (1)$$

burada dQ - sistemə verilən istilik miqdarı, dU_m -daxili enerjinin dəyişməsi, R - universal qaz sabiti, dT- temperaturun dəyişməsi, i - sərbəstlik dərəcələrinin sayıdır. Bir atomlu qaz üçün i=3, ikiatomlu qaz üçün i=5, çoxatomlu qaz üçün isə i=6-dır. Sabit həcmdə baş verən proses üçün istilik tutumu

$$s_v = \left(\frac{dU_m}{dT}\right)_v = \frac{i}{2}R \qquad (2)$$

olar.

Qaz sabit təzyiqdə qızdırıldıqda isə genişlənir və xarici qüvvələrə qarşı müəyyən iş görür. Bu halda qazı bir dərəcə qızdırmaq üçün sabit həcmdəki prosesə nisbətən daha çox istilik miqdarı tələb olunacaqdır, çünki sabit təzyiqdə sistemə verilən istilik miqdarı sistemin daxili enerjisinin artmasına və xarici qüvvələrə qarşı görülən işə sərf olunur. Ona görə də sabit təzyiqdəki istilik tutumu c_p sabit həcmdəki istilik tutumu c_v -dən böyük olar. Termodinamikanın birinci qanununu *sabit təzyiqdə* bir mol qaz üçün aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$dQ = dU_m + pdV_m \qquad (3)$$

(3) ifadəsindən sabit təzyiqdəki istilik tutumu üçün alarıq:

$$c_p = \frac{dQ}{dT} = \frac{dU_m}{dT} + p\left(\frac{dV_m}{dT}\right)_p$$

və ya

$$c_p = c_v + p\left(\frac{dV_m}{dT}\right)_p \tag{4}$$

Bu ifadədə $p\left(\frac{dV_m}{dT}\right)_p$ - sabit təzyiqdə bir mol qazı bir dərəcə qızdırdıqda onun həcminin dəyişməsidir. Onu Mendeleyev-Klapeyron tənliyinə görə təyin edək

$$V_m = \frac{RT}{p} \quad \text{və ya} \quad \left(\frac{dV_m}{dT}\right)_p = \frac{R}{p} \tag{5}$$

Alınan (5) ifadəsini (4)-də nəzərə alsaq onda alarıq:

$$c_p = c_v + R \quad \text{və ya} \quad c_p = \frac{i+2}{2}R \tag{6}$$

Sabit təzyiqdəki istilik tutumunun sabit həcmdəki istilik tutumuna olan nisbəti γ ilə işarə olunur:

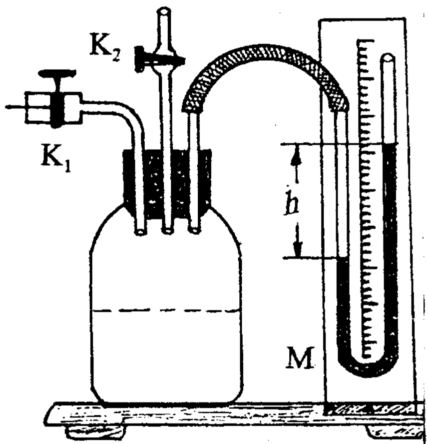
$$\frac{c_p}{c_v} = \gamma$$

γ - kəmiyyəti molekulun quruluşundan asılı olub, adiabatik (Q=const) prosesi xarakterizə edən Puasson tənliyinə daxildir. *Xariclə heç bir istilik mübadiləsi olmadan baş verən termodinamik proses adiabatik proses adlanır.* Adiabatik proses üçün təzyiq və həcm arasında aşağıdakı kimi asılılıq vardır.

$$p_1V_1^\gamma = p_2V_2^\gamma \tag{7}$$

Burada p_1V_1, və p_2V_2 adiabatik prosesdə qazın iki müxtəlif hallarına uyğun təzyiq və həcmdir. Qazların xüsusi istilik tutumlarını xarakterizə edən γ - kəmiyyətini tə'yin etmək üçün istifadə olunan ən sadə üsullardan biri Kleman və Dezorm üsuludur. bu məqsədlə təcrübədə istifadə olunan qurğunun sxemi 1-ci şəkildə göstərilmişdir.

Qurğu şüşə balona birləşdirilmiş M manometrdən, Kamovski nasosundan və şüşə kranlardan ibarətdir. K_1 kranı balonu nasosla, K_2 kranı isə balonu atmosferlə birləşdirmək üçündür. Nasos vasitəsilə balona müəyyən miqdarda hava vurulduqda balondakı havanın təzyiqi və temperaturu dəyişir. Müəyyən müddətdən sonra (2-3 dəqiqə) balondakı havanın temperaturu ətraf mühitin temperaturu ilə bərabərləşir. Bu halda balondakı havanın təzyiqi isə xarici atmosfer təzyiqindən hidrostatik təzyiq qədər çox olacaqdır:



Şəkil 1.

$$P_1=P_0+h_1$$

burada P_0- atmosfer təzyiqi, h_1- manometrdəki maye sütunlarının fərqidir. Civə sütununun təzyiqi onun h- hündürlüyü ilə tə'yin olunduğundan əlavə təzyiqi də şərti olaraq h-la göstərək. Manometrdə maye sütunlarının səviyyələri qərarlaşdıqdan sonra K_2 kranını ani olaraq açıb, balonu atmosferlə birləşdirək və tez də bağlayaq. Bu zaman balondakı qazın təzyiqi xarici atmosfer təzyiqinə qədər aşağı düşəcəkdir (P_2=P_0). Proses ani getdiyindən bunu adiabatik proses kimi qəbul etmək olar (adiabatik genişlənmə). Ona görə adiabatik genişlənmə zamanı qaz soyuyur və temperaturu ətraf mühitin temperaturundan aşağı düşür. Lakin kranı bağladıqdan 2-3 dəqiqə sonra qazın temperaturu ətraf mühitin temperaturuna qədər, təzyiqi isə P_0-dan P_3 –ə qədər artır. Bu halda balondakı təzyiq

$$P_3=P_0+h_2$$

olar. Təcrübənin başlanğıc və sonunda qazın temperaturunun eyni olduğunu nəzərə alıb Boyl-Mariot qanununa görə yaza bilərik:

$$P_1V_1 = P_3V_2 \qquad (8)$$

(7) və (8) ifadələrini γ - əmsalına görə həll edib P_1 və P_2 təzyiqlərinin uyğun ifadələrini nəzərə alsaq:

$$\gamma = \frac{ln(P_0 + h_1) - ln\,P_0}{ln(P_0 + h_1) - ln(P_1 + h_2)} \qquad (9)$$

sonuncu ifadədə $ln(P_0+h_1)$ və $ln(P_0+h_2)$ həddlərini Teylor sırasına ayırıb yalnız birinci həddlə kifayətlənsək, onda alarıq:

$$ln(P_0 + h_1) = ln\,P_0 + \frac{h_1}{P_0}$$
$$ln(P_0 + h_2) = ln\,P_0 + \frac{h_2}{P_0} \qquad (10)$$

(10) ifadələrini (9)-da nəzərə alıb, müəyyən sadələşmə apararaq qazların xüsusi istilik tutumları nisbəti üçün aşağıdakı ifadəni alarıq:

$$\gamma = \frac{h_1}{h_1 - h_2} \qquad (11)$$

Alınan ifadədən görünür ki, γ-nı tə'yin etmək üçün adiabatik genişlənməyə qədər qazın üzərindəki əlavə təzyiqi və sabit həcmdə qazın qızması zamanı qaz üzərindəki əlavə təzyiqi bilmək lazımdır. Bu əlavə təzyiqlər M - manometrinin köməyilə ölçülür və maye sütunlarının uyğun hündürlükləri fərqinə bərabərdir.

İşin gedişi

1. C - balonuna nasos vasitəsilə hava doldurub balondakı havanın təzyiqini 15-25 sm su sütunu qədər artırıb, K_1 kranını bağlamalı. Manometrdə mayenin qərarlaşmasını gözləyib səviyyələr fərqini (h_1) qeyd etməli.
2. Ani olaraq K_2 kranını açmalı, balondakı havanı atmosferlə əlaqələndirib sonra kranı bağlamalı. Proses adiabatik genişlənmə prosesi olduğundan, bu zaman qaz soyuyur və onun temperaturu azalır, 2-3 dəqiqə gözlədikdən sonra balondakı havanın temperaturu yüksəlir və ətraf mühitin temperaturuna bərabər olur. Bu zaman manometrdə yaranan təzyiqlər fərqini (h_2) qeyd etməli.
3. h_1 və h_2 üçün alınan qiymətləri (11) ifadəsində yazıb $\gamma = \frac{c_p}{c_v}$ nisbətini hesablamalı.
4. Təcrübəni 8-10 dəfə təkrar edib bu nisbət üçün orta qiymət tapıb, mütləq və nisbi xətaları orta qiymətə görə hesablamalı.

LABORATORİYA İŞİ № 3

Mayelərin xüsusi buxarlanma istiliyinin kalorometr vasitəsilə təyini

vazimat: kalorimetr, buxartutan-kondensator, buxarhasiledici qab, elektrik qızdırıcısı, tərəzi, çəki daşları, termometr, su çəkən kağız, birləşdirici rezin borular.

Qısa nəzəri mə'lumat.

Maddənin maye haldan qaz halına keçməsi prosesi *buxarlan-* ı, əksinə qaz halından maye halına keçmə prosesi *kondensasiya* lanır.

Xaotik hərəkət edən maye molekullarının toqquşması zamanı 'zi molekullar ətrafında digər molekulların orta kinetik enerjilərin- n böyük enerji qazanırlar. Nəticədə belə böyük enerjili molekullar dakı cazibə qüvvəsinə üstün gələrək mayeni tərk edirlər.

Ona görə də mayedə qalan molekulların orta kinetik enerjisi ılır və maye soyuyur. Müəyyən miqdarda mayeni sabit tempera- da buxara çevirmək üçün molekulların cazibə qüvvəsinə və qa- təzyiq qüvvəsinə qarşı müəyyən iş görmək lazımdır. Bu məq- lə mayeyə buxarlanma istiliyi vermək lazımdır.

Sabit temperaturda mayenin vahid kütləsini buxara çevir- k üçün lazım olan istilik miqdarına xüsusi buxarlanma istiliyi *deyilir və r ilə işarə olunur. Beynalxalq vahidlər sistemində xüsusi buxarlanma istiliyi* $\frac{C}{kg}$ *-la ölçülür.*

$$Q = rm \quad \text{və ya} \quad r = \frac{Q}{m}$$

burada Q- buxarlanma istiliyi, m-mayenin kütləsi, r-isə xüsusi buxarlanma istiliyidir.

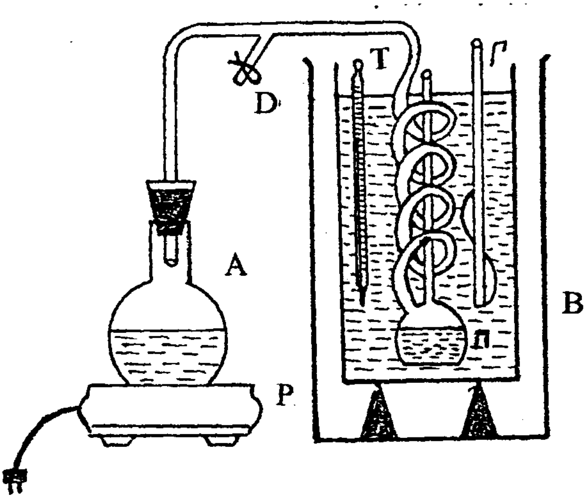
Buxarlanmanın sür'əti mayenin növündən, onun üzərindəki qazın təzyiqidir və maye səthindən olan hava axınından asılıdır. Xarici təziq artdıqca buxarlanmanın sür'əti azalır. Yəni mayedən çıxan molekulların sayı azalır. Buxarlanma prosesi ilə yanaşı əks proses də, yəni buxar molekullarının mayeyə qayıtması prosesi də mövcuddur. Buxar mayeyə çevrilərək kondensasiya edir. Müəyyən halda maye ilə buxar arasında dinamik tarazlıq yaranır.

Öz mayesi ilə dinamik tarazlıqda olan belə buxar doymuş buxar adlanır. Doymuş buxarın təzyiqi temperatur artdıqca ideal qazın təzyiqinə nisbətən daha sür'ətlə artır.

Öz mayesi ilə dinamik tarazlıqda olmayan buxar doymamış buxar adlanır. Belə buxarı sıxmaq və yaxud izoxorik soyutma yolu ilə doymuş buxara çevirmək olar. Eyni temperaturda doymamış buxarın sıxlığı doymuş buxarın sıxlığından kiçikdir.

Qaynama temperaturunda buxarlanan mayenin temperaturu sabit qalır. Ona görə də laboratoriya şəraitində xüsusi buxarlanma istiliyini mayenin qaynama temperaturunda təyin edirlər. *Təcrübədən mə'lumdur ki, m- kütləli mayeni sabit temperaturda buxara çevirmək üçün ona verilən istilik miqdarı həmin buxarı maye halına qay-*

tararkən ondan alınan istilik miqdarına bərabərdir. Ona görə də müəyyən miqdarda buxarın mayeləşməsi zamanı verdiyi istilik miqdarına əsasən xüsusi buxarlanma istiliyini hesablamaq mümkündür. Deməli, xüsusi buxarlanma istiliyini təyin etmək üçün buxarlanan mayenin kütləsini (və ya mayeyə çevrilən buxarın kütləsini) və bu buxar mayeyə çevrilərkən verdiyi istilik miqdarını bilmək lazımdır. Mayenin xüsusi buxarlanma istiliyini 1-ci şəkildəki təcrübi qurğunun köməyi ilə təyin etmək olar.



Şəkil 1.

ırada A- kolbasında yaranan, t- temperaturlu buxar boru vasitəsi B qabına-kondensatora daxil olaraq qabda mayeləşir.

Buxar B - kondensatorundan keçərək mayeləşərək kondensa- - su sistemini qızdırır. Müəyyən müddətdən sonra mayeləşən buxarla kolorimetr-su sistemi arasında tarazlıq yaranır. Tarazlıq halına uyğun temperaturu θ ilə işarə edək. Buxarın və buxardan əmələ gələn mayenin verdiyi istilik miqdarı istilik balansı tənliyinə görə kalorimetr və ondakı suyun aldığı istilik miqdarına bərabər olmalıdır. Fərz edək ki, m - kütləli buxar t_2 - temperaturundan soyudularaq θ - temperaturlu mayeyə çevrilmişdir. Bu halda buxarın mayeləşərək verdiyi istilik miqdarı

$$Q_1=rm+mc_1(t_2-\theta) \qquad (1)$$

olar. Burada birinci hədd m-kütləli buxarın t_2- temperaturlu mayeyə çevrilməsi zamanı, ikinci hədd isə həmin mayenin t_2- temperaturundan θ-temperaturuna qədər soyuduqda verdiyi istilik miqdarıdır. Bu halda kalorimetr sisteminin aldığı istilik miqdarı

$$Q_2=(m_1c_1+m_2c_2)(\theta-t_1) \qquad (2)$$

olar. Burada m_1, m_2- kalorimetrdəki suyun və kalorimetrin kütlələri c_1 və c_2 isə uyğun olaraq suyun və kalorimetrin xüsusi istilik tutumlarıdır.

Enerjinin saxlanma qanununa görə yaza bilərik: $Q_1=Q_2$. Buradan isə suyun xüsusi buxarlanma istiliyi üçün alarıq.

$$r=\frac{(m_1c_1+m_2c_2)(\theta-t_1)-mc_1(t_2-\theta)}{m} \qquad (3)$$

Sonuncu ifadəsindən istifadə edərək suyun xüsusi buxarlanma istiliyini tə`yin etmək olar.

İşin gedişi

1. Kalorimetrin daxili köynəyinin m_1- kütləsini tərəzidə çəkməli.
2. Boş kondensatorun m_0- kütləsini tərəzidə təyin etməli.
3. Kondensatoru kalorimetrə salıb, onu örtənə qədər su tökməli və sistemin M-kütləsini tapdıqdan sonra $m_2=M-m_1-m_0$- ifadəsinə görə suyun kütləsini tapmalı.
4. Kalorimetrdəki suya termometr salıb suyun başlanğıc t_1- temperaturunu ölçməli.
5. A-kolbasının yarısına qədər su töküb, suyu qaynadaraq buxarlandırmalı.
6. Kondensatora toplanan maye onu doldurmamış buxarı kəsib kalorimetr-su sisteminin son temperaturunu (θ) qeyd etməli.
7. Kondensatoru kalorimetrdən çıxarıb onun su ilə birlikdə kütləsini tə`yin edib, sonra onun xəzinəsinə toplanan suyun m-kütləsini hesablamalı.
8. Kalorimetrin daxili qabının və suyun xüsusi istilik tutumlarını (c_1 və c_2) laboratoriya cədvəlindən götürməli.
9. Hesablamada buxarın temperaturunu qaynamaqda olan suyun temperaturuna bərabər ($t_2=100^0$ C) götürməli.
10. Tapılan qiymətləri (3) ifadəsində yazıb, suyun xüsusi buxarlanma istiliyini tapıb, təcrübənin mütləq və nisbi xətalarını hesablamalı.

LABORATORİYA İŞİ № 4

MAYELƏRİN HƏCMİ GENİŞLƏNMƏ ƏMSALININ DÜLONQ-PTİ ÜSULU İLƏ TƏ'YİNİ

Ləvazimat: *Dülonq-Pti cihazı, axar su kəməri, buxar hasiledici qab, elektrik qızdırıcısı, rezin boru, termometr, xətkeş, tədqiq olunan maye.*

Qısa nəzəri mə'lumat

Təcrübə göstərir ki, müxtəlif növ mayelərin həcmləri temperaturdan asılı olaraq müxtəlif cür dəyişir. Məsələn, bərabər həcmə malik iki müxtəlif maye eyni şəraitdə qızdırıldıqda onların həcmi genişlənmələri fərqli olur. Mayelərin həcmi genişlənməsini xarakterizə etmək üçün həcmi genişlənmə əmsalından istifadə olunur. Təcrübədə mayelərin həcmi genişlənmə əmsalını tə'yin etmək üçün əlverişli üsullardan biri Dülonq və Ptinin təklif etdikləri birləşmiş qablar üsuludur.

Mayelərin həcminin temperaturdan asılı olaraq dəyişməsi həcmin termik əmsalı ilə xarakterizə olunur və β - ilə işarə olunur. Fərz edək ki, tədqiq olunan mayenin 0^0C temperaturundakı həcmi V_0 və t^0C –dəki həcmi isə V-dir. Onun həcmi genişlənmə əmsalı

$$\alpha = \frac{V - V_0}{V_0 \cdot t} \qquad (1)$$

olar. Buradan:

$$\frac{V}{V_0} = 1 + \alpha t \tag{2}$$

Mə'lumdur ki, birləşmiş qablarda müxtəlif mayelərin hündürlükləri nisbəti onların sıxlıqları nisbəti ilə tərs mütənasibdir.

$$\frac{h}{h_0} = \frac{\rho_0}{\rho} \tag{3}$$

burada h_0 – hündürlüyü, ρ_0 – sıxlıqlı mayenin, h – isə ρ - sıxlıqlı mayenin hündürlüyüdur.

Yuxarıdakı ifadədən istifadə edərək en kəsiyinin sahəsi eyni olan birləşmiş qablarda mayelərin həcmləri və sıxlıqları arasında aşağıdakı əlaqəni yazmaq olar:

$$\frac{V}{V_0} = \frac{\rho_0}{\rho} \tag{4}$$

(4) və (3) ifadələrinin müqayisəsindən

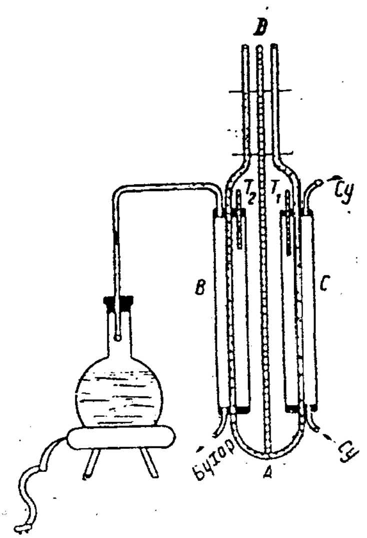
$$\frac{V}{V_0} = \frac{h}{h_0} \tag{5}$$

alınır: Sonuncu ifadəni (2)-də nəzərə alıb, müəyyən sadələşmə aparsaq onda mayelərin həcmi genişlənmə əmsalı üçün alınar:

$$\alpha = \frac{h - h_0}{h_0 \cdot t} \tag{6}$$

Təcrübə zamanı adətən maye 0^0C-dən deyil otaq temperaturundan qızdırıldığından həcmi genişlənmə əmsalını aşağıdakı düsturla hesablamaq əlverişlidir:

$$\alpha = \frac{h_2 - h_1}{h_1 t_2 - h_2 t_1} \qquad (7)$$



Şəkil 1.

Burada h_1 – otaq temperaturunda, h – su buxarı temperaturunda birləşmiş qabdakı mayenin hündürlükləri, t_1 – otaq temperaturu, t_2 – isə su buxarının temperaturudur.

Mayelərin həcmi genişlənmə əmsalını tə'yin etmək üçün istifadə olunan cihazın quruluşu 1-ci şəkildə göstərilib. Birləşmiş qabın (B) qollarına silindrik şüşə qab geydirilir və qabların hər iki ucuna iki deşikli rezin tıxac keçirilir. Deşiklərin birinə termometr qoyulur, digərindən isə su və ya buxar buraxılır. Qablardan biri şərti olaraq soyuducu, o biri isə qızdırıcı adlanır. Maye sütunlarının hündürlükləri silindrik qablar arasındakı xətkeşlə ölçülür.

İşin gedişi

1. Tədqiq olunan maye birləşmiş qaba tökülərək maye sütunlarının səviyyələri müəyyən edilir.
2. Soyuducudan rezin boru ilə müəyyən müddət su buraxılır.

3. Buxar hasiledicidən rezin boru ilə qızdırıcıya 10-15 dəqiqə su buxarı buraxılır və birləşmiş qabın hər iki qolundakı maye sütununun səviyyələri xətkeşlə ölçülərək h_1 və h_2 tə'yin edilir.
4. Silindrik qablara salınmış termometrlə qızdırıcı və soyuducunun temperaturları ölçülür.
5. Alınan nəticələri (7) düsturunda yazaraq tədqiq olunan mayenin həcmi genişlənmə əmsalı hesablanır.
6. Mayelərin həcmi genişlənmə əmsalının müxtəlif temperaturda maye sütununun müxtəlif hündürlüyü üçün tə'yin edib nisbi və mütləq xətaları hesablamalı.

LABORATORİYA İŞİ № 5

Mayelərin xüsusi istilik tutumunun kalorimetr vasitəsilə təyini

Qısa nəzəri mə'lumat.

Cismi təşkil edən atom və molekulların nizamsız hərəkətinin orta kinetik enerjisi ilə qarşılıqlı tə'sir potensial enerjilərinin cəmi daxili enerji adlanır. Cismə xaricdən müəyyən qədər istilik miqdarı verdikdə onun temperaturu, eləcə də daxili enerjisi dəyişir. Eyni kütləli müxtəlif cisimləri eyni şəraitdə bir dərəcə qızdırmaq üçün lazım olan istilik miqdarı müxtəlifdir. Cisimlərin belə xassələrini xarakterizə etmək üçün "*istilik tutumu*" anlayışından istifadə olunur.

Maddənin temperaturunu bir dərəcə artırmaq üçün lazım olan istilik miqdarına istilik tutumu deyilir. Maddəyə Q qədər istilik miqdarı verildikdə onun temperaturu ΔT qədər dəyişirsə, onda istilik tutumu aşağıdakı kimi tə'yin olunur:

$$C = \frac{Q}{\Delta T} \qquad (1)$$

Maddənin istiik xassələrini xarakterizə etmək üçün həmçinin xüsusi istilik tutumu və molyar istilik tutumundan da istifadə olunur.

Vahid kütləli maddəni bir dərəcə qızdırmaq üçün lazım olan istilik miqdarına xüsusi istilik tutumu deyilir.

$$c = \frac{Q}{m\Delta T} \qquad (2)$$

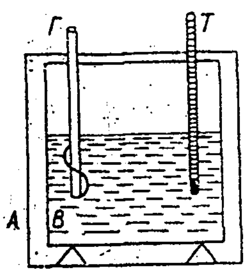
Bir mol maddəni bir dərəcə qızdırmaq üçün lazım olan istilik miqdarı molyar istilik tutumu adlanır. Molyar istilik tutumu xüsusi istilik tutumundan maddənin molekul çəkisini göstərən ədəd dəfə böyükdür.

$$C_\mu = \mu c \qquad (3)$$

burada C_μ - molyar istilik tutumu, c- xüsusi istilik tutumu, μ - maddənin molekul çəkisidir. Xüsusi istilik tutumunun vahidi $\frac{C}{kg \cdot K}$, molyar istilik tutumunun vahidi isə $\frac{\mathrm{C}}{\mathrm{mol \cdot K}}$ -dir.

Maddələri sabit həcmdə və sabit təzyiqdə qızdırmaq olar. Qızma şəraitindən asılı olaraq onların istilik tutumları müxtəlif olur. Bunlara sabit həcmdəki və sabit təzyiqdəki istilik tutumları deyilir. Xüsusi istilik tutumunu və molyar istilik tutumunu həm sabit həcmdə, həm də sabit təzyiqdə tə'yin etmək mümükündür.

Təcrübədə xüsusi istilik tutumu kalorimetr adlanan cihazla ölçülür. 1-ci şəkildə kalorimetrin prinsipial quruluşu verilib. Kalorimetr biri digərinin içərisinə qoyulmuş və bir-birindən təcrid edilmiş iki silindrik qabdan (A və B) ibarətdir. Bu qabların divarları arasında hava, oturacaqları arasında isə istiliyi pis keçirən maddədən hazırlanmış dayaq olur. Kalorimetrin daxili qabına su və ya tədqiq olunacaq maye tökülür.



Şəkil 1.

Maddənin vahid kütləsini sabit həcmdə bir dərəcə qızdırmaq üçün lazım olan istilik miqdarı həmin maddənin sabit həcmdəki xüsusi istilik tutumu adlanır və c_v ilə işarə olunur.

Eyni proses sabit təzyiqdə aparılarsa, onda verilən istilik miqdarı ilə xarakterizə olunan kəmiyyət həmin maddənin sabit təzyiqdəki xüsusi istilik tutumu adlanır və c_p ilə işarə olunur. Sabit təzyiqdəki xüsusi istilik tutumu həmin maddənin sabit həcmdəki xüsusi istilik tutumundan qiymətcə böyük olur: çünki, cisim sabit həcmdə bir dərəcə qızdırıldıqda ona verilən istilik miqdarı yalnız onun daxili enerjisinin artmasına, sabit təzyiqdə bir dərəcə qızdırıldıqda isə həm daxili enerjisinin eyni qədər artmasına, həm də genişlənərkən xarici qüvvələrə qarşı görülən işə sərf olunur.

Çalışma 1. Mayelərin xüsusi istilik tutumunun kalorimetr vasitəsilə tə'yini.

Ləvazimat: *xüsusi istilik tutumu tə'yin ediləcək maye, kalorimetr, qarışdırıcı, qızdırıcı su hamamı, xüsusi istilik tutumu mə'lum olan bərk cisim, civəli termometr, tərəzi və çəki daşları, qızmış bərk cismi tutmaq üçün maşa, menzurka.*

Ölçü üsulu.

Kalorimetrin eyni materialdan hazırlanmış qarışdırıcı ilə birlikdə kütləsi m_1, xüsusi istilik tutumu c_1 olsun. Xüsusi istilik tutumu c_x olan mayedən m qram çəkib, kalorimetrə töksək, bir neçə dəqiqədən sonra onların temperaturları bərabərləşəcəkdir. Bu temperaturu t_1 ilə işarə edək. Sonra xüsusi istilik tutumu (c_2) mə'lum olan m_2 kütləli bərk cismi buxar hamamında t_2 temperaturuna qədər qızdıraraq, gecikdirmədən maşa ilə kalorimetrdəki maye içərisinə salmalı. Bu halda qızdırılmış cisim kalorimetr sisteminə müəyyən istilik miqdarı verərək soyuyur, kalorimetr sistemi isə həmin istilik miqdarına alaraq qızır. Bu proses temperaturlar bərabərləşənə qədər davam edir. Kalorimetr sisteminin son temperaturunu θ ilə işarə edək. Şüalanma və başqa yolla verilən az miqdarda istilik itkisini nəzərə almasaq, enerjinin saxlanması qanununa görə soyuyan m_2-kütləli bərk cismin verdiyi istilik miqarı

$$Q_1 = m_2 c_2 (t_2 - \theta) \qquad (4)$$

kalorimetr sisteminin (qab, maye, termometr) aldığı istilik miqdarına

$$Q_2 = (m_2 c_1 + m c_x)(\theta - t_1) \qquad (5)$$

bərabər olmalıdır. Burada c_1 – kalorimetrin, c_x – tədqiq olunan mayenin xüsusi istilik tutumları, m_1 və m - uyğun olaraq kalorimetrin və mayenin kütlələridir. İstilik balansı tənliyinə görə $Q_1=Q_2$ bərabərlik şərtindən alarıq:

$$m_2 c_2 (t_2 - \theta) = (m_1 c_1 + m c_x)(\theta - t_1) \qquad (6)$$

Onda tədqiq olunacaq mayenin xüsusi istilik tutumu:

$$c_x = \frac{m_2 c_2 (t_2 - \theta) - m_1 c_1 (\theta - t_1)}{m(\theta - t_1)} \qquad (7)$$

İşin gedişi

1. Xüsusi istilik tutumu mə'lum olan bərk cismin kütləsini (m_2) tə'yin edib buxar hamamında 100^0C-yə qədər qızdırmalı.
2. Kalorimetrin daxili stəkanının kütləsini (m_1) tə'yin etməli.
3. Tədqiq olunan mayeni kalorimetrə töküb və kalorimetrlə birlikdə tərəzidə mayenin kütləsini (m) tapmalı.
4. Kalorimetr-maye sisteminin ilk temperaturunu (t_1) ölçdükdən sonra qızdırılan bərk cismi ora daxil edib və qarışığın temperaturunu (θ) termometrlə ölçməli.
5. Kalorimetrin və bərk cismin xüsusi istilik tutumlarının qiymətini cədvəldən götürməli.
6. Alınan və cədvəldən götürülən qiymətləri (7) düsturunda yazılaraq tədqiq olunan mayenin xüsusi istilik tutumu (c_x) hesablanır.
7. Xüsusi istilik tutumunun nisbi $\left(\frac{\Delta c_x}{c_x}\right)$ və mütləq (Δc_x) xətalarını hesablamalı.

LABORATORİYA İŞİ № 6

Bərk cisimlərin xüsusi istilik tutumunun kalorimetr vasitəsilə təyini

Ölçü üsulu.

Təcrübə zamanı kalorimetrin daxili stəkanını kütləsi (m_1) tərəzidə dəqiq tə'yin edilir və ona xüsusi istilik tutumu mə'lum olan maye tökülür. Kalorimetrin su ilə birlikdə kütləsi m' olarsa, onda kalorimetrdəki suyun kütləsi $m_2=m'-m_1$ olar.

Tədqiq olunan cismin xüsusi istilik tutumu c_x kütləsi m, temperaturu t, kalorimetr-su sisteminin ilk temperaturu t_1 olsun. Xüsusi istilik tutumu tə'yin olunan qızmış cismi kalorimetrə salaraq suyu qarışdırdıqdan sonra qarışığın temperaturunu θ ilə işarə edək. Onda istilik mübadiləsi zamanı cismin verdiyi istilik miqdarı

$$Q = mc(t-\theta) \tag{8}$$

kalorimetrin su ilə birlikdə aldığı istilik miqdarı isə uyğun olaraq:

$$Q_1 = m_1c_1(\theta - t_1) + m_2c_2(\theta - t_1) \tag{9}$$

və ya

$$Q_1 = (m_1c_1 + m_2c_2)(\theta - t_1) \tag{10}$$

olar. Burada c_1 – kalorimetrin, c_2 – suyun, xüsusi istilik tutumu, m_1 və m_2 olaraq kalorimetrin və suyun kütləsidir. İstilik mübadiləsi zamanı istilik itkisini nəzərə almasaq, onda $Q=Q_1$, yaza bilərik. Bu halda istilik balansı tənliyinə görə:

$$mc(t-\theta)=(m_1c_1+m_2c_2)(\theta-t_1)$$

Buradan isə bərk cismin xüsusi istilik tutumu üçün alarıq:

$$c=\frac{(m_1c_1+m_2c_2)(\theta-t_1)}{m(t-\theta)} \qquad (11)$$

İşin gedişi.

1. Tədqiq olunan bərk cismin kütləsi (m) dəqiq tə'yin olunaraq, buxar hamamında $t=100^0C$-yə qədər qızdırılır.
2. Kalorimetrin kütləsi (m_1) tə'yin olunduqdan sonra, onu yarasına qədər su ilə doldurub, tərəzidə yenidən çəkib və ondakı suyun kütləsi (m_2) tapılır.
3. Kalorimetrdəki suyun ilk temperaturu (t_1) ölçüldükdən sonra 100^0C -yə qədər qızdırılan cisim kalorimetrə salınaraq qarışdırılır və qarışığın son temperaturu (θ) termometrlə ölçülür.
4. Təcrübədən alınan qiymətləri və cədvəldən götürülən sabitləri (11) ifadəsində yerinə yazaraq, bərk cismin xüsusi istilik tutumu (c_x) hesablanır.
5. Xüsusi istilik tutumu üçün nisbi $\left(\frac{\Delta c}{c}\right)$ və mütləq (Δc) xətalarını hesablamalı.

LABORATORİYA İŞİ № 7

Ostvald viskozometri vasitəsilə mayelərin daxili sürtünmə əmsalının təyini.

əvazimat: Ostvald kapilyar viskozimetri, ştativ, temperaturu sabit saxlamaq üçün içərisində su olan iri şüşə qab, yaxud termostat, termometr, qarışdırıcı, rezin boru, etalon maye və ya təmiz su, tədqiq olunan maye, sorma nasosu, saniyəölçən, qıf.

Qısa nəzəri mə'lumat

Real mayelərdə maye təbəqələri bir-birinə nisbətən müxtə- sür'ətlə hərəkət etdikdə bu təbəqələr arasında sürtünmə qüvvəsi eydana çıxır. Yaranan qüvvənin nəticəsində mayenin sür'ətli təbəısi yavaş hərəkət edən təbəqəsinin sür'ətini artırmağa, yavaş r'ətlə hərəkət edən təbəqə isə böyük sür'ətli təbəqənin sür'ətini altmağa çalışır.

Müxtəlif sür'ətlə hərəkət edən maye təbəqələri arasında ıələ gələn belə qüvvəyə daxili sürtünmə qüvvəsi deyilir. Daxili rtünmə qüvvəsi bir-birinə sürtünən maye təbəqələrinə toxunan iqamətdə yönəlir.

Təcrübələr göstərir ki, verilmiş temperaturda daxili sürtünmə vvəsinin qiyməti sürtünən səthin sahəsi (S) və maye təbəqələri arasında yaranan sür'ət qradienti ($\Delta\upsilon/\Delta x$) ilə mütənasibdir. *Hərəkət edən mayenin ixtiyari iki təbəqəsinin sür'ətləri fərqinin ($\Delta\upsilon$) bu təbəqələr arasında məsafəyə (Δx) olan nisbəti ilə xarakterizə olunan kəmiyyətə sür'ət qradienti deyilir.* Sür'ət qradienti maye axınına perpendikulyar istiqamətdə vahid məsafədə sür'ət dəyişməsini xarakterizə edir. Sür'ət qradienti vektor kəmiyyətdir.

Mayelərin daxili sürtünmə qüvvəsi aşağıdakı düsturla ifadə olunur:

$$f = \eta \frac{\Delta\upsilon}{\Delta x} S, \qquad (1)$$

burada mütənasiblik əmsalı olan η daxili sürtünmə əmsalı və ya özlülük əmsalı adlanır. η- nın qiyməti mayenin növündən, onun temperaturundan və təzyiqdən asılıdır.

Mayenin daxili sürtünmə əmsalını təcrübi yolla tə'yin etmək üçün müxtəlif üsullar var. Ən çox yayılmış üsül kapillyar boruda mayenin (Puazeyl qanununa əsasən) və bərk cismin mayedə (Stoks qanununa əsasən) hərəkətinə əsaslanır. Mayelərin daxili sürtünmə əmsalı Ostvald viskozimetri vasitəsilə aşağıdakı kimi tə'yin edilir.

Fərz edək ki, daxili sürtünmə əmsalı η_0 və həcmi V olan maye, uzunluğu ℓ və daxili radiusu r olan kapillyar borudan τ_0 müddətinə axır. Bu hal üçün Puazeyl qanununa görə axan mayenin həcmi aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$V = \frac{\pi r^4 (P_1 - P_2)\tau_0}{8\eta_0 l} \qquad (2)$$

burada (P_1-P_2) - kapillyar borunun uclarındakı təzyiqlər fərqidir. Həmin borudan daxili sürtünmə əmsalı η olan eyni həcmdə başqa maye axsa, onun axmasına sərf olunan zaman τ, mayenin həcmi isə

$$V = \frac{\pi r^4 (P'_1 - P'_2)\tau}{8\eta l} \tag{3}$$

olacaqdır. Burada (P'_1-P'_2) ikinci maye olan halda kapillyar borunun uclarında təzyiqlər fərqidir. (2) və (3) ifadələrinin sol tərəfləri bərabər olduğundan sağ tərəfləri də bərabər olar. Həmin bərabərlikdən alınır.

$$\eta = \eta_0 \frac{(P_1 - P_2)\tau}{(P_1 - P_2)\tau_0} \tag{4}$$

Burada (P_1-P_2) təzyiqlər fərqi kapillyardakı maye sütunu tərəfindən yaranır. Kapillyar boru şaquli vəziyyətdə olduğundan borunun uclarındakı təzyiqlər fərqi borudakı mayenin hidrostatik təzyiqi ilə aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$P'_1 - P'_2 = \rho g h;$$
$$P_1 - P_2 = \rho_0 g h;$$

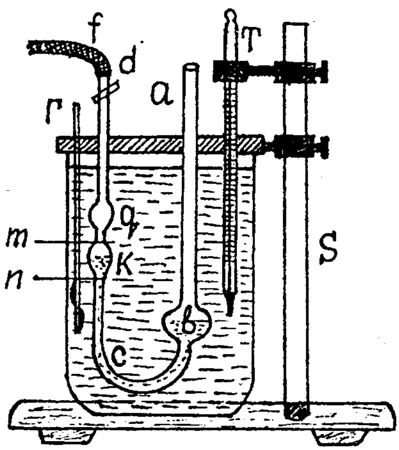
Bu bərabərlikləri (4) -də nəzərə alsaq, onda alarıq:

$$\eta = \eta_0 \frac{\rho\tau}{\rho_0\tau_0} \tag{5}$$

Burada ρ və ρ_0 uyğun olaraq tədqiq olunan və etalon mayenin sıxlıqlarıdır. Etalon maye üçün sıxlıq və daxili sürtünmə əmsalını bilərək (5) ifadəsinə əsasən tədqiq olunan mayenin daxili sürtünmə əmsalını hesablamaq olar.

Cihazın təsviri və istifadə qaydası

Ölçü qurğusunun əsasını (viskozimetr) təşkil edir (şəkil 1). O, ştativə bərkidilərək, içərisində su olan qaba və ya termostata şaquli vəziyyətdə salınır. Termostata termometr (T) və qarışdırıcı (Q) daxil edilir. Təcrübə zamanı viskozimetrin **a b** qoluna qıf və ya pipetka ilə b kürəciyi dolana qədər əvvəlcə etalon maye tökülür.



Şəkil 1.

Sonra bu maye rezin boru (**f**) vasitəsilə **b** kürəsindən **k** və **q** kürələrinə sorulur. Sormanı dayandırıb, rezin boru vasitəsilə atmosferlə əlaqə yaratsaq, maye kapillyardan axaraq yenidən b kürəsinə qayıdır. Maye səviyyəsinin m nişan xəttini keçdiyi anda saniyəölçəni işə salıb, n nişan xəttindən keçdiyi anda dayandırsaq, mayenin kapillyarın n-xəttindən axma müddətini (τ_0) ölçmüş olarıq. Ölçməni 4-5 dəfə təkrar etməklə k həcmindəki mayenin kapillyardan axma müddətinin orta qiymətini tapmaq olar.

Təcrübədə eyni ölçmələr tədqiq olunan maye üçün də təkrar edilir və axma müddəti τ üçün orta qiymət tapılır. Tapılmış τ_0 və τ zamanlarının təcrübi qiymətlərini və cədvəldən tapılan ρ, ρ_0 və η_0-

ın qiymətlərini (5) -də yazmaqla tədqiq olunan mayenin η daxili sürtünmə əmsalını hesablamaq olar.

İşin gedişi.

1. Kapillyar viskozimetri təmiz su ilə yuyub, b kürəsini etalon maye (məsələn spirt və ya su) ilə doldurmalı.
2. Sonra rezin kürə ilə mayeni q kürəsinə sormalı.
3. Atmosferlə əlaqə yaradaraq, maye səviyyəsinin m nişan xəttindən keçdiyi anla n- nişan xəttindən keçdiyi an arasındakı müddəti (τ_0) saniyəölçənlə qeyd etməli. Həmin ölçməni 4-5 dəfə təkrar edərək τ_0 müddəti üçün orta qiymət tapmalı.
4. Etalon mayeni viskozimetrdən boşaldıb, tədqiq olunan maye ilə yaxaladıqdan sonra həmin mayedən viskozimetrə tökərək, təcrübəni eyni qayda ilə bir neçə dəfə təkrar edib τ üçün orta qiymət tapmalı.
5. Etalon mayenin təcrübənin aparıldığı temperatura uyğun sıxlığını (ρ_0) və daxili sürtünmə əmsalını (η_0) cədvəldən götürməli.
6. Təcrübəni bir neçə dəfə təkrar edib, tapılan qiymətləri (5) ifadəsində yazaraq hər bir təcrübə üçün η-nı hesablayıb, onun orta qiymətini tapmalı.
7. Təcrübənin mütləq və nisbi xətalarını tapılan kəmiyyətin orta qiymətinə görə hesablamalı.

LABORATORİYA İŞİ № 8.

Stoks üsulu ilə mayelərin daxili sürtünmə əmsalının təyini

***Ləvazimat:** silindr şəkilli şüşə qab, qurğuşun və ya şüşə kürəciklər, özlülük əmsalı tə'yin ediləcək maye, mikrometr, saniyəölçən, xətkeş.*

Qısa nəzəri mə'lumat.

Özlü mayedə düşən kürəyə üç qüvvə tə'sir edir: ağırlıq qüvvəsi (P), Arximed qüvvəsi ($\mathbf{F_A}$) və mayenin daxili sürtünmə qüvvəsi ($\mathbf{f_c}$). Ağırlıq qüvvəsi kürənin hərəkət istiqamətində aşağıya doğru, Arximed və sürtünmə qüvvələri isə kürənin hərəkətinin əksinə yuxarıya yönəlmişdir. Mayeyə salınmış kürənin səthinə yapışan maye təbəqəsi kürə ilə birlikdə eyni sür'ətlə hərəkət etdiyindən, kürəyə yapışan təbəqə ilə ona yaxın olan təbəqə arasındakı sürtünmə mayenin daxili sürtünməsini verir. Stoks göstərmişdir ki, maye daxilində düşən kürəyə maye tərəfindən

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

sürtünmə qüvvəsi tə'sir edir. Burada η - mayenin daxili sürtünmə əmsalı və ya özlülük əmsalı , υ - kürənin sür'əti, r - onun radiusudur. Bu düsturun çıxarılışı kifayət qədər mürəkkəb olduğuna görə düsturu hazır şəkildə qəbul edirik.

Mayedə buraxılmış kürə müəyyən tə'cillə hərəkət etdiyi halda kürənin hərəkət tənliyini aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$\vec{F} = \vec{P} + \vec{F}_A + \vec{f}_c$$

və ya
$$m\vec{a} = m\vec{g} + \rho V\vec{g} + 6\pi\eta\vec{\upsilon}r \qquad (2)$$

burada a – kürənin hərəkət təcilidir. Hərəkət zamanı kürənin sür'əti elə qiymətə çatır ki, bu halda kürəyə tə'sir edən üç qüvvə bir-birini tarazlaşdırır və kürənin tə'cili sıfra bərabər olur. Kürənin belə hərəkətinə qərarlaşmış hərəkət deyilir. Qərarlaşmış hərəkət halında kürəyə tə'sir edən qüvvələrin həndəsi cəmi sıfra bərabərdir. Yə'ni

$$\vec{P} + \vec{F}_A + \vec{f}_c = 0 \qquad (3)$$

haradakı

$$P = mg = \rho g V = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho g, \quad F_A = \rho_1 V g = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_1 g$$

və $f_c = 6\pi\eta vr$ –dir, burada ρ - kürənin, ρ_1- mayenin sıxlığı, r- kürənin radiusudur. Kürəyə tə'sir edən qüvvələrin istiqamətini vəqiymətlərini (3) ifadəsində nəzərə alsaq, onda alarıq:

$$\frac{4}{3}\pi r^3 \rho g - \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_1 g - 6\pi\eta v r = 0 \qquad (4)$$

Buradan mayenin özlülük əmsalı üçün

$$\eta = \frac{2}{9}\frac{(\rho - \rho_1)}{v} g r^2 \qquad (5)$$

ifadəsi alınır.

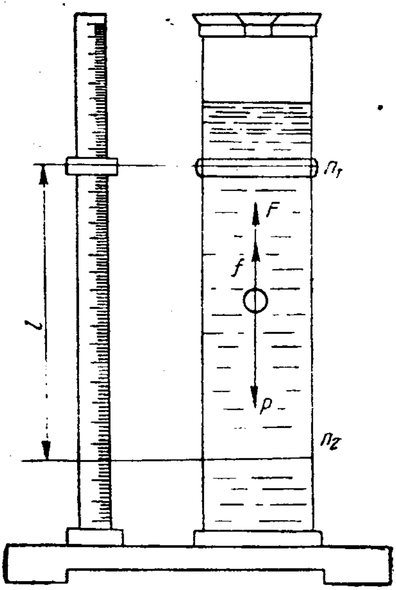
Kürənin mayedə hərəkət sür'ətinin $\upsilon=\frac{\ell}{\tau}$ olduğü nəzərə alınarsa, onda daxili sürtünmə əmsalı üçün

$$\eta=\frac{2}{9}\frac{(\rho-\rho_1)}{l}gr^2\tau \qquad (6)$$

alarıq.

Burada τ - kürənin mayedə ℓ məsafəsini düşmə müddətidir. (6) ifadəsinə daxil olan r, ℓ və τ kəmiyyətləri bilavasitə təcrübədə ölçülür, ρ və ρ_1 isə cədvəldən götürülür.

Təcrübədə istifadə olunan cihaz içərisi tədqiq olunan maye ilə doldurulmuş və üzərində bir birindən l - məsafədə $\mathbf{n}_1$ və $\mathbf{n}_2$ nişan xəttləri qeyd olunmuş silindrik borudan ibarətdir (şəkil 1). Yuxarıdakı nişan xətti elə məsafədə olmalıdır ki, kürə maye içərisində düşərkən həmin nişan xəttinə gələnə qədər sabit sür'ət ala bilsin.



Şəkil 1.

İşin gedişi.

İçərisində daxili sürtünmə əmsalı tədqiq olunan silindrik qağbı stol üzərində yerləşdirdikdən sonra kürənin və tədqiq olunan mayenin sıxlıqlarını cədvəldən tapmalı.

Kürənin radiusunu 3-4 dəfə mikrometr vasitəsilə ölçüb, orta qiymət tapmalı.

Silindr üzərindəki n_1 və n_2 nişan xətləri arasındakı l məsafəsini xətkeşlə ölçməli.

Radiusu ölçülmüş kürəni tədqiq olunan mayeyə salıb kürənin nişan xətləri arasındakı məsafəni qət etməsi üçün sərf olunan τ zamanını ölçməli.

Eyni maye üçün təcrübəni müxtəlif radiuslu kürələrlə 3-4 dəfə təkrar edib, daxili sürtünmə əmsalı üçün orta qiymət tapmalı.

Təcrübənin mütləq və nisbi xətalarını kəmiyyətin orta qiymətinə görə hesablamalı.

LABORATORİYA İŞİ № 9

Mayelərin səthi gərilmə əmsalının damcı üsulu ilə təyini

Qısa nəzəri mə'lumat

Maye molekulları sərbəst qaz molekullarından fərqli olaraq öz tarazlıq vəziyyəti ətrafında rəqsi hərəkət edir və zaman keçdikcə öz ölçüləri tərtibində məsafələr qət edirlər. Mayenin daxilində olan molekullarla qonşu molekulların tə'sir bir-birini tarazlaşdırır. Mayenin səthində olan hər bir molekula molekulyar tə'sir sferası hüdudunda maye molekullarından başqa, hava molekulları da tə'sir edir. Mayenin sıxlığı havanın sıxlığından çox olduğundan əvəzləyici qüvvə mayenin daxilinə tərəf yönəlir. Ona görə də maye səthinə perpendikulyar olmaqla daxilə tərəf tə'sir edən qüvvə yaranır və mayenin səth təbəqəsi daxilə doğru təzyiq edir. Bu təzyiq molekulyar təzyiq adlanır. Molekulyar təzyiq qüvvəsinin tə'siri altında olan maye molekulları həmişə elə vəziyyət almağa çalışır ki, səth təbəqəsinin potensial enerjisi minimum olsun. Potensial enerji isə səth təbəqəsinin kiçilməsi hesabına azalır. Eyni həcmli həndəsi fiqurlardan ən kiçik səthə malik olan fiqur kürədir. Molekulyar təzyiq qüvvələrinin tə'sirilə kürə formasını almağa çalışan maye səthi gərilmiş pərdəyə bənzəyir.

Maye molekullarının qarşılıqlı tə'sirilə əlaqədar olan hadisələr – səthi kərilmə, islatma, kapillyarlıq hadisləridir.

Maye səthini gərilmiş vəziyyətdə saxlayan qüvvə səthi gərilmə qüvvəsi adlanır. Bu qövvə mayenin səthi əyri olduqda səthə toxunan olub səth kənarına perpendikulyardır, səth müstəvi olduqda isə bu qüvvə səth təbəqəsi boyunca yönəlir.

Səthi gərilmə qüvvəsi f mayenin səth kənarının uzunluğu ℓ ilə düz mütənasibdir.

$$f_n = \alpha l \tag{1}$$

burada α - səthi gərilmə əmsalıdır və

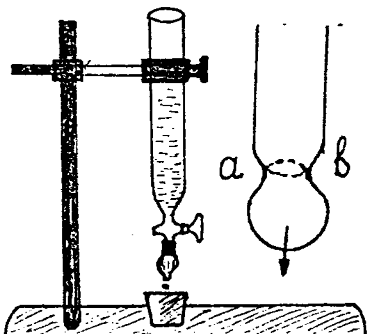
$$\alpha = \frac{f_n}{l} \tag{2}$$

Əgər $\ell=1$ olarsa, $\alpha = f_n$ olar, *yə'ni səthi gərimlə əmsalı ədədi qiymətcə səth kənarının vahid uzunluğuna tə'sir edən qüvvəyə bərabərdir.* Səthi kərilmə əmsalı Beynəlxalq Vahidlər sistemində N/m ilə ölçülür. Təcrübədə mayelərin səthi gərilmə əmsalı müxtəlif üsullarla tə'yin olunur. Bu üsullarda aşağıdakı üsulları nəzərdən keçirək.

Çalışma 1. Mayelərin səthi kərilmə əmsalının damcı üsulu ilə tə'yini

Ləvazimat: *aşağısında kranı olan və həcmə görə dərəcələnmiş silindrik şüşə boru (büretka), tədqiq olunan maye, qıf, stəkan, tərəzi və çəki daşları.*

Damcı üsulu ilə mayelərin səthi gərilmə əmsalını tə'yin etmək içün 1-ci şəkildəki cihazdan istifadə olunur. Şaquli vəziyyətdə olan büretkadan maye yavaş-yavaş axaraq damcılar əmələ gətirir. Damcının ağırlıq qüvvəsi həmin mayenin səthi gərilmə qüvvəsinə bərabər olduqda damcı borudan qoparaq düşür.



Şəkil 1

Mayenin temperaturu dəyişmədiyi halda düşən damcıların çəkiləri təqribən bir birinə bərabər olur.

Bu halda səth pərdəsinə tə'sir edən səthi gərilmə qüvvəsi $f_n = \alpha \ell$ (burada $\ell = 2\pi r$ - dir) olar. Damcı borudan qırılarkən, onun çəkisinin həmin mayenin səthi gərilmə qüvvəsinə bərabər olduğunu nəzərə alsaq onda

$$P = 2\pi r \alpha \qquad (3)$$

alarıq, burada α - mayenin səthi gərilmə əmsalı, r – damcının qırıldığı yerdə borunun daralmış boğazının radiusudur.

Yuxarıdakı ifadədən səthi gərilmə əmsalı üçün alarıq:

$$\alpha = \frac{P}{2\pi r} = \frac{m_0 g}{2\pi r} \qquad (4)$$

burada $P_0 = m_0 g$ bir damcının çəkisidir.

Deməli səthi gərilmə əmsalı tə'yin etmək üçün, bir damcının kütləsini m_0 və damcının qırıldığı anda naziklәşən boğazının radiusunu

(r) ölçmək lazımdır. Bir damcının kütləsini tapmaq üçün 50-100 damcının kütləsini tərəzidə çəkib, alınan nəticəni damcıların sayına bölmək lazımdır. Böyük dəqiqlik tələb olunmadıqda damcının qırılma anında boğazının radiusunu, damcı verən borunun xarici radiusuna bərabər götürmək olar. Təcrübələr göstərir ki, divarının qalınlığı 1 mm-ə qədər olan nazik şüşə boruların ucu, oxuna perpendikulyar kəsildikdə onun verdiyi damcıların qırıldığı yerdə boğazının radiusu (r) borunun xarici radiusunun (R) 62 %-nə bərabər olur. Onda (4) ifadəsində r=0,62 R olduğunu nəzərə alsaq:

$$\alpha = \frac{m_0 g}{1{,}2\pi R} \qquad (5)$$

İşin gedişi

1. Şaquli vəziyyətdə ştativə birləşdirilmiş buretkaya tədqiq olunan maye tökməli, kranı açaraq mayeni qərarlaşmış axınla yavaş-yavaş damcıladaq, təmiz yuyulub qurudulmuş və kütləsi əvvəlcədən tə'yin edilmiş stəkana 50-100 damcı maye yığmalı.
2. Stəkanı maye ilə birlikdə çəkib, mayenin kütləsini tapmalı.
3. Maye kütləsini damcıların sayına bölüb, bir damcının kütləsini (m_0) tapmalı.
4. Damcının qırıldığı borunun boğazının xarici radiusunu (R) mikrometrlə bir neçə dəfə ölçüb, onun orta qiymətini götürməli. Hesablamada r radiusu əvəzinə borunun R xarici radiusunun 0,62 hissəsini götürmək olar.

5. Tapılan qiymətləri (5) ifadəsində yazıb, səthi gərilmə əmsalını hesablamalı.
6. Təcrübəni müxtəlif saylı damcılar üçün bir neçə dəfə təkrar edib, axtarılan kəmiyyət üçün orta qiymət tapıb təcrübənin nisbi ($\frac{\Delta\alpha}{\alpha}$) və mütləq ($\Delta\alpha$) xətalarını hesablamalı.

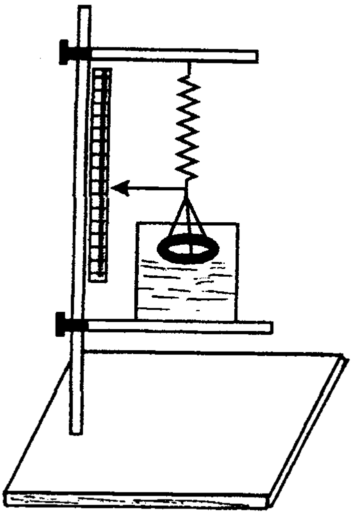
Çalışma 2. Mayelərin səthi kərilmə əmsalının halqanı qoparma üsulu ilə təyini

Ləvazimat: *həssas elastiki yaydan asılmış alüminium halqa, üzərində millimetr bölgülü xətkeşi olan ştativ, tədqiq olunan maye ilə dolu şüşə qab, çəki daşları, ştangenpərgar, mikrometr, boş stakan.*

Səthi gərilmə əmsalını halqanın mayedən qoparma üsulu ilə tə'yin etmək üçün istifadə olunan cihazın quruluşu 2-ci şəkildə verilmişdir. Cihaz həssas A yayından asılmış kiçik tərəzi gözündən və onun altından asılmış nazik B – halqasından ibarətdir.

Nazik divarlı halqa, tədqiq olunan maye tərəfindən yaxşı isladıla bilən materialdan düzəldilmiş və xüsusi dayaq vasitəsilə həssas yaydan asılmışdır.

Yayın uzanıb qısalması zamanı yayın aşağı ucundakı halqanın üstündə olan göstərici kənardan dayağa bərkidilmiş millimetr bölgülü şkala üzrə hərəkət edir. Təcrübə zamanı qaba o qədər maye (məsələn, su) tökülür ki, halqa mayenin səthinə toxunsun. Sonra qabın kranı açılır və maye boş stəkana axıdılır.



Şəkil 2.

Bu zaman qabdakı mayenin səthi ilə birlikdə halqa da tədricən aşağı enir və özü ilə birlikdə yayı dartır. Yayın uzanması şkaladakı göstəricisi ilə müəyyən edilir.

Maye tədricən axıdıldıqda müəyyən zamandan sonra qopduğu ana uyğun göstəricinin şkaladakı vəziyyəti qeyd edilir. Halqa maye səthindən qopan anda yayı gərən səthi kərilmə qüvvəsi, yayı bu vəziyyətə gətirən elastiki qüvvəyə bərabər olmalıdır ($F=P=mg=\alpha\ell$). Burada ℓ - maye ilə halqanın toxunduğu konturun uzunluğudur. Halqa maye ilə həm xaricdən və həm də daxildən toxunduğundan onda ℓ-uzunluğu halqanın xarici çevrəsi ilə daxili çevrəsinin uzunluqarı cəminə bərabər olar.

Əgər halqanın xarici diametrini D və qalınlığını d ilə işarə etsək, onda maye ilə halqanın toxunduğu konturun uzunluğu (ℓ) aşağıdakı kimi tə'yin olunar.

Bu halda

$$\ell = \pi D + \pi(D-2d) = 2\pi(D-d)$$

Onda səthi gərilmə əmsalı üçün alarıq:

$$\alpha = \frac{F}{2\pi(D-d)} = \frac{mg}{2\pi(D-d)} \tag{7}$$

Bu düsturun köməyi ilə səthi gərilmə əmsalını təcrübi yolla hesablamaq olar.

İşin gedişi

1. Halqanın xarici diametrini (D) ştangenpərgarla və qalınlığını (d) mikrometrlə ölçməli.
2. Qaba maye tökərək halqanı mayeyə toxundurmalı.
3. Qabdakı mayeni tədricən axıdaraq halqanın mayedə qopma anında şkalada göstəricinin vəziyyətini qeyd etməli, sonra tərəzi gözünə müəyyən qədər çəki daşı qoyub yayın əvvəlki vəziyyətinə qədər uzanmasına nail olub çəki daşlarının kütləsinə uyğun ağırlıq qüvvəsini tapmalı.
4. Alınan qiymətləri (7) düsturunda yazıb mayenin səthi gərilmə əmsalını tə'yin edib təcrübənin nisbi və mütləq xətalarını hesablamalı.

LABORATORİYA İŞİ № 11

QAZ TƏZYİQİNİN TERMİK ƏMSALININ TƏ'YİNİ

Ləvazimat: *qaz termometri, barometr, elektrik qızdırıcısı, buxar hasiledicisi, silindrik qab.*

Qısa nəzəri mə'lumat

İdeal qaz qanunlarından mə'lumdur ki, qaz sabit həcmdə qızdırıldıqda onun təzyiqi temperaturdan asılı olaraq xətti qanunla dəyişir. Bu qanun riyazi olaraq aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$P=P_0(1+\beta t) \qquad (1)$$

Burada P_0 - qazın 0^0C temperaturundakı, P-qazın t - temperaturundakı təzyiqləri, β - isə - qaz təzyiqinin termik əmsalı adlanır. Yuxarıdakı ifadədən qaz təzyiqinin termik əmsalı üçün alarıq:

$$\beta=\frac{P-P_0}{P_0 t} \qquad (2)$$

Yə'ni *Qaz təzyiqinin termik əmsalı sabit həcmdə müəyyən kütləli qazı 1K qızdırdıqda onun təzyiqinin nisbi dəyişməsinə bərabərdir.*

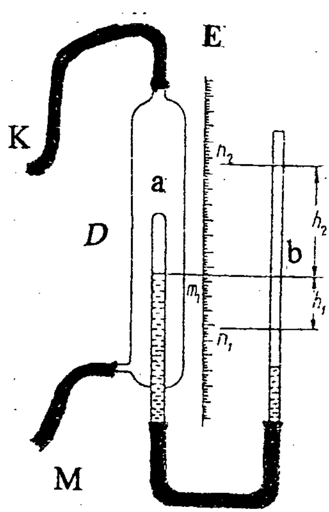
Təcrübə göstərir, ideal qaz üçün qazın termik əmsalı $\beta=\frac{1}{273}$ dər^{-1} -ə bərabərdir. İki müxtəlif t_1 və t_2 temperaturları üçün (1) ifadəsini aşağıdakı kimi yazmaq olar.

$$\begin{cases} P_1 = P_0(1+\beta t_1) \\ P_2 = P_0(1+\beta t_2) \end{cases} \tag{3}$$

Bu tənliklər sistemini birlikdə həll etsək, onda qazın təzyiqinin termik əmsalı üçün alarıq:

$$\beta = \frac{P_2 - P_1}{P_1 t_2 - P_2 t_1} = \frac{\Delta P}{P_1 t_2 - P_2 t_1} \tag{4}$$

(4) ifadəsindən görünür ki, qazın təzyiqinin termik əmsalını tə'yin etmək üçün t_1 və t_2 temperaturlarında qazın uyğun təzyiqinin P_1 və P_2 qiymətlərini bilmək lazımdır. Qaz təzyiqinin termik əmsalını tə'yin etmək üçün istifadə olunan qurğu 1-ci şəkildə göstərilib. İçərisində quru hava olan və bir tərəfi bağlı olan a borusu geniş D balonun içərisinə salınmışdır.



Şəkil 1

D balonuna K və M boruları ilə su və ya buxar buraxıb, temperaturu dəyişməklə borudakı qazın təzyiqini dəyişmək olar. Təcrübə zamanı b borusundakı havanın həcmini sabit saxlamaq üçün manometrin **b** qolunu hərəkət etdirmək lazım gəlir, a borusundakı hava, D balonundakı su buxarının temperaturunadək qızandan sonra manometrin **b** qolu yuxarı və aşağı hərəkət etdirilməklə **b** qolundakı civənin səviyyəsi **E** şkalasının müəyyən bölgüsü üzərinə gətirilir.

Otaq temperaturunda manometrin **a** qolundakı civənin səviyyəsi m_1-ə, **b** qolundakı səviyyə isə n_1-ə uyğun gəlirsə, onda **a** borusundakı qazın təzyiqi

$$P_1=N\pm h_1$$

olar. Burada N- atmosfer təzyiqi, $h_1=m_1 - n_1$-olub qollardakı civə səviyyələrinin fərqidir.

D balonundakı su buxarı buraxıldıqda a borusundakı qaz qızdığından onun təzyiqi artır və qoldakı civənin səviyyəsi aşağı enir. Manometrin qolunu hərəkət etdirməklə a qolundakı civənin səviyyəsi əvvəlki m_1 bölgüsünə gətirilir. Bu halda b qolundakı civə sütununun səviyyəsi n_2 olarsa, ondaə $h_2=n_2-m_1$ olar. Su buxarının mə'lum temperaturunda a borusundakı qazın təzyiqi

$$P_2=N+h_2$$

olar. P_1 və P_2 təzyiqlərinin qiymətlərini (4) düsturunda yerinə yazdıqda qazın termik əmsalı üçün aşağıdakı ifadəni alarıq:

$$\beta=\frac{h_2-h_1}{(H\pm h_1)t_2-(H+h_2)t_1} \qquad (5)$$

İşin gedişi

Manometrin qollarını hərəkət etdirərək civə sütunlarının səviyyələrini bərabərləşdirməli.

2. K rezin boru ilə D balonundan 5-10 dəqiqə su axıdılaraq suyun temperaturu müəyyənləşdirilir. Bu zaman a qolundakı qazın temperaturu elə suyun temperaturu ilə eyni olacaqdır.

3. Manometrlərin civə sütunlarının m_1 və n_1 səviyyələrini qeyd etməli. Manometrin b qolunda civə sütununun ilk səviyyəsi aşağı düşürsə, h_1-in işarəsi mənfi, yuxarı qalxırsa müsbət olacaqdır.

4. D balonundan suyun axmasını dayandırıb, M rezin boru ilə 10-15 dəqiqə sistemə su buxarı buraxmalı və a qolundakı qazın temperaturunu qeyd etməli.

5. Manometrin mütəhərrik qolunu yuxarı qaldıraraq a qolundakı civənin səviyyəsini m_1 səviyyəsinə gətirərək manometrin qollarındakı civə sütunları arasındakı fərqi (h_2) ölçməli.

6. Təcrübəni 3 dəfə təkrar edərək qazın təzyiqinin termik əmsalının orta qiymətini tapıb, nisbi və mütləq xətaları hesablamalı.

LABORATORİYA İŞİ № 12

BUZUN XÜSUSİ ƏRİMƏ İSTİLİYİNİN TƏ'YİNİ

Ləvazimat: *kalorimetr, tərəzi, çəki daşları, termometr və buz parçası, su, suçəkən kağız*

Qısa nəzəri mə'lumat

Kristal bərk cisim qızdırıldıqda onun daxili enerjisi artır. Temperaturun artması ilə kristalı təşkil edən hissəciklərin (atom və ya molekulların) öz tarazlıq vəziyyət ətrafındakı rəqsi hərəkətlərinin amplitudu artır. Müəyyən temperaturda hissəciklərin rəqsi hərəkət enerjisi kristal qəfəsindəki hissəciklərin əlaqə enerjisindən yüksək olur və bu halda kristal qəfəsi dağılır. Yə'ni bərk cisim əriyir. *Maddənin bərk haldan maye hala keçməsi prosesi ərimə, əks proses isə bərkimə adlanır.* Ərimə prosesində cismə enerji verilməsinə baxmayaraq onun temperaturu sabit qalır və yalnız cisim tamamilə əriyib qurtardıqdan sonra yaranan mayenin temperaturu artmağa başlayır.

Kristal cismin bərk haldan maye hala keçdiyi temperatura *ərimə temperaturu* deyilir. Ərimə temperaturunda kristala verilən istilik miqdarı onun molekulları arasındakı rabitə əlaqəsinin qırılmasına sərf olunur.

Kristal cismin normal təzyiqdə əriməyə başladığı temperatura bu cismin *ərimə temperaturu* deyilir. *Ərimə temperaturunda kristal bərk cismi tamamilə maye hala keçirmək üçün tələb olunan istilik miqdarına ərimə istiliyi deyilir.* Təcrübədən mə'lumdur ki, eyni şəraitdə müxtəlif kütləli bərk cisimlərin əriməsi üçün müxtəlif istilik miqdarı tələb olunur. Əriməni xarakterizə etmək üçün *«xüsusi ərimə istiliyi»* adlanan kəmiyyətdən istifadə olunur. *Ərimə temperaturunda vahid kütləli maddəni bərk haldan maye hala keçirmək üçün lazım olan istilik miqdarına xüsusi ərimə istiliyi deyilir və λ ilə işarə olunur.*

$$\lambda = \frac{Q}{m} \qquad (1)$$

Xüsusi ərimə istiliyi BS-də C/kq la ölçülür. Xüsusi ərimə istiliyi maddənin növündən asılıdır.

Cismin xüsusi ərimə istiliyini təcrübədə tə'yin etmək üçün əriyən cismin kütləsini və ərimə temperaturunda onun əriməsi üçün verilən istilik miqdarını bilmək lazımdır. Xüsusi ərimə istiliyi təcrübədə kalorimetr vasitəsilə tə'yin edilir. Sadəlik üçün bu məqsədlə buzun xüsusi ərimə istiliyini tə'yin etmək daha məqsədəuyğundur.

Kütləsi $\mathbf{m_1}$, xüsusi istilik tutumu c_1 olan kalorimetrə t_1 temperaturunda kütləsi m_2 və xüsusi istilik tutumu c_2 olan su töküldükdən sonra, kalorimetrə kütləsi m, xüsusi istilik tutumu c və temperaturu 0^0C olan buz parçası salınır. Kalorimetrdəki suyun temperaturu buzun ərimə temperaturundan yüksək olduğundan buzun əriməsi və əriyən buzdan alınan suyun müəyyən θ temperaturuna qədər qızması üçün lazım olan istilik, kalorimetr və ondakı sudan alınır. Təcrübənin aparıldığı şəraitdə istilik itkisi nəzərə alınmazsa, onda kalorimetrlə suyun birlikdə verdiyi istilik miqdarı buzun ərimәsi və ondan alınan suyun qızması üçün sərf olunan istilik miqdarına bərabər olmalıdır. Kalorimetrin verdiyi istilik miqdarı $Q_1 = m_1c_1(t_1-\theta)$, suyun verdiyi istilik miqdarı $Q_1 = m_2c_2(t_1-\theta)$, buzun ərimәsinə sərf olunan istilik miqdarı $Q=\lambda m$, buzdan alınan m kütləli suyun müəyyən θ temperaturuna qədər qızması üçün sərf olunan istilik miqdarı $Q_3=mc_2\theta$ olduğunu nəzərə alsaq, enerjinin saxlanması qanununa əsasən yaza bilərik:

$$Q_1+Q_2=Q+Q_3$$

və ya $m_1c_1(t_1-\theta)+ m_2c_2(t_1-\theta)=\lambda m+mc_2\theta$

$$(m_1c_1+m_2c_2)(t_1-\theta)=\lambda m+mc_2\theta$$

Buradan isə buzun xüsusi ərimə istiliyi üçün alarıq:

$$\lambda = \frac{(m_1c_1+m_2c_2)(t_1-\theta)-mc_2\theta}{m} \tag{2}$$

Burada θ - qarışığın son temperaturudur.

İşin gedişi

- Kalorimetrin daxili qabını tərəzidə çəkib, onun m_1 kütləsini tə'yin etməli.

2. Kalorimetrin daxili qabına m_2 kütləli su tökməli.
3. İçərisində su olan kalorimetrə termometr salıb kalorimetr – su sisteminin ilk temperaturunu qeyd etməli.
4. Bir parça (təxminən 50-60 q.) buzu suçəkən kağızla təmiz qurudub, tərəzidə çəkdikdən sonra kalorimetrdəki suya salmalı.
5. Buz tamamilə əridikdən sonra sistemin son θ temperaturunu tə'yin etməli.
6. Kalorimetr və suyun xüsusi istilik tutumlarını cədvəldən götürməli.
7. Alınan kəmiyyətləri (2) ifadəsində yerinə yazaraq buzun xüsusi ərimə istiliyini hesablamalı.
8. Təcrübəni bir neçə dəfə təkrar etməli və xüsusi ərimə istiliyinin orta qiymətini tapıb, təcrübənin nisbi və mütləq xətalarını hesablamalı.

LABORATORİYA İŞİ № 13

BƏRK CİSİMLƏRİN XƏTTİ GENİŞLƏNMƏ ƏMSALININ TƏ'YİNİ

Ləvazimat: *ölçü cihazı, 1-1,5 metrlik xətkeş, buxar hasiledici qab, birləşdirici rezin borular, elektrin qızdırıcısı, kondensasiya olunan suyu yığmaq üçün qab.*

Qısa nəzəri mə'lumat

Təbiətdə olan bütün cisimlər xarici temperaturdan asılı olaraq öz ölçülərini dəyişirlər. Bu dəyişmə müxtəlif cisimlər üçün müxtəlif xarakterli olur.

Mə'lumdur ki, eyni xətti ölçüyə malik olan müxtəlif cisimlər eyni temperatura qədər qızdırıldıqda və ya soyuduldıqda onların xətti ölçüləri müxtəlif cür dəyişir. Cismin xətti ölçüsünün dəyişməni xarakterizə etmək üçün xətti genişlənmə əmsalından istifadə olunur.

Təcrübə göstərir ki, bərk cismin uzunluğu temperaturdan asılı olaraq xətti qanunla artır. Fərz edək ki, cismin 0^0C temperaturundakı uzunluğu ℓ_0 və cisim t – qədər qızdırıldıqdan sonrakı uzunluğu

$$\ell = \ell_0(1 + \alpha \cdot t)$$

olar. Burada α - bərk cismin xətti genişlənmə əmsalı və ya uzununa genişlənmə əmsalı adlanır və $dər^{-1}$ –lə ölçülür.

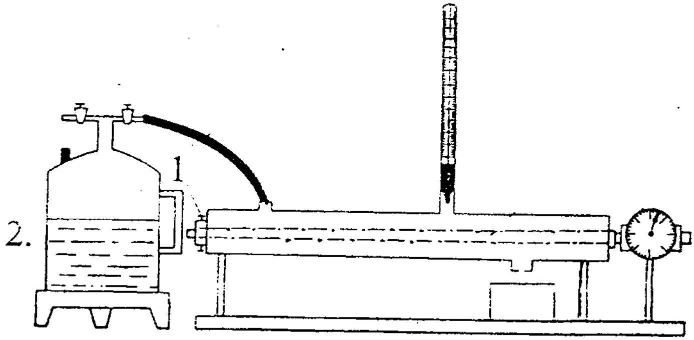
Bərk cismin t_0 temperaturundakı uzunluğu ℓ_0 və t temperaturundakı uzunluğu ℓ olarsa, onda onun xətti genişlənmə əmsalı

$$\alpha = \frac{\ell - \ell_0}{\ell_0 \cdot \Delta t} = \frac{\Delta \ell}{\ell_0 \cdot \Delta t}$$

Burada $\Delta t = t - t_0$ - temperaturlar fərqi, $\Delta\ell$ - bərk cismin mütləq uzanması, $\Delta\ell / \ell_0$ - isə nisbi uzanmadır.

Xətti genişlənmə əmsalı ədədi qiymətcə bərk cismin temperaturunu bir dərəcə dəyişdikdə onun xətti ölçüsünün nisbi dəyişməsinə bərabərdir.

Bərk cisimlərin xətti genişlənmə əmsalını ölçmək üçün istifadə olunan qurğunun sxemi 1-ci şəkildə göstərilmişdir. Cihaz bir ucu möhkəm bərkidilmiş, o biri ucu isə sərbəst olaraq indikatorun linginin ucuna toxundurulan mis borudan (1) və buxar hasiledici qabdan (2) ibarətdir. İndikatorun saniyəölçəni xatırladan və dairəvi şkala üzrə hərəkət edə bilən göstəriciyə malik olan cihazdır.



Şəkil 1.

Cihazın şkalasının hər bir bölgüsünün qiyməti 0,01 mm-ə bərabərdir. Hasiledicidən gələn buxar mis borunu qızdıraraq mayeləşib aşağıdakı qaba tökülür. Boru buxarla tədricən qızdırıldıqda, indikatorun əqrəbi dairəvi şkala üzərində hərəkət edir. Metal boru buxar temperaturuna qədər qızdıqda onun uzanması və indikator əqrəbinin şkala üzrə hərəkəti dayanır. (1) ifadəsindən istifadə edərək bərk cismin xətti genişlənmə əmsalını tə'yin etmək olar. Adətən ölçmələr otaq temperaturunda aparıldığından (1) ifadəsi ilə ölçü aparmaq əlverişli deyil. Fərz edək ki, çubuğun t_1 – temperaturunda uzunluğu ℓ_1, t_2 – temperaturunda uzunluğu ℓ_2-dir. Onda yaza bilərik

$$\ell_1 = \ell_0(1+\alpha t_1) \text{ və } \ell_2 = \ell_0(1+\alpha t_2)$$

Onda çubuğun uzunluğunun mütləq dəyişməsi $\Delta\ell = \ell_2 - \ell_1$ olar. Bu halda çubuğun xətti genişlənmə əmsalı aşağıdakı düsturla hesablana bilər:

$$\alpha = \frac{\Delta l}{\ell_1 t_2 - \ell_2 t_1} \qquad (2)$$

Burada t_1 – otaq temperaturudur. Otaq temperaturunda götürülmüş mis borudan buxar buraxıldıqda boru 100^0C –yə qədər qızdığı üçün təcrübədə $t_2=100^0C$ götürmək lazımdır.

İşin gedişi

1. Borunun otaq temperaturundakı uzunluğunu (ℓ_1) xətkeşlə dəqiq ölçməli.
2. İndikatoru başlanğıc vəziyyətə gətirməli. Bunun üçün indikatorun üst qapağını saat əqrəbinin hərəkəti istiqamətində tədricən o qədər fırlatmaq lazımdır ki, şkaladakı «sıfır» bölgüsü cihazın əqrəbi ilə üst-üstə düşsün. Sonra indikatorun oxunu metal çubuğa toxundurmalı.
3. Metal borunu buxarla tədricən qızdırıb indikator əqrəbinin göstərişinə görə onun mütləq uzanmasını ($\Delta\ell$) və termometrlə uyğun temperaturu qeyd etməli.
4. Alınan nəticələrə görə (2) ifadəsindən xətti genişlənmə əmsalının ədədi qiymətini 3-4 dəfə hesablamalı.
5. Alınan nəticələrə görə xətti genişlənmə əmsalının orta qiymətini tə'yin edib nisbi ($\frac{\Delta\alpha}{\alpha}$) və mütləq ($\Delta\alpha$) xətalarını hesablamalı.

LABORATORİYA İŞİ № 14

İSTİLİYİN MEXANİKİ EKVİVALENTİNİN KLEMAN-DEZORM ÜSULU İLƏ TƏ'YİNİ.

Ləvazimat: *həcmi mə'lum olan şüşə balon, mayeli manometr, hava nasosu.*

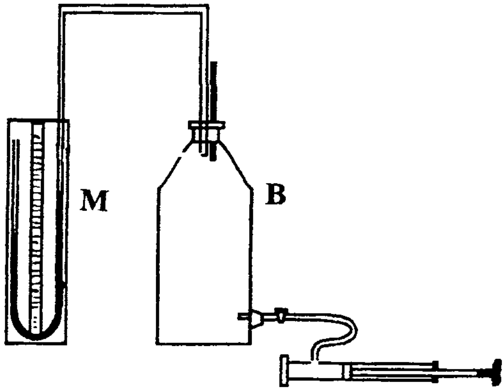
Qısa nəzəri mə'lumat

Təcrübədə müxtəlif enerji növlərinin qarşılıqlı çevrilməsinə əsadüf olunur. Hələ XIX əsrin ortalarında daxili enerjinin mexaniki işə və əksinə çevrilməsini Mayer və Coul təcrübi yolla müəyyən etmişdilər. Bunların bir-birinə keçmələri enerjinin saxlanması qanununa görə ekvivalentlik təşkil edir. Məsələn, sistemə müəyyən istilik miqdarı verildikdə, uyğun olaraq mexaniki işin istiliyə və əksinə, istiliyin mexaniki işə çevrilməsi müşahidə olunur.

Vahid istilik miqdarı almaq üçün lazım olan mexaniki işin miqdarına istiliyin mexaniki ekvivalenti deyilir.

$$J = \frac{A}{Q} \qquad (1)$$

Coul enerjinin saxlanması qanununu təcrübi sübut edərək istiliyin mexaniki ekvivalenti üçün J=4270 C/kkal qiymətini almışdır. BS-də mexaniki iş və istilik miqdarı eyni vahidlərlə ölçüldüyündən istiliyin mexaniki ekvivalenti adsız kəmiyyətdir və təcrübi olaraq 4.2 C=1 kal və ya 1C=0,24 kal götürülür.



Şəkil 1.

İstiliyin mexaniki ekvivalentini təcrübi olaraq tə'yin etmək üçün müxtəlif üsullar mövcuddur. Bu üsullardan ən çox istifadə olunanı Kleman-Dezorm üsuludur.

Ölçü cihazı təqribən 10-15 litr həcmə malik B şüşə balonundan, ona birləşdirilmiş ağzı açıq mayeli M manometrindən və C nasosundan ibarətdir (şəkil 1). Kleman-Dezorm cihazından istifadə edərək, C nasosu ilə müəyyən iş görüb, B balonu içərisinə hava doldursaq, onda uyğun olaraq, balondakı qazın daxili enerjisi artmış olar.

Görülən A işi və balondakı qazın daxili enerjisinin ΔU dəyişməsi sabit həcmdə istilik miqdarına bərabər olduğundan ($\Delta U = Q$), görülən iş və istilik miqdarının qiymətlərini (1) -də yerinə yazaraq, istiliyin mexaniki ekvivalentini hesablamaq olar. Fərz edək ki, V - həcmli, B balonuna nasos porşeni hər dəfə ΔV – həcmli hava doldurur. Bu halda nasos vasitəsilə balonda təzyiq yaradarkən manometrin sağ qolunda qazın tutduğu həcm V' qədər artar.

Fərz edək ki, balondakı havanın ilk temperaturu T və ilk təzyiqi P, hava doldurulduqdan sonra isə uyğun olaraq temperaturu T+ΔT, təzyiqi P+ΔP olsun. Mendeleyev-Klapeyron tənliyini qazın bu iki halı üçün tətbiq etsək onda alaraq:

$$\frac{(V+\Delta V)P}{T}=\frac{(V+V')(P+\Delta P)}{T+\Delta T}$$

Bu ifadənin hər tərəfini PV-yə bölək. Onda

$$\left(1+\frac{\Delta V}{V}\right)\frac{1}{T}=\left(1+\frac{V'}{V}\right)\left(1+\frac{\Delta P}{P}\right)\frac{1}{T+\Delta T}$$

Təcrübə zamanı $\frac{V'}{V}$ çox kiçik kəmiyyət olduğuna görə onu nəzərə almamaq olar. Bu halda yuxarıdakı tənliyi aşğıdakı kimi yazmaq olar:

$$\left(1+\frac{\Delta V}{V}\right)\frac{1}{T}=\left(1+\frac{\Delta P}{P}\right)\frac{1}{T+\Delta T}$$

Yuxarıdakı ifadədən balondakı qazın temperatur artımı :

$$\Delta T=\frac{(\Delta P/P-\Delta V/V)T}{1+\Delta V/V} \qquad (2)$$

Qazın temperatur artımı ΔT mə'lum olduqda balondakı qazın daxili enerjisinin dəyişməsini aşağıdakı düsturdan tapmaq olar:

$$\Delta U=C_v\rho(V+\Delta V)\Delta T \qquad (3)$$

Burada C_v=0,169 kal/q-dər olub havanın sabit həcmdə xüsusi istilik tutumu, ρ isə təcrübənin aparıldığı temperaturda havanın sıxlığıdır. Balondakı havanın sıxlığı isə:

$$\rho = \rho_0 \frac{PT_0}{P_0 T} \qquad (4)$$

burada ρ_0=0,001293 q/sm^3 - olub havanın normal şəraitdə (T_0=273 K və P_0= 1,03 · 10^5 Pa) sıxlığıdır.

Nasosla balona hava doldurulduqda görülən iş, həcmin dəyişməsi ilə havanın orta təzyiqi hasilinə bərabərdir, yə'ni

$$A = P_{or}\Delta V = \left(P + \frac{\Delta P}{2}\right)\Delta V \qquad (5)$$

(3) və (5) ifadələrindən A və ΔU -nun qiymətlərini (1)-də yerinə yazsaq, istiliyin mexaniki ekvivalenti üçün aşağıdakı ifadəni alarıq:

$$J = \frac{A}{\Delta U} = \frac{(P + \Delta P/2)\Delta V}{C_v \rho (V + \Delta V)\Delta T} \qquad (6)$$

(6) ifadəsinə görə istiliyin mexaniki ekvivalentini hesablayarkən V həcmini B balonunun həcminə, ΔV həcmini isə nasos silindrinin həcminə bərabər götürmək lazımdır.

Qazın ilk təzyiqi manometrdəki maye səviyyələrindəki fərq ilə barometrin göstərdiyi atmosfer təzyiqinin cəminə bərabərdir. Başlanğıcda manometrdəki maye səviyyələri eyni də olarsa onda qazın təzyiqi elə atmosfer təzyiqinə bərabər olar.

Təcrübə zamanı nasosla V balonuna əlavə hava doldurulduqda yaranan ΔP təzyiqlər fərqini manometrdə mümkün qədər tez qeyd etmək lazımdır. Nasosla balona hava doldurulmasını sürətlə, nasos porşeninin geri çəkilməsini isə tədricən yerinə yetirmək lazımdır.

İşin gedişi

1. Qazın ilk təzyiqini (P), ilk temperaturuna (T) ölçməli, və balonun həcmini (V) laboratoriya cədvəlindən götürməli.
2. Nasos ilə balona ani olaraq hava dolodurub, manometrdə alınan səviyyələr fərqini qeyd etməli və ΔP təzyiq artımını tapmalı.
3. Porşenin en kəsiyi sahəsi və hərəkət etdiyi yolun uzunluğuna görə balona doldurulan havanın ΔV həcmini hesablamalı.
4. Havanın sıxlığını (4) ifadəsindən hesablamalı.
5. Balona hava doldurarkən onun temperatur artımını (2) ifadəsindən hesablamalı.
6. Alının qiymətləri (6) ifadəsində yerinə yazaraq, istiliyin mexaniki ekvivalentini tə'yin etməli.
7. Təcrübəni 3-4 dəfə təkrar edərək, ölçülən kəmiyyətin orta qiymətini tapıb, orta qiymətə görə mütləq və nisbi xətaları hesablamalı.

LABORATORİYA İŞİ № 15

HAVANININ RÜTÜBƏTİNİN AVQUST PSİXOMETRİ VASİTƏSİLƏ TƏ'YİNİ

Ləvazimat: *Avqust psixrometri, tənzif və ya batist parça, barometr, su.*

Qısa nəzəri mə'lumat

Yer kürəsini əhatə edən atmosferdə həmişə müəyyən miqdarda su buxarı vardır. Atmosfer quru hava ilə su buxarının qarışığından ibarət olduğundan atmosfer təzyiqi də quru hava ilə su buxarının parsial təzyiqləri cəmindən ibarətdir. Atmosferdə su buxarı çox olduqca onun yaratdığı parsial təzyq də çox olur.

Verilən temperaturda havada olan su buxarının qramlarla miqdarına rütubət deyilir. Temperaturun dəyişməsi havadakı su buxarının miqdarını dəyişdiyindən atmosfer təzyiqi də dəyişir. Havanın temperaturu yüksəldikcə rütubət azalır, əksinə temperatur azaldıqca isə rütubət çoxalır. Havanın rütubəti *mütləq və nisbi rütübətlə* xarakterizə olunur.

Mütləq rütubət havada olan su buxarının parsial təzyiqi ilə xarakterizə olunur və verilmiş temperaturda havanın bir kubmetrində olan su buxarının miqdarı ilə ölçülür.

Verilmiş temperaturda havada olan su buxarının doymuş buxardan nə qədər fərqləndiyini göstərmək üçün nisbi rütübət anlayışından istifadə olunur.

Verilən temperaturda 1 m^3 havada olan su buxarının təzyiqinin (P_1) həmin temperatur və həcmdə havanı doyduran su buxarı təzyiqinə (P) olan nisbəti nisbi rütubət adlanır və r hərfi ilə işarə olunur.

$$r = \frac{P_1}{P} 100\% \qquad (1)$$

Havanın rütubətini tə'yin etmək üçün müxtəlif cihazlardan: hiqrometr və psixrometrlərdən istifadə olunur. Bunların quruluş və işləmə prinsipi buxarlanma nəticəsində mayenin daxili enerjisinin azalması zamanı temperaturun da aşağı düşməsinə əsaslanır. Bu cihazlardan praktikada ən çox istifadə olunanı Avqust psixrometridir. Avqust psixrometri (şəkil 1) iki eyni termometrdən ibarətdir. Bu termometrlərdən birinin ucuna tənzif sarınır. Termometrin ucuna mayeyə toxundurmamaq şərti ilə tənzifin sərbəst ucu mayenin içərisinə salınır. Bu termometr yaş termometr adlanır. Yaş termometrin ucuna sarınan tənzifin səthindən suyun buxarlanması nəticəsində onun göstəricisi quru termometrin göstərişindən az olur. Yaş termometrin soyuması və onun temperaturunun qərarlaşması o zaman baş verir ki, müəyyən müddətdə termometr xəzinəsinin (civə və ya başqa maddə doldurulmuş hissəsinin) xarici mühitdən aldığı istilik miqdarı, həmin müddətdə tənzifin səthindən suyun buxarlanmasına sərf olunan istilik miqdarına bərabər olsun.

$$Q_1 = Q_2 \qquad (2)$$

Vahid zamanda termometr xəzinəsinin aldığı istilik miqdarı:

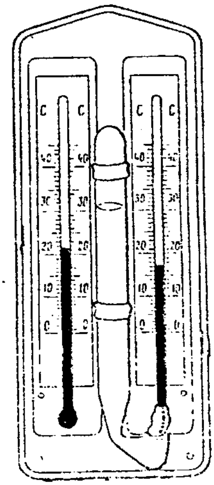
$$Q_1 = \alpha(t_0 - t_1)\cdot S \qquad (3)$$

Burada t_0- quru termometrin göstərişi, (t_0-t_1) – quru və yaş termometrlərin göstərişləri fərqi, S – termometr xəzinəsi səthinin sahəsi, α- mütənasiblik əmsalıdır.

Yaş termometrin səthindən vahid zamanda buxarlanan maye üçün sərf olunan istilik miqdarı isə

$$Q_2 = \frac{P_1 - P}{H} bS\lambda \qquad (4)$$

olacaq. Burada P_1 – buxarlanan maye temperaturunda mayenin doymuş buxarının təzyiqi, P – havanın adi şəraitdəki təzyiqi, b – mütənasiblik əmsalı, λ - suyun xüsusi buxarlanma istiliyi, S – termometr xəzinəsi səthinin sahəsi, H – atmosfer təzyiqidir.



Şəkil 1.

(3) və (4) ifadələrinin müqayisəsindən

$$P = P_1 - \frac{\alpha}{b\lambda} H(t_0 - t_1) \qquad (5)$$

alırıq. Bu düsturda $\frac{\alpha}{b\lambda}$ nisbəti sabit kəmiyyət olub, psixrometrik kəmiyyət adlanır və onu A ilə işarə etsək,

$$P = P_1 - A(t_0 - t_1)H \qquad (6)$$

alarıq. Burada A=0,008-psixrometrik sabit, N-atmosfer təzyiqi, t_1-yaş termometrin, t_0- isə quru termometrin göstərişləri, P_1-yaş termometrin göstərişinə uyğun gələn su buxarının təzyiqidir və təcrübədə onu uyğun temperatur üçün cədvəldən götürürlər.

İşin gedişi

1. Tənzif sarınan termometrdə tənzifin sərbəst ucunu suyun içərisinə salmalı və termometrin xəzinəsini suyun səthindən bir qədər yuxarıda saxlamalı. Müəyyən vaxtdan sonra hər iki termometrin göstərişlərini qeyd etməli.
2. Yaş termometrin göstərişinə uyğun gələn buxarın təzyiqini (P_1) cədvəldən götürməli.
3. Barometrdən atmosfer təzyiqini qeyd edib, sonra (1) və (6) ifadələrinə görə mütləq və nisbi rütubətləri hesablamalı.
4. Təcrübəni 3-5 dəfə təkrarlayaraq ölçülən kəmiyyətlər üçün orta qiymət tapıb, nisbi və mütləq xətaları orta qiymətə görə tə'yin etməlı.

ƏLAVƏLƏR

1. Bəzi maddələrin normal şəraitdə sıxlığı

Bərk cisimlər, 10^3 kq/m^3

№	Maddə	ρ	№	Maddə	ρ
1	Alüminium	2,7	20	Polad	7,8
2	Mis	8,9	21	Buz	0,9
3	Nixrom	8,4	22	Pəncərə şüşəsi	2,5
4	Qalay	7,3	23	Çini	2,3
5	Latun	8,5	24	Çuqun	7,0-7,8
6	Qurğuşun	11,3	25	Platin	21,5
7	Gümüş	10,5	26	Pleksiqlas	1,2
8	Qızıl	19,3	27	Penoplast	0,02-0,10
9	Almaz	3,5	28	Volfram	8,3
10	Germanium	1,93	29	Parafin	9,0
11	Qrafit	2,1	30	Xörək duzu	2,1
12	Polonium	9,28	31	Mantar	2,4
13	İridium	2,24	32	Kərpic	1,8
14	Konstantan	8,9	33	Slyuda	2,8
15	Daş kömür	1,4	34	Manqanin	8,5
16	Uran	1,87	35	Mis kuporosu	2,2
17	Sink	7,1	36	Naşatır	1,5
18	Kükürdlü sink	4,04	37	Nikelin	8,8
19	Nikel	8,9	38	Ebonit	1,2

Mayelər, 10^3 kq/m^3, (T=300 K)

№	Maddə	ρ	№	Maddə	ρ
1	Benzin	0,70	12	Neft	0,80
2	Su (4^0S-də)	1,00	13	Civə (0^0S-də)	13,60
3	Dəniz suyu	1,03	14	Skipidar	0,87
4	Qliserin	1,26	15	Spirt	0,80
5	Kerosin	0,80	16	Efir	0,71
6	Sürtkü yağı	0,90	17	Zeytin (bitki) yağı	0,92
7	Anilin	1,02	18	Doymuş mis kuporosu məhlulu	1,15
8	Nitrobenzol	1,2	19	Ağır su, ən çox sıxlıq tem-ru, 284, 23 K	1,06
9	Su, 373 K-də	0,958	20	Toluol	0,87
10	Mineral yağ	0,92		Sirkə turşusu	1,05
11	Benzol	0,9			

Qazlar (kq/m^3, normal şəraitdə)

№	Maddə	ρ	№	Maddə	ρ
1	Azot	1,25	9	Oksigen	1,43
2	Ammonyak	0,77	10	Metan	0,71
3	Hidrogen	0,09	11	Karbon qazı	1,98
4	Hava	1,29	12	Xlor	3,21
5	Helium	0,18	13	Ozon	2,14
6	Arqon	1,78	14	Asetilen	1,17
7	Kripton	3,74	15	Ksenon	5,85
8	Neon	0,90			

2. Bə'zi maddələrin ərimə temperaturu

№	Maddə	T, K	№	Maddə	T, K
1	Alüminium	933	11	Vud ərintisi	338,5
2	Dəmir	1803	12	Qızıl	1336
3	Latun	1173	13	İridium	2603
4	Buz	273	14	Kalium	3353
5	Mis	1356	15	Kvars	1473
6	Qalay	505	16	Kükürd	380
7	Qurğuşun	600	17	Nixrom	1373
8	Gümüş	1233	18	Platin	2043
9	Vismut	440	19	Sink	692
10	Volfram	3611	20	Tantal	3073

3. Bə'zi metallar üçün elastiklik əmsalı

№	Maddə	E, (MPa)	№	Maddə	E, (MPa)
1	Aluminium	70 000	11	İnvar	140 000
2	Bürünc	11 500	12	İridiy	53 000
3	Mis	100 000	13	Konstantan	166 000
4	Qurğuşun	17 000	14	Nikel	200 000
5	Polad	210 000	15	Platin	170 000
6	Manqanin	126 000	16	Tantal	190 000
7	Vismut	32 000	17	Sink	90 000
8	Volfram	355 000	18	Xrom	245 000
9	Dural	70 000	19	Çuqun	80 000
10	Qızıl	80 000	20	Neyzilber	110 000

4. Bə'zi qeyri metallar üçün elastiklik əmsalı

№	Maddə	E (N/sm²)	№	Maddə	E (N/sm²)
1	Palıd ağacı	$1{,}6\cdot10^6$	7	Mərmər	$2{,}6\cdot10^6$
2	Dəmir ağacı	$2{,}4\cdot10^6$	8	İpək sap	$0{,}6\cdot10^6$
3	Şam ağacı	$0{,}9\cdot10^6$	9	Rezin	$0{,}4\cdot10^6$
4	Kvars	$6{,}8\cdot10^6$	10	Şüşə (kron)	$7{,}2\cdot10^6$
5	Ketqut	$0{,}3\cdot10^6$	11	Şüşə (flint)	$5{,}5\cdot10^6$
6	Buz (-2°C-də)	$0{,}3\cdot10^6$	12	Üzvi şüşə	$0{,}3\cdot10^6$

5. Bə'zi səthlər üçün sürüşmə sürtünmə əmsalları

1. Ağac ağac (palıd) üzərində	0,50
2. Ağac quru torpaq üzərində	0,71
3. Polad polad üzərində	0,13
4. Polad buz üzərində	0,02
5. Kömür mis üzərində	0,25
6. Polad dəmir üzərində	0,19
7. Dəmir quru ağac üzərində	0,5-0,6
8. Polad feredo üzərində	0,25-0,45

6. Müxtəlif coğrafi en dairələri üçün sərbəstdüşmə tə'cili

Coğrafi en dairəsi	Sərbəstdüşmə tə'cili (sm/s²)	Coğrafi en dairəsi	Sərbəstdüşmə tə'cili (sm/s²)
0°	978,030	55,45° Moskva	981,523
10°	978,186	60°	981,914
20°	978,634	70°	982,606
30°	979,321	80°	983,058
40°, Bakı	980,160	85°	983,176
50°	981,066	90°	981,908

7. Bə'zi bərk maddələrin termik xətti genişlənmə əmsalı

№	Maddə	$\alpha\cdot10^4K^{-1}$	№	Maddə	$\alpha\cdot10^4K^{-1}$
1	Alüminium	0,238	11	Kaliy	83
2	Bürünc	180	12	Kvars	141
3	Vismut	135	13	Kərpic	0,9
4	Volfram	0,45	14	Konstantan	122
5	Dəmir	114	15	Kobalt	127
6	Qızıl	143	16	Latun	189
7	Prlad (1,5% C)	105	17	Mis	167
8	İnvar (36,1% Ni)	0,09	18	Molibden	0,52
9	İridiy	0,66	19	Ağ mərmər	14

10	Kadmiy	247	20	Nixrom	123

8. Bə'zi mayelərin termik həcmi genişlənmə əmsalları (β)

№	Maddə	$\beta \cdot 10^2$, K^{-1}	№	Maddə	$\beta \cdot 10^2$, K^{-1}
1	Aseton	0,148	7	Civə	0,0181
2	Benzol	0,124	8	Skipidar	0,095
3	Su	0,207	9	Etil spirti	0,110
4	Qliserin	0,051	10	Metil spirti	0,125
5	Kerosin	0,95	11	Toluol	0,109
6	Neft	0,09	12	Efir	0,165

9. Bə'zi maddələrin xüsusi istilik tutumları 10^3 C/kq

№	Maddə	C	№	Maddə	C
1	Alüminium	0,88	11	Civə	0,1
2	Dəmir	0,46	12	Su	4,19
3	Bürünc	0,38	13	Spirt	2,4
4	Mis	0,39	14	Hidrogen	14,3
5	Qalay	0,23	15	Oksigen	0,92
6	Qurğuşun	0,13	16	Karbon qazı	0,83
7	Polad	0,46	17	Hava	1,00
8	Şüşə	0,83	18	Su buxarı	2,2
9	Sink	0,38	19	Azot	1,0
10	Çuqun	0,54	20	Helium	5,21

10. Bə'zi maddələrin xüsusi buxarlanma istiliyi, 10^5 C/kq

№	Maddə	$\rho \cdot 10^2$, K^{-1}	№	Maddə	$\rho \cdot 10^2$, K^{-1}
1	Su	22,6	6	Aseton	59,3
2	Civə	2,82	7	Benzol	39,6
3	Spirt	9,05	8	Azot turşusu	48,3
4	Efir	3,68	9	Amiak	460
5	Skipidar	3,0	10	Helium	2,3

11. Bə'zi maddələrin xüsusi ərimə istiliyi, 10^5 C/kq

№	Maddə	λ	№	Maddə	λ
1	Alüminium	3,9	6	Gümüş	1,3
2	Buz	3,35	7	Dəmir	0,3
3	Mis	1,80	8	Qızıl	0,7

4	Qalay	0,58	9	Platin	0,12
5	Qurğuşun	0,25	10	Sink	1,2

12. Bə'zi maddələrin otaq temperaturunda səthi gərilmə əmsalı, 10^{-2} N/m

№	Maddə	α	№	Maddə	α
1	Su	7,4	7	Anilin	4,3
2	Kerosin	3,6	8	Benzol	3,0
3	Spirt	2,2	9	Qliserin	6,4
4	Civə	47,1	10	Zeytun yağı	1,8
5	Sabun köpüyü	4,0	11	Skipidar	2,7
6	Günəbaxan yağı	2,7	12	Sirkə turşusu	2,8

13. Bə'zi mayelərin xüsusi istilik tutumları, 10^3 C/kq·K

№	Maddə	C	№	Maddə	C
1	Su	4,2	6	Spirt	0,24
2	Aseton	2,2	7	Sirkə turşusu	2,1
3	Benzol	1,7	8	Efir	2,4
4	Neft	2,1	9	Anilin	2,2
5	Civə	0,14	10	Pentan	2,1

14. Bə'zi qazların sabit təzyiqdə xüsusi istilik tutumu, 10^3 C/kq·K

№	Maddə	C_p	γ	№	Maddə	C_p	γ
1	Azot	1,05	1,4	7	Hava	14,3	1,4
2	Amiak	2,29	1,34	8	Helium	5,3	1,66
3	Arqon	0,52	1,67	9	Oksigen	0,9	1,32
4	Asetilen	1,6	1,26	10	Dəm qazı	0,6	1,30
5	Benzol buxarı	1,1	-	11	Xlor	0,5	1,36
6	Hidrogen	1,43	1,41	12	Etan	1,7	1,22

15. Bə'zi mayelərin otaq temperaturunda daxili sürtünmə əmsalı, q/s·m

№	Maddə	η	№	Maddə	η
1	Anilin	0,066	7	Zeytun yağı	0,808
2	Aseton	0,0032	8	Nitrobenzol	0,0251
3	Benzol	0,0070	9	Civə	0,0162
4	Su	0,0114	10	Skipidar	0,0149

5	Qliserin	13,93	11	Spirt	0,0147
6	Toluol	0,0067	12	Maşın yağı	12,3

16. Bə'zi qazların otaq temperaturunda istilik keçirmə əmsalı, 10^7 C/m·s·K

№	Maddə	χ	№	Maddə	χ
1	Oksigen	24,5	5	Azot	23,8
2	Karbon qazı	23,2	6	Dəm qazı	14,6
3	Helium	149	7	Hava	23,8
4	Hidrogen	175	8	Metan	33,4

17. Bə'zi bərk cisimlərin otaq temperaturunda istilikkeçirmə əmsalı, 10^2 C/m·s·K

№	Maddə	χ	№	Maddə	χ
1	Alüminium	2,0	9	Latun	1,1
2	Bürünc	0,59	10	Buz	0,0055
3	Volfram	1,60	11	Mis	3,9
4	Dəmir	0,6	12	Molibden	1,05
5	Qızıl	2,9	13	Kvars	0,130
6	Palıd ağacı	0,0004	14	Mərmər	0,029
7	Gümüş	4,16	15	Slüda	0,008
8	Qurğuşun	0,35	16	Polad	0,46

18. Suyun müxtəlif temperaturlarda istilik tutumu (C – kal/q.dər ilə)

t^0C	C	t^0C	C
0	1,0091	55	0,9982
5	50	60	88
10	20	65	94
15	1,0000	70	1,0001
20	0,9987	75	07
25	78	80	14
30	73	85	21
35	71	90	28
40	71	95	35
45	73	100	1,0043
50	0,9977		

19. Doymuş su buxarının müxtəlif temperaturlarda təzyiqi
(P – mm.c.st ilə) və sıxlığı (m – q/m^3 ilə)

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

İSTİFADƏ OLUNAN ƏDƏBİYYAT

1. Qocayev N.M. " Ümumi fizika kursu ", Mexanika, Bakı, 1980.
2. Tahirov V.İ. " Ümumi fizika kursu", Mexanika, Molekulyar fizika, Bakı, 2001.
3. V.İ.İverenovanın redaktorluğu ilə " Fizika praktikumu", Azərnəşr, Bakı, 1962.
4. Mehrabov A.O. "Ümumi fizika kursundan laboratoriya işlərinə rəhbərlik", Bakı,1983.
5. Qəhrəmanov N.F., Hüseynov Y.Y., "Ümumi fizika praktikumu ", Sumqayıt, 2001.
6. Nurullayev Y.Q., Oarayev E.S., Kərimov V.M., Talıbova D.A., " Ümumi fizika praktikumu", Bakı, 2001.

MÜNDƏRİCAT

I FƏSİL

Laboratoriya işləri

Mexanika

II FƏSİL

Molekulyar fizika

YAQUB CƏLİL OĞLU BAYRAMOV

FİZİKA PRAKTİKUMU

Yığılmağa verilmişdir: 20.06.2002
Çapa imzalanmışdır: 02.08.2002
Şərti çap vərəqi: 10; Tiraj: 300
«El-ALliance» şirkətinin mətbəəsində
çap olunmuşdur