

MİRNAMİK BƏŞİROV

ÜMUMİ FİZİKA
kursu üzrə laboratoriya işləri

MEXANİKA VƏ MOLEKULYAR FİZİKA

Lənkəran -2016

ÜMUMİ FİZİKA KURSU ÜZRƏ LABORATORİYA İŞLƏRİ: MEXANİKA VƏ MOLEKULYAR FİZİKA.

Lənkəran Dövlət Universiteti,.....,2016, - 122 səh..

Tərtib etdi: Mirnamik Bəşirov Mirəhmədağa oğlu

mbashirov@mail.ru

Fizikadan laboratoriya işləri vəsaiti özündə 23 laborator işi, ölçmələrin aparılmasına göstəriş, laboratoriya işinə hazırlıq mərhələsi, onun işlənməsi, müşahidə nəticələrinin götürülməsi, xətlərin hesablanması və hesabatın tərtibi nümunəsini cəmləşdirir. Hər bir laboratoriya işi üçün qısa nəzəri məlumat, cihazın təsviri, işin icra algoritmi, işin nəticələrinin hesablanması və hesabatın hazırlanmasının ümumi forması verilmişdir.

Vəsait ali məktəblərdə laboratoriya apararı müəllimlər, bakalavr pilləsi, qeyri ixtisas tələbələri üçün nəzərdə tutulmuşdur. Vəsaitdən eləcədə orta ümumtəhsil və ixtisas məktəblərində, litsey və kolleclərdə fizika laboratoriya dərslərində istifadə oluna bilər.

MİRNAMİK BƏŞİROV

ÜMUMİ FİZİKA **kursu üzrə laboratoriya işləri**

MEXANİKA VƏ MOLEKULAR FİZİKA

Lənkəran Dövlət Universitetinin
2-52 sayılı 25 aprel 2016 cı il tarixli əmri ilə
dərs vəsaitinə nəşr hüququ verilmişdir.

Rəy verənlər:

Nəsirov Vaqif İbad oğlu - ADPU “Elektrik və Optika” kafedrasının professoru, f.r.e.d.

Zeynalov Firudin Qurban oğlu – ADPU “Mexanika və Molekulyar fizika” kafedrasının dosenti, f.r.e.n.

Bayramov Şahin Qənbər oğlu – ATU “Biokimya” kafedrasının dosenti, ATU Virtual Test Mərkəzinin direktoru, f.r.e.n.

Kamandar Cəfərov Molla oğlu - Lənkəran Dövlət Universiteti, dosent, f.r.e.n.

Mürsəliyev Oktay Qulu oğlu - Lənkəran Dövlət Universiteti, dosent, tex.e.n.,

İÇİNDƏKİLƏR

Ön söz	5
1.Laboratoriya işinin mərhələləri	6
2.Fiziki eksperimentin nəticələrinin işlənməsi mərhələsi	6
3.Ölçmələrin xətası	7
3.1.Xətalərin növləri	7
3.2.Birbaşa ölçmələrin xətası	7
3.3.Cihazların xətası	8
3.4. Bir ölçmə zamanı xəta	9
3.5. Cədvəl kəmiyyətlərin xətası	9
3.6.Dolaylı ölçmələrdə xəta	9
3.7.Tam xəta	12
4. Müşahidə nəticələrinin yazılışı	13
5. Qrafiklərin qurulması	13
6.Ölçmə nəticələrinin işlənmə alqoritmi	15
7.Özünü yoxlama sualları	16
8.Təhlükəsizlik qaydaları	16
9. Fizika laboratoriyasında işin əsas qaydaları	17
9.1. Hər bir laboratoriya məşğələsi zamanı tələbə özü ilə nəyi gətirməlidir.	17
9.2. Laboratoriya dəftərinin tərtibatı	17
9.3. Laboratoriya işinin yerinə yetirilməsi ardıcılığı	17
10. Laboratoriya işinin yerinə yetirilməsi mərhələsi	18
10.1. Laboratoriya işinə hazırlıq mərhələsi	18
10.2. Laboratoriya işinin icrasına icazə verilməsi mərhələsi – işə buraxılma	18
10.3. Tələbənin laborator işi üzrə nəzəri biliklərə malik olması təsdiq edildikdən sonra təcrübənin aparılması mərhələsi	18
10.4. Hesabatın yazılması üçün təyin ediləcək kəmiyyəti tapmaq üçün aparılan ölçmələrdən alınan qiymətlərin hesablanması, xətalərin tapılması, nəticənin hazırlanması mərhələsi (sərbəst)	19
10.5.Laboratoriya işinin hesabatının təhvilə mərhələsi.	20
10.5.1. Hesabatın hazırlanması	20
11.Laboratoriya işinin qiymətləndirilməsi	22
12.Laboratoriya işlərinin məzmunu	23
L-1 Silindirin həcmənin təyin olunması nümunəsində ölçülərin tapılması və maddənin sıxlığının təyini	23
L-2Maddənin elastiklik əmsalının təyini	27
L-3 Rəqs metodu ilə cismin ətalət momentinin təyini	31
L-4 Təkərin (diskin) ətalət momentinin təyini	34
L-5 Universal rəqqas vasitəsi ilə ağırlıq qüvvəsi təcilinin təyini	37
L-6 Fiziki rəqqas vasitəsi ilə ağırlıq qüvvəsi təcilinin təyini	41
L-7 Oberbek rəqqası vasitəsi ilə cismin ətalət momentinin təyini və fırlanma hərəkəti qanunun yoxlanması	43
L-8 Fiziki rəqqasın öyrənilməsi	51
L-9 Müxtəlif cisimlərin ətalət momentlərinin burulma rəqqası vasitəsi ilə təyini	55
L-10 Kürələrin toqquşmasının öyrənilməsi	61
L-11 Yaylı rəqqasın məxsusi rəqslərinin öyrənilməsi	68
L-12 Riyazi rəqqas vasitəsi ilə ağırlıq qüvvəsi təcilinin təyini	71
L-13 Mayenin özlülük əmsalının təyini	78

L-14 Adiabatik genişlənmə üsulu ilə qazın xüsusi istilik tutumu nisbətinin təyini	81
L-15 Kapilyar boruda qalxmasına görə mayenin səthi gərilmə əmsalının təyini	86
L-16 Suyun xüsusi istilik tutumunun elektrikkalorimetr üsulu ilə təyini	89
L-17 Üfüqi atılmış cismin sürətinin təyini	92
L-18 Sürtünmə əmsalının təyini	95
L-19 Suyun səthi gərilmə əmsalının damcı üsulu ilə təyini	97
L-20 Yaylı rəqqas vasitəsi ilə statik və dinamik üsulla yayın sərtliliyinin təyini	100
L-21 Avqust psixrometri vasitəsi ilə havanın nisbi rütubətinin təyini	103
L-22 Halqanın qopma üsulu ilə mayenin səthi gərilmə əmsalının təyini	109
L-23 Maddənin sıxlığının təyini	113
Əlavələr	115

ÖN SÖZ

Təhsilin bütün formalarında fizikanın tədrisi digər fənlərin mənimsənilməsi baxımdan çətin görünür: tələbələrdən daha çox riyazi biliklərin olması və onlardan səmərəli istifadə edilməsini, fiziki hadisələrin və qanuna uyğunluqların anlaşılmasını və kiçik problemlərə (məsələlərə) tətbiq etmək bacarığı, ölçmə metodlarının təyini, ölçmələrin aparılması, xətlərin hesablanması və hesabatın hazırlanması vərdişləri tələb olunur. Fizikadan tədris prosesi kompleks olaraq: nəzəriyyənin öyrənilməsi, məsələ həlli və laboratoriya işlərində qanunların yoxlanması formasında aparılır. Lakin hazırda tədris planlarında auditoriya məşğələlərinə ayrılan saatlar az olması və əsas yükün tələbələrin müstəqil hazırlığı üzərinə düşməsi nəzərə alaraq tələbələrə daha çox metodik materiallar, vəsaitlər verilməlidir. Bu baxımdan və tədris saatlarının optimallaşması baxımdan vəsaitdə əsas laboratoriya işləri, onların məzmunu və işin gedişi, özünü hazırlıq üçün suallar verilmişdir. Vəsaitdə verilən laboratoriya işləri ümumi fizika kursunun laboratoriya işlərinin bir hissəsidirki, bu işlər qeyri ixtisas qruplarında fizikadan laboratoriya praktikumunun təşkilinə kifayət edir. Həddən artıq laboratoriya işinin təqdim olunmasını məqsəduyğun hesab etmədik. Əsas məqsəd kimi fiziki qanunların və qanunauyğunluqların vəhdət təşkil etməsini göstərmək, onların ifadələrində olan kəmiyyətləri eksperimental təyin etmək üsullarını vermək, tələbələrin əsas cihaz və avadanlıqlarla işləmək bacarığını artırmaq, müşahidənin aparılması, ölçmələrin götürülməsi, nəticələrin hesablanması, xətlərin tapılması və hesabatın hazırlanması qaydalarını vermək və öyrətmək nəzərdə tutulmuşdur.

Hazırda laboratoriya saatları ümumi fizika kursu ümumi saati baxımdan azdır: bu baxımdan laboratoriya işlərinin məzmunu və gedişi ilə bağlı digər ədəbiyyatlara da müraciət olunması məqsəduyğun hesab edirik.

Vəsaitdə tələbələrin hazırlığını təmin etmək məqsədi ilə hər laboratoriya işinin sonundan özünü hazırlıq sualları təqdim olunmuşdur. Müəyyən laboratoriya işlərinin kompyuter variantında aparılması nəzərdə tutulur.

1.Laboratoriya işlərinin aparılması mərhələləri

Laboratoriya işinin yerinə yetirilməsi dörd mərhələdən ibarətdir:

-laboratoriya işinə qabaqcadan verilmiş və özünün əldə etdiyi material üzrə müstəqil hazırlıq mərhələsi,

-tələbənin laboratoriya işi üzrə nəzəri biliklərə malik olması təsdiq edildikdən sonra təcrübənin aparılması mərhələsi,

-hesabatın yazılması üçün təyin ediləcək kəmiyyəti tapmaq üçün aparılan ölçmələrdən alınan qiymətlərin hesablanması, xətalərin tapılması, nəticənin hazırlanması mərhələsi, (sərbəst)

-laboratoriya işinin hesabatının təhvil verilməsi mərhələsi.

2.Fiziki eksperimentin nəticələrinin işlənməsi mərhələsi

Fizika təcrübə eksperimental elmdir. fiziki qanunauyğunluqların təyini, onların öyrənilməsi əsasən eksperimentlərin üzərinə düşür. Eksperiment – məntiqli, məqsədyönlü, əlaqəli fəaliyyət sistemidir. Fizikada təcrübələrin əsasında kəmiyyətlərin ölçülməsi durur. Bu da onların ölçülməsi metodikasının öyrənilməsinə gətirir.

Fiziki kəmiyyətin ölçülməsi zamanı ardıcıl olaraq üç mərhələ həyata keçirilir. 1) eksperimentin şəraitinin yaradılması, 2) müşahidə 3) hesablama.

Ölçmələrin aparılması üçün eksperimentin şəraitinin yaradılması dedikdə ölçü cihazları, xüsusi qurğular, elektrik dövrələri və s. başa düşülür.

Hesablama müşahidə nəticəsində miqyasə görə təyin edilir, ilk eksperimental verilənlər alınır. Eksperimentdən alınan qiymətlərin işlənməsi axtarılan kəmiyyəti tapmağa imkan verir.

Ölçmə dedikdə verilmiş fiziki kəmiyyəti onun üçün etalon qəbul olunmuş kəmiyyətlə müqayisə etmək başa düşülür.

Ölçmələr birbaşa və dolaylı olmaqla əsas iki yerə bölünür.

Birbaşa ölçmə zamanı kəmiyyət üzərində verilmiş vahidlərlə miqyası olan cihazla birbaşa ölçülür. Məsələn: uzunluğun xətkəşlə, kütlənin tərəzi ilə, cərəyan şiddətinin ampermetrlə ölçülməsi.

Dolaylı yolla ölçmə zamanı fiziki kəmiyyətin ölçülməsi bu kəmiyyəti hesablamağa imkan verən və birbaşa onunla funksional asılılıqda olan və ölçülməsi mümkün olan digər kəmiyyətlərin ölçmədən sonra alınan qiymətlərinin tətbiqi ilə hesablamaqla aparılır. Məsələn: cismin sürəti v belə hesablanır: $v = s/t$, burada s – cismin t müddətində getdiyi yoldur; ağırlıq qüvvəsinin verdiyi təcili riyazi rəqqasın rəqs perioduna görə belə təyin olunur:

$$g = \frac{4\pi^2 \ell}{T^2}, \text{ haradakı } \ell - \text{riyazi rəqqasın uzunluğu, } T - \text{riyazi rəqqasın rəqs periodudur. } s, t, \ell,$$

T kəmiyyətləri birbaşa ölçülə bilən kəmiyyətlərdir.

Fiziki kəmiyyətlər verilmiş şəraitdə dəqiq qiymətə malikdir (lövhənin qalınlığı, temperatur fərqi, iki hadisə arasındakı zaman müddəti). Lakin ölçmə zamanı müəyən faktorların təsiri (yerin tərpənməsi, temperaturun və təzyiqin dəyişməsi, ölçmənin qeyd olunduğu zaman eksperimentatorun vəziyyətinin dəyişməsi və s.) ölçmənin nəticələrinə təsir edir - alınan qiymətlər təsadüfi kəmiyyətlər olur. Ölçmələrin aparılması zamanı əsas məsələ ölçülən kəmiyyətin daha dəqiq qiymətini ölçmək və ölçmədə olan səhvi (xətanı)

göstərməkdir. Məsələn: Linzanın fokus məsafəsi f üçün: $f = (81 \pm 1)$ mm alınmışdır. Bu onu göstərirk, fokus məsafəsinin daha dəqiq qiyməti 81 mm-dir, fokus məsafəsinin ölçülməsində səhv (xəta) isə 1mm-dir.

3. Ölçmələrin xətası

3.1 Xətaların növləri

Ölçmə (müşahidə) xətası dedikdə kəmiyyət üçün ölçmə zamanı alınan qiymətlərin onun həqiqi qiymətindən olan fərqi başa düşülür. X kəmiyyətin ölçülmüş qiyməti, X_0 isə həqiqi qiymət olarsa, mütləq xətanı $\Delta X = X - X_0$ kimi təyin edə bilərik. Nisbi xəta isə $\varepsilon = \Delta X / X$ təyin olunub, faizlə göstərilir. Nisbi xəta alınan qiymətin həqiqi qiymətdən neçə faiz fərqləndiyini bildirir.

Təbii ki mütləq və nisbi xəta nə qədər az alınarsa, ölçmələr bir o qədər dəqiq aparılmışdır demək olar. Hər hansı kəmiyyətin ölçmələrinin nəticəsini belə yazmaq olar:

$$X = (X_0 \pm \Delta X) \text{ ölçü vahidi} \quad (3.1)$$

Əsas üç növ xəta fərqləndirilir:

1. **Sistematik xətlər** - Eyni müşahidə apararkən bu xətlər dəyişməz qalır və ya qanuna uyğun dəyişir. Bu xətlərin təbiəti və qiyməti məlum olarsa, belə xətlər aradan qaldırıla bilər. sistematik xətləri müşahidənin sayını artırmaqla azaltmaq olmaz. Sistemativ xətlərə müəyyən xəta sinfinə daxil olan cihazların ölçmə xətləri daxil edilə bilər. bu xətlər səbəbən belə yaranır: 1) ölçmə cihazlarının saz olmaması, 2) ölçmə metodunun düz seçilməməsi, 3) müşahidəçi tərəfindən edilən xəta. Ölçmə metoduna kəskin yanaşma və cihazların sazlığını yoxlamaqla bu xətləri azaltmaq olar. əgər ölçü cihazı üzərində xətası yazılmayıbsa, xəta kimi onun ən kiçik bölgüsünün yarısını götürmək olar.

2. **Təsadüfi xətlər** - Bu ölçmələrdə təkrarlanan təsadüfi xətlərdir. Bu çoxlu sayda bir birindən fərqlənən rəqəmlərin alınması nəticəsində yaranır.

3. **Yayınma** - Bu bilavasitə müşahidəçinin ehtiyatsızlığı və diqqətsizliyi nəticəsində yaranır. Yayınmalar müşahidə nəticələrindən kənarlaşdırılmalıdır. Bu çox tez müşahidə olunur: alınan qiymət digərlərindən kəskin fərqlənir.

3.2 Birbaşa ölçmələrin xətası

Kəmiyyətin asılı olmayan N təkrar ölçmələrin nəticəsi X_i olarsa ($i=1,2,3 \dots, N$), əsasən iki mütləq xətadan istifadə olunur:

- 1) Kvadratik orta mütləq xəta metodu,
- 2) Mütləq xətanın orta qiymət metodu.

Birinci metod fiziki kəmiyyətin həqiqi qiymətinin olduğu intervalı daha dəqiq təyin etməyə imkan verir. İkinci metod birinciyə nəzərən sadə metoddur və nisbətən az sayda ölçmə tələb edir.

Bəzən laboratoriya işinin nəticəsi üçün cəbri ortalama (riyazi gözləmə) metodundan istifadə olunur. Bunun üçün cihazların göstərişlərində xətlərin olmaması və bütün ölçmələrin və xətlərin təsadüfi kəmiyyət olması əsasdır.

Fərz edək ki, N müxtəlif birbaşa ölçmənin nəticələri belə olmuşdur: $X_1, X_2, X_3, \dots, X_N$. Daha ehtimallı ölçməni təyin etmək üçün xətanı təyin edək. Bu halda daha ehtimallı ölçülən kəmiyyət ölçüldən alınan qiymətlərin cəbri ortalama qiyməti olacaqdır.

$$\langle X \rangle = \frac{1}{N} (X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_N) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i \quad (3.2)$$

Hər bir ölçmənin mütləq xətası modulda aparılır.

$$\left. \begin{aligned} \Delta X_1 &= |\langle X \rangle - X_1| \\ \Delta X_2 &= |\langle X \rangle - X_2| \\ &\dots\dots\dots \\ \Delta X_N &= |\langle X \rangle - X_N| \end{aligned} \right\} \quad (3.3)$$

Xəta kimi alınan xətlərin orta qiyməti götürülür:

$$\langle \Delta X \rangle = \frac{1}{N} (\Delta X_1 + \Delta X_2 + \Delta X_3 + \dots + \Delta X_N) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \Delta X_i \quad (3.4)$$

Bu halda son nəticə belə yazıla bilər:

$$X = (\langle X \rangle \pm \langle \Delta X \rangle) \text{ ölçü vahidi.} \quad (3.5)$$

3.3 Cihazların xətası

Bir çox hallarda çoxsaylı ölçmələrin nəticəsi eyni qiymət verir. Məsələn: silindirin hündürlüyünü millimetrlilik xətkəşlə ölçdükdə eyni qiymət alınır: $d = 45,0 \text{ mm}$. Bu heçdə o demək deyildirki, ölçmə xətası yoxdur. İstənilən ölçü cihazı məxsusi və ya cihaz xətasına malikdir. Bu cihazın dəqiq hazırlanması, dərəcələnməsi və istifadəsi ilə bağlıdır. Cihazın xətası onun pasportunda qeyd olunur. əgər xüsusi göstərişlər yoxdursa, cihazın xətası onun ən kiçik bölgüsünün yarısı kimi götürülür. Millimetrlilik xətkəşlə ölçü zamanı bu $0,5 \text{ mm}$ bərabərdir: $d = (45,0 \pm 0,5) \text{ mm}$.

Ölçü həddi - cihazın ölçə biləcəyi maksimal qiymətdir. Məsələn: fərz edək ki, voltmetrin ölçü həddi $U_{\max} = 50 \text{ B}$, cihazın şkalası $n_{\max} = 100$ bölgüyə malikdir. Şkalanın bir bölgüsünün qiyməti: $C = U_{\max}/n_{\max} = 0,5 \text{ V/bölgü}$.

Tutaqki, cihazın əqrəbi $n_X = 30$ bölgü üzərində qalmışdır. Onda ölçülən gərginlik belə tapılar: $U_X = c n_X = 0,5 \text{ V/m. } 30 \text{ bölgü} = 15 \text{ V}$.

$$\text{Beləliklə bir bölgü} \quad c = \frac{X_{\max}}{n_{\max}}. \quad (3.6)$$

Axtarılan kəmiyyət bölgülərin sayının bir bölgünün qiymətinə hasili kimi tapılır:

$$X = c \cdot n_{\max}. \quad (3.7)$$

Cihazın dəqiqliyi onun dəqiq hazırlanması və dərəcələnməsi ilə bağlıdır. DÜST -ə əsasən elektrik ölçü cihazları dəqiqliyinə görə 8 sinfə bölünür:

$$4,0 - 2,5 - 1,5 - 1,0 - 0,5 - 0,2 - 0,1 - 0,05.$$

Dəqiqlik sinfinə görə cihazın xətasını təyin etmək olar: cihazın mütləq xətası cihazın ölçü həddindən asılı olub sabitdir və şkalanın ixtiyarı oblastı üçün sabitdir. Bunun üçün cihazın ölçü həddini aid olduğu uyğun sinfin dəqiqliyinə vurmaq lazımdır. Dəqiqlik faizlə verilir.

Məsələn: dəqiqlik sinfi 0,5 olan ampermert üçün ölçü həddi 10 A olarsa, onun mütləq xətası belə olacaqdır:

$$\Delta I = \pm (10 \text{ A} \cdot 0,5 \%) = \pm (10 \text{ A} \cdot 0,5 \cdot 10^{-2}) = 5 \cdot 10^{-2} \text{ A}.$$

Bu ampermertlə ixtiyarı ölçmə zamanı $I_1 = 10 \text{ A}$, $I_2 = 5 \text{ A}$, $I_3 = 1 \text{ A}$, bütün hallarda mütləq xəta eyni $I = 5 \cdot 10^{-2} \text{ A}$ olacaqdır. Nəticələr belə yazıla bilər:

$$I_1 = (10 \pm 0,05) \text{ A};$$

$$I_2 = (5 \pm 0,05) \text{ A};$$

$$I_3 = (1 \pm 0,05) \text{ A}.$$

Lakin nisbi xətlər isə müxtəlif olacaqdır:

$$\varepsilon_1 = \frac{\Delta I_1}{I_1} \cdot 100 \% = \frac{0,05}{10} \cdot 100 \% = 0,5 \%;$$

$$\varepsilon_2 = \frac{\Delta I_2}{I_2} \cdot 100 \% = \frac{0,05}{5} \cdot 100 \% = 1 \%;$$

$$\varepsilon_3 = \frac{\Delta I_3}{I_3} \cdot 100 \% = \frac{0,05}{1} \cdot 100 \% = 5 \%.$$

Ölçmələri elə aparmaq lazımdır ki, əqrəb şkalının ikinci yarısına düşsün. Mürəkkəb cihaz və qurğularla iş zamanı cihazın xətası pasporta görə təyin edilir.

Məsələn:

$$\varepsilon = \pm \left(0,1 \pm 0,1 \frac{X_K}{X} \right) \%; \quad (3.8)$$

$$\varepsilon = \pm \left(0,05 \pm 0,05 \frac{X_K}{X} \right) \%. \quad (3.9)$$

0,1 və 0,05 əmsalları ölçmə və cihazın konstruksiya elementləri ilə bağlıdır. X_K – cihazın ölçü həddi, X – cihazın göstərişidir.

3.4. Bir ölçmə zamanı xəta

Yalnız bir ölçmə aparılırsa, xəta kimi cihaz xətası götürmək lazımdır. Məsələn: mikrometrlə qalınlığı $d = 0,15\text{mm}$ olan əşyanı ölçərkən xəta, cihazın bölgüsünün yarısı götürüləcəkdir. ($C = 1\text{mm}$) daha doğrusu $\Delta d = \pm 0,005\text{mm}$ olacaq. Temperaturun ölçülməsi zamanı bölgüsü 2°C olan termometrdə xəta $\Delta t = \pm 1^\circ\text{C}$ təşkil edir.

3.5. Cədvəl kəmiyyətlərinin xətası

Çox vaxt hesablama zamanı cədvəl kəmiyyətləri tələb olunur. Xəta kimi götürülmüş kəmiyyətin qiymətinin sonuncu həddinin onluq qüvvəti qəbul olunur. Məsələn: aliminiumun xüsusi müqaviməti 0°C –də $\rho_{cadv.} = 2,53 \cdot 10^{-8} \text{Om}\cdot\text{m}$ -dir. Cədvəl rəqəmə görə xəta ilə yazıla bilər:

$$\rho = (2,53 \pm 0,01) \cdot 10^{-8} \text{Om} \cdot \text{m}.$$

Cədvəl rəqəmlərin xətası cədvəldə verilən dəqiqliklə təyin olunur. π ədədini müxtəlif formada yazıla bilər:

$$\pi = 3,14 \pm 0,01 \quad \text{və ya} \quad \pi = 3,14159 \pm 0,00001.$$

Bu da təcrübənin ölçmə dəqiqliyi ilə bağlıdır.

3.6. Dolayı ölçmələrdə xəta

Bir çox kəmiyyətləri bir başa ölçmək ya çətindir, ya da mümkün deyil. Məsələn: atomun diametrini ölçmək, Yerdən Marsa qədər məsafəni təyin etmək bilavasitə mümkün deyil. Bu səbəbdən dolayı ölçmələrdən istifadə olunur. Qazın maddə miqdarını tapmaq üçün $PV = mRT/M$ ideal qazın hal tənliyindən istifadə olunur: $m/M = PV/RT$ kimi təyin olunur, bu zaman ölçülə bilən kəmiyyətlər təzyiq, həcm və temperaturdur.

Uyğun olaraq hesablama ölçülən kəmiyyətlərin üzərində riyazi əməliyyata əsaslanır. Ona görə də kəmiyyətin olunan xətası da ölçülən kəmiyyətlərin xətalara vasitəsi ilə təyin olunacaq. Dolayı yolla tapılan fiziki kəmiyyətin xətası müxtəlif üsullarla təyin olunur. Dolayı yolla tapılan kəmiyyətin xətası onu hesablamaq üçün təcrübədə bilavasitə ölçülən

kəmiyyətlərlə bağlı ifadəsindən asılı olaraq təyin olunur. Daha çox istifadə olunan mütləq və nisbi xətlərin təyini halları üçün dustur və ifadələr yazılır.

Kəmiyyəti təyin edən ifadə mürəkkəb olarsa, onun xətası üçün işçi dusturdan ifadə çıxarmaq tələb olunur. İfadə loqarifm almaq üçün münasibdirsə, bu zaman əvvəl nisbi xəta hesablanır. Nisbi xətanın dusturunu almaq üçün loqarifmik diferensial metodundan istifadə edilir. Nümunəyə baxaq: fərz edək ki, dolayı yolla axtarılan kəmiyyət X -dir və o aşağıdakı dusturla verilmişdir.

$$X = \frac{4\pi ab^3}{c^2 \sqrt{k}}, \quad (3.10)$$

burada π, a, b, c, k – bilavasitə ölçülən və cədvəl sabitləridir.

1. İfadədən loqarifm alırıq:

$$\ln X = \ln 4 + \ln \pi + \ln a + 3 \ln b - 2 \ln c - \frac{1}{2} \ln k$$

1. Alınan ifadəni ölçülən və cədvəl sabitlərinə görə diferensiallamaq lazımdır:

$$\frac{dX}{X} = 0 + \frac{d\pi}{\pi} + \frac{da}{a} + 3 \frac{db}{b} - 2 \frac{dc}{c} - \frac{1}{2} \frac{dk}{k}$$

3. Kəmiyyətlərin diferensiallarını artırıqla (dəyişmə ilə) əvəz edək:

4. Nisbi xətanı tapmaq üçün bütün işarələri müsbət götürmək tələb olunur:

$$\varepsilon = \frac{\Delta X}{X}, \text{ («-» ları «+» la əvəz edək).}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta X}{X} = \frac{\Delta \pi}{\pi} + \frac{\Delta a}{a} + 3 \frac{\Delta b}{b} + 2 \frac{\Delta c}{c} + \frac{1}{2} \frac{\Delta k}{k} \quad (3.11)$$

Alınan ifadəni hesablamaq üçün kəmiyyətlərin mütləq xətlərini ($\Delta \pi, \Delta a, \Delta b, \Delta c, \Delta k$) yerinə qoymaq lazım olacaq. Çox saylı ölçmələrdə nisbi xətanı bir neçə dəfə hesablamaq və orta qiymət tapmaq lazım gələcəkdir. Nisbi xətanı tapdıqdan sonra mütləq xəta tapılır:

$$\Delta X = \varepsilon \cdot X \quad (3.12)$$

Cədvəl 3.1

Funksiya	Orta qiymət	Xəta (Δz və ya $\Delta z/z$)
$z = x \pm y$	$\langle z \rangle = \langle x \rangle \pm \langle y \rangle$	$\Delta z = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2}$
$z = x \cdot y$ $z = x/y,$	$\langle z \rangle = \langle x \rangle \cdot \langle y \rangle$ $\langle z \rangle = \langle x \rangle / \langle y \rangle,$	$\frac{\Delta z}{\langle z \rangle} = \sqrt{\left(\frac{\Delta x}{\langle x \rangle}\right)^2 + \left(\frac{\Delta y}{\langle y \rangle}\right)^2}$
$z = x^n$	$\langle z \rangle = (\langle x \rangle)^n$	$\frac{\Delta z}{\langle z \rangle} = n \cdot \frac{\Delta x}{\langle x \rangle}$
$z = \ln x$	$\langle z \rangle = \ln \langle x \rangle$	$\Delta z = \frac{\Delta x}{\langle x \rangle}$
$z = e^x$	$\langle z \rangle = e^{\langle x \rangle}$	$\frac{\Delta z}{\langle z \rangle} = \Delta x$

Təsadüfi kəmiyyətlərin təcrübədə ölçülməsi müəyyən ehtimalla bağlıdır.

Diskret qiymətlər üçün: N təcrübədən alınan hər hansı bir qiymət N_i dəfə rast gəlinirsə, onun baş vermə ehtimalı:

$$P = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{N_i}{N}.$$

Əgər təsadüfi kəmiyyətlər kəsilməzdirsə, onun ölçülməsində təsadüfi kəmiyyət hansı ehtimalla x_i qiymətinin dx intervalına düşəcəkdir?

Bu ehtimal intervalın dx eni ilə mütənəsbdir və x_i -dən asılıdır: $dP(x) = y(x)dx$. Onda x kəmiyyətinin qiymətinin x_i aymətinin dx intervalına düşmə ehtimalı $dP(x_i) = y(x_i) dx$ olacaq.

Kəsilməz paylanmış təsadüfi kəmiyyətlərin təsvirində əsas rol $y(x)$ ehtimalın paylanma funksiyası oynayır.

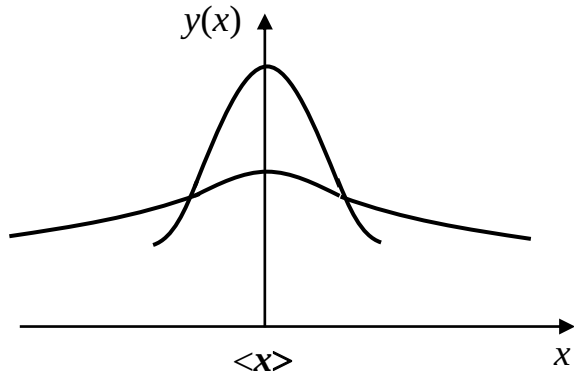
Riyazi statistikada normal və ya Qauss paylanması üçün bu funksiya:

$$y(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\langle x \rangle)^2}{2\sigma^2}}, \text{ burada } \sigma^2 - \text{paylanmanın dispersiyasıdır.}$$

Funksiyanın qrafiki şəkil 1-də verilmişdir. Qrafikdən görüldüyü kimi təsadüfi kəmiyyət kəmiyyətin orta qiymətinə nəzərən hansı səviyyədə səpələnmişlər. Riyazi statistikadan:

$$\Delta S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta x_i)^2}{n-1}} \approx \sigma.$$

ΔS_x hər bir ölçmədə orta kvadratik xəta adlanır.



Şəkil N

Riyazi statistikada paylanma $\langle \sigma \rangle$ in ən yaxşı qiymətində belə təyin olunur

$$\Delta S_{\langle x \rangle} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta x_i)^2}{n(n-1)}} \approx \langle \sigma \rangle.$$

$\Delta S_{\langle x \rangle}$ orta qiymətin kvadratik orta xətası adlanır. σ və $\langle \sigma \rangle$ arasında

$\langle \sigma \rangle = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ kimi münasibət vardır. σ – kəmiyyəti sabitdir. Ölçmələrin sayı nə qədər çox olarsa, ortalamının xətası $\langle \sigma \rangle$ kiçik olar və kəmiyyətin orta qiyməti $\langle x \rangle$ həqiqi

qiymətinə yaxın alınar. Bunun üçün laboratoriya işlərində $5 \div 10$ ölçmə aparmaq lazımdır.

Ədədi orta qiymətin həqiqi qiymətdən nə qədər fərqləndiyini bildirən xarakteristika etibarlılıq intervalıdır- hansı ehtimalla həqiqi qiymətin bu intervala düşdüyünü göstərir. Bu kəmiyyətin qiyməti eksperimentator tərəfindən təyin olunur və hər bir laboratoriya işində eksperimentatorun hansı dayanıqlılıqla işi aparmasına dəlalət edir. Bu işin nəticələrinə inamı bildirən göstəricidir. Laboratoriya işlərinin yernə yetirilməsi zamanı bu əmsalın $\alpha=0,95$ götürülməsi məsləhət görülür. Onda etibar olunan interval Δx cəvəlmiş dayanıqlılıq əmsalı ilə α belə təyin oluna bilər:

$$\Delta x = t_{\alpha}(n) \Delta S_{<x>},$$

burada $t_{\alpha}(n)$ – Student əmsalıdır. Bu əmsal n ölçmə üçün cədvəl üzrə verilir. Nəticə $x = <x> \pm \Delta x$. Sisteməlik xətlərin nəzərə çarpan halı üçün xəta aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$\Delta x_{\text{о6щ}} = \sqrt{(\Delta x)^2 + \left(\frac{k_{\alpha}}{3}\right)^2 \delta^2},$$

$$k_{\alpha} = \lim_{n \rightarrow \infty} t_{\alpha}(n); \delta - \text{cihazın sisteməlik xətası.}$$

Cihazın Δx_{cihaz} xətası onun verə biləcəyi ən böyük xətdir. Cihazın ölçmədə xətası təsadüfi xarakter daşıyır. $\Delta x_{\text{cihaz}}^{\text{stand}}$ (standart yayınma) təsadüfi xarakter daşıyır və cihazın Δx_{cihaz} xətasından kiçikdir. Bu xətlər arasında ciddi bir əlaqə dusturu yoxdur. Lakin adətən aşağıdakı dusturdan istifadə olunur:

$$\Delta x_{\text{cihaz}}^{\text{stand}} = (t_{\alpha}/3) \Delta x_{\text{cihaz}} \quad (3.14)$$

burada $t_{\alpha, \infty}$ - Student əmsallarıdır.

Student əmsalları-cədvəl 3.2.

N	P				
	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
1	3,08	6,31	12,7	31,8	63,7
2	1,89	2,92	4,30	6,96	9,92
3	1,64	2,35	3,18	4,54	5,84
4	1,53	2,13	2,78	3,75	4,60
5	1,48	2,02	2,57	3,36	4,03
6	1,44	1,94	2,45	3,14	3,71
7	1,42	1,89	2,36	3,00	3,50
8	1,40	1,86	2,31	2,90	3,36
9	1,38	1,83	2,26	2,82	3,25
10	1,37	1,81	2,23	2,76	3,17
11	1,36	1,80	2,20	2,72	3,11
12	1,36	1,78	2,18	2,68	3,05
13	1,35	1,77	2,16	2,65	3,01
14	1,34	1,76	2,14	2,62	2,98
15	1,34	1,75	2,13	2,60	2,95
16	1,34	1,75	2,12	2,58	2,92
17	1,33	1,74	2,11	2,57	2,90
18	1,33	1,73	2,10	2,55	2,88
19	1,33	1,73	2,09	2,54	2,86
20	1,33	1,72	2,09	2,53	2,85
30	1,31	1,71	2,04	2,46	2,75
∞	1,28	1,64	1,96	2,33	2,58

3.7. Tam xəta. Ehtimal nəzəriyyəsində olduğu kimi hadisənin xətası eyni vaxtda bir neçə xətilə təyin olunarsa, bu halda bir başa ölçmədə tam xəta ayrı -ayrı xətlərin kvadratları cəminin kökü ilə tapılacaqdır.

$$\Delta x = \sqrt{\Delta x_{\text{сл}}^2 + \Delta x_{\text{ип}}^2 + \Delta x_{\text{ош}}^2} \quad (3.15)$$

Nisbi xəta

$$\varepsilon = \frac{\Delta x}{\langle x \rangle} = \sqrt{\varepsilon_{\text{cl}}^2 + \varepsilon_{\text{np}}^2 + \varepsilon_{\text{okp}}^2} \quad (3.16)$$

Sonda qeyd etməliyik ki, zəruri ölçmə sayı cihazların və təsadüfi ölçülən kəmiyyətlərin sayına görə təyin olunur. Təkrar ölçmələrdə eyni qiymətlər alınarsa, bu o deməkdir ki, ölçmə xətası cihazın xətasında kiçikdir. Bu zaman çoxlu sayda ölçmələr orta qiymətə təsir etməyəcəkdir.

Xətalər təkrarlanmayanda ölçmələrin sayı o qədər götürülməlidir ki, ölçmə xətası az olsun, heç olmazsa cihazın xətası ilə eyni olsun.

4. Müşahidə nəticələrinin yazılışı

Mütləq xətalərin olması ölçmələrin nəticələrinin hansı dəqiqliklə ölçməsinə təmin edir. Məsələn- səhv yazılış: $X = (2,542875 \pm 0,03) \text{ m}$.

Doğru yazılış: $X = (2,54 \pm 0,03) \text{ m}$.

Nəticə elə yuvarlaqlaşdırılmalıdır ki, onun axırıncı rəqəmi xətanın axırıncı rəqəmi ilə uyğun dərəcədə olsun. Əgər ondabir dəqiqliklə ölçmə aparılırsa, $\Delta X = \pm 0,7851 \text{ A}$ yazılışı doğru deyil. $\Delta X = 0,8 \text{ A}$ formada yazılış daha dəqiqdir. İlk rəqəm bir və ya iki olarsa, onluq yuvarlaqlaşdırma icazə verilir. $\Delta X = \pm 0,13 \text{ mkm}$ və ya $\Delta X = 0,25 \text{ V}$

Yuvarlaqlaşdırma zamanı aşağıdakı qaydaları gözləmək lazımdır:

1. Axırıncı 5 rəqəmi atılırsa o cüt ədədə yuvarlaqlaşdırılır.
2. Xəta xüsusi olaraq verilmədiyi halda qəbul olunur ki, xəta axırıncı rəqəmin yarısına görə yuvarlaq edilə bilər. Məsələn ədədlər belə yuvarlaq edilibsə 1289, 1290, 1567, 1700, onda onların xətası $\pm 0,5$ olacaq. (dəqiq cədvəl ədədlərinin xətası ilə qarışdırmayın) ona görə də axırıncı rəqəmlə bitə bilər: 6,209 ədədinin yuvarlaq etsək, yüzdəbir üçün 6,21 yazıla bilər, amma 6,210 kimi göstərmək olmaz.

3. Təcrübədə ölçülən qiymətləri nəticəsi soruşulan kəmiyyətin xətasından bir vahid böyük dəqiqliklə yazılır. Yuvarlaqlaşma sonda aparılır.

4. Yuvarlaqlaşdırılmış rəqəmlərlə riyazi əməliyyat zamanı aşağıdakı qaydaları gözləmək lazımdır:

- a) ilk 3 bölmədə verilən ədədlər yalnız toplama, çıxma, vurma və bölmə əməliyyatlarında iştirak edə bilər;

- b) 2, 3 və ya $1/2$, $1,3$ qüvvətlərinə yüksəltmə zamanı sondakı ədəd ilkin halda rəqəmlərin sayına mükafat olmalıdır.

5. Qrafiklərin qurulması

Fiziki kəmiyyətlərin ölçmələri əksər hallarda dəfələrlə aparılır. Ölçmələrin nəticələrini adətən cədvəllə yazırlar. Cədvəllər DÜST tələblərinə görə təyin olunur. Cədvəllər səliqə ilə karandaş və xətkəş istifadə olunmaqla çəkilir. Cədvəlin başlığında ölçülən kəmiyyətin iştirakı və Sİ –də əsas vahidlərlə (tələb olunanda digər vahid önlükləri ilə) vahidi göstərilir. Ölçüləcək kəmiyyət (və ya kəmiyyətlər) sütunda qeyd olunur. Onlarında vahidləri göstərilməlidir. Məsələn: aşağıdakı cədvəldə naqilin volt-ampere xarakteristikasını təyin etmək üçün cədvəl verilmişdir.

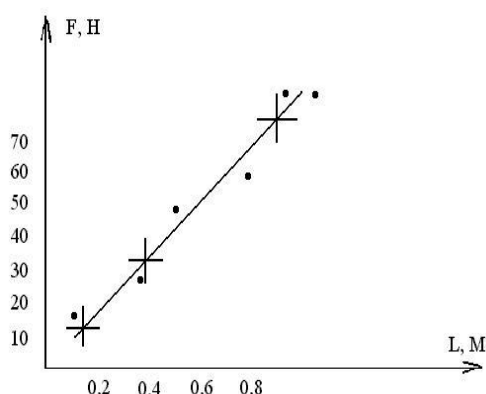
Cədvəl 5.1.

U, V		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
I, A	1								
	2								
	3								
	4								
	5								
<I>, A									

Zərurət olduqda kəmiyyətlər arasında asılılıq qrafik qurmaqla təyin olunur. Qrafikin qurulması üçün aşağıdakı qaydalar gözlənilməlidir:

1. X oxu üzrə asılı olmayan kəmiyyət verilir –arqument, Y ozu üzrə isə təcrübədə təyin olunan kəmiyyət göstərilir –funksiya kimi. Qrafikdə miqyas müxtəlif ola bilər:lakin 1 : 1, 1 : 2, 1 : 5, və ya göstərilən miqyasın onluqları 1:10, 1:20, 1:50 və sair olmalıdır. Oxlar üzərində rəqəmlər müxtəlif, amma ardıcıl göstərilməlidir. Məsələn: 0,3,6,9,12 və s. Koordinat başlanğıcı elə götürürki, qrafikin bütün sahəsi istifadə oluna bilsin. Eksperimental təyin olunan nöqtələrdən axımlı xətt keçirilir. Nöqtələrin sıxıq, ayrı -ayrı xətlərlə göstərilməsi düzgün hesab edilmir.

2. Qrafikdə hər iki ox üzrə kəmiyyətlərin mütləq xətləri qeyd olunur. Proses müddətində ölçülən kəmiyyətlərin mütləq xətləri eyni qalırsa, onu bir nöqtədə göstərmək kifayətdir. əgər mütləq xətlər hər bir ölçmə üçün müxtəlif olarsa, onda onu bütün nöqtələr üçün ayrılıqda göstərmək tələb olunur. Bütün hallarda eksperimental nöqtələr axımlı xətlə birləşdirilir. Xətalara görə müəyyən meyilli düzxət qurmaq olar.

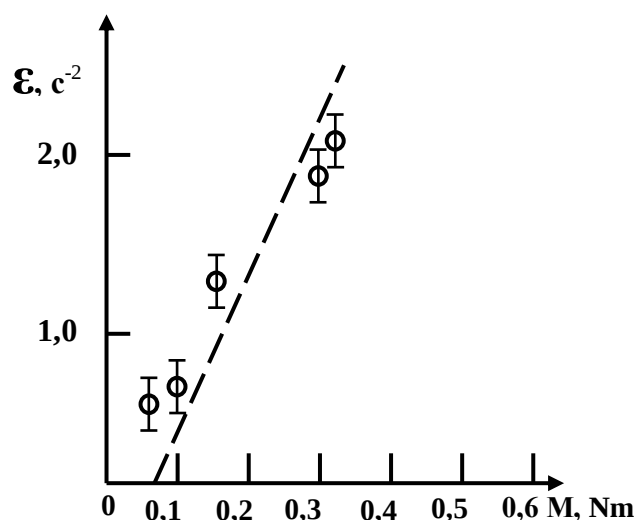


Şəkil-5.1 qrafikin qurulmasına nümunə

Fizikada kəmiyyətlər arasında xətti asılılıq daha çoxdur. Bu ölçülən kəmiyyətlər arasında da müşahidə olunur. Bu zaman düzxəttin ən yaxşı approksimasiyası kimi ən kiçik kvadratlar üsulundan tapıla bilər. Bu metoda baxaq:

Tutaqki, eksperimentdən n ölçmə zamanı alınmış qiymətlər $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$, cütlərini təşkil edir, $y = ax + b$, asılılığını verir. Burada a və b parametrləri tapılmalıdır. Fərz edəkki, xəta yalnız y qiymətlər çoxluğuna görə təyin olunmuşdur. Onda i -ci ölçmədə eksperimental alınmış y_i qiymətindən yayınma: $y_i - ax_i - b$ olacaq. a və b nin ən yaxşı qiymətləri elə seçilirki, xətlərin kvadratları

cəmi $S = \sum_{i=1}^n (y_i - ax_i - b)^2$ ən kiçik olsun. Minimum şətrindən alınırki:



Şəkil. 5.2:

⊕ – xətanı göstərməklə eksperimental nöqtələr ;
- - - - xəttin approksimasiyası

$$\frac{dS}{da} = \sum_{i=1}^n [-2x_i(y_i - ax_i - b)] = 0;$$

$$\frac{dS}{db} = \sum_{i=1}^n [-2(y_i - ax_i - b)] = 0.$$

a və b ni təyin etmək üçün iki tənlik alınır:

$$\begin{cases} a \sum_{i=1}^n x_i^2 + b \sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n x_i y_i; \\ a \sum_{i=1}^n x_i + b \cdot n = \sum_{i=1}^n y_i. \end{cases}$$

Buradan:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \langle x \rangle) y_i}{\sum_{i=1}^n (x_i - \langle x \rangle)^2}; \quad b = \langle y \rangle - a \langle x \rangle.$$

6. Ölçmə nəticələrinin işlənmə alqoritmi

Birbaşa ölçmələr zamanı nəticələrin işlənməsi

1. n ölçmənin orta qiymətini təyin edin: $\langle x \rangle = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$.

2. Hər bir ölçmə üçün mütləq xətanı tapın: $\Delta x_i = x_i - \langle x \rangle$.

3. Xətaların kvadratlarını bu kvadratların cəmini təyin edin:

$$\Delta x_i^2 = (x_i - \langle x \rangle)^2, \quad \sum_{i=1}^n \Delta x_i^2.$$

4. Etibarlıq α əmsalını verib (adətən $\alpha = 0,95$) cədvəldən $t_{\alpha,n}$ və $t_{\alpha,\infty}$. Student əmsallarını tapın.

5. Cihazların sistematik xətalarını qiymətləndirin Δx_{cihaz} və ölçülənlərin yuvarlaq xətasını təyin edin: $\Delta x_{\text{okp}} = \Delta/2$ (Δ - cihazın bir bölgüsünün ölçüsü) tam xətanı təyin edin:

$$\Delta x = \sqrt{t_{\alpha,n}^2 \frac{\sum_{i=1}^n \Delta x_i^2}{n(n-1)} + \left(\frac{t_{\alpha,\infty}}{3}\right)^2 \cdot \Delta x_{\text{np}}^2 + \left(\alpha \frac{\Delta}{2}\right)^2}.$$

6. Nisbi xətanı qiymətləndirin: $\varepsilon = \frac{\Delta x}{\langle x \rangle} \cdot 100\%$.

7. Son nəticəni yazın: $x = \langle x \rangle \pm \Delta x$, $\varepsilon = \dots\%$

Məsələn: $V = (375,21 \pm 0,02) \text{ sm}^3 = (3,7521 \pm 0,0002) 10^2 \text{ sm}^3$.

$I = (5,530 \pm 0,013) \text{ A}$, $A = (57,5 \pm 0,7) \cdot 10^{-2} \text{ C}$.

7.Özünü yoxlama sualları

Vəsaitdə tələbəyə hər mövzu və laboratoriya işinin sonunda özünü yoxlama sualları təqdim olunur. Məqsəd tələbənin qabaqcadan mövzuya hazırlaşmasını təmin etmək, mövzuda əsas faktorları yada salmaqdır. Laboratoriya işinə hazırlaşarkən tələbə əsasən özünüyoxlama sualları ətrafında hazırlıq planını qura bilər. Yuxarıda verilən xətlərin hesablanma qaydalarına aid özünüyoxlama sizlərə təqdim edirik:

1. Sistematik xətlər necə təyin edilir?
2. Bir başa ölçmələrdə təsadüfi xəta necə təyin olunur? Etibar oluna interval nəyi göstərir?
3. Cihazların xətası ölçmələrə necə təsir edir?
4. Verilmiş z üçün etibar olunan intervalı x, y, t, r, u, v, h , intervalları vasitəsi ilə göstərin: a) $z = \pi r^2 \cdot h$; b) $z = r(x^2 - y^2)/t^4(u^2 - v^2)$; c) $z = x^2 \cdot \cos y$.
5. Qrafikdə xətlər necə göstərilir?

8.Təhlükəsizlik qaydaları

Laboratoriya işlərinin yerinə yetirilməsi zamanı tələbələr müxtəlif qurğu və cihazlardan istifadə edir. Onlar hər biri müxtəlif konstruksiyalı və iş prinsipinə malik elektrik cihazları və digər qurğulardan istifadə edir. Laboratoriya işlərinin yerinə yetirilməsində ümumi və xüsusi təhlükəsizlik qaydaları vardırki, onlar laboratoriya işinin icrası zamanı gözlənilməlidir. Bura: müəllimin icazəsi olmadan işə başlamaq, cihaz və qurğulardan təhlükəsiz istifadə etmək, onlardan istifadə zamanı ölçmələrdə ölçü həddini aşmamaq, iş yerində sahədən səmərəli və təhlükəsiz olmaqla istifadə etmək, iş zamanı cihaz və qurğuların fırlanan hissələrinə toxunmamaq, onların aşması hallarının yaranmasının qarşısını almaq, elektrik izlə qatı olmayan naqillərdən istifadə etməmək, cihazların və qurğuların sazlığını yoxladıqdan sonra istifadə etmək və sair daxildir.

Hər bir tələbə laboratoriya məşğələsinin ilk günü laboratoriya otağında təhlükəsizlik qaydaları ilə tanış olub, tanış olması haqqında imza edir. Bundan başqa hər bir laboratoriya işi üçün ayrıca təlimatlandırılırlar. Tələbələr təhlükəsizlik qaydalara riayət edilməsi üzrə nizam - intizam məsuliyyəti daşıyır.

9. FİZİKA LABORATORİYASINDA İŞİN ƏSAS QAYDALARI

9.I. Hər bir laboratoriya məşğələsi zamanı tələbə özü ilə nəyi gətirməlidir:

Laboratoriya dəftəri (100 vərəqli xana xana dəftər və ya 60 vərəqli dəftərxana jurnalı);

Fizikadan praktikum kitabı (əgər varsa, yoxdursa tapşırılan laboratoriya işinin məzmunu laboratoriya dərsi üçün ayrılmış dəftərə yazılmalıdır),

Millimetrlilik və A4 vərəqləri;

Qələm (göy və ya qara yazan olmalıdır, qırmızı rəngli olmaz), karandaş, pozan

Xətkeş, transporter

8.II. tələbə laboratoriya dərsinə verilən laboratoriya işinin məzmununa hazırlaşaraq gəlməyə borcludur. Laboratoriya işinə hazırlıq tələbənin sərbəst, müstəqil vaxtlarda aparılır və aşağıdakıları özündə cəmləşdirir:

8.II.1. Laboratoriya işinin dərkənilərək işlənməsi üçün dərslərdən və ya verilən materialdan, əlavə kitablardan tapşırılan laboratoriya mövzusunun, nəzəri materialı diqqətlə oxuyub öyrənməlidir. Nəticədə tələbə eksperimentin baş verdiyi prosesi, onun fiziki mahiyyətini anlamalı, aydın təsəvvür etməli, nəyi hansı metodla ölçəcəyini bilməli, eksperimentin qurğunun quruluşunu və iş prinsipini, işin icra alqoritmini bilməlidir. İşin gedində istifadə olunan və ölçüləcək kəmiyyətlər haqqında məlumatlı olmalıdır.

Bunun üçün işin sonunda verilən suallardan istifadə etmək olar.

9.II.2. Laboratoriya dəftərinin tərtibatı:

Hər yeni iş təzə səhifədən yazılır. İşin məzmunu qeyd olunur;

Sonda əsas dustur və ifadələr yenidən istifadə üçün yazılır. Onların xəta dusturları çıxarılır.

Laboratoriya işi zamanı ölçülən kəmiyyətlərin qeydiyyatı sağ səhifədə aparılır, sol tərəf isə hesablamalar aparmaq üçün istifadə edilir. Elə yazmaq lazımdır ki, səhvlər olduqda dəyişətməyə yer, imkan olsun.

Sxem, şəkilləri karandaşla çəkmək lazımdır;

Cədvəlləri əvvəlcədən çəkmək məqsədəuyğun hesab edilir.

Cədvəlləri karandaş və xətkəşlə çəkmək lazımdır. Cədvəldə özlərin ölçüsünün 1,5x2,5 sm olması məqsədəuyğundur.

Əgər laboratoriya işinin məzmununda cədvəl verilməyibdirsə, tələbə onu müstəqil tərtib edə bilər. Bu zaman ölçmələrin və ölçülən kəmiyyətlərin sayı nəzərə alınmalıdır. Səhifədə cədvəldən yuxarıda 5 sm, aşağıdan isə 10 sm boş yerin saxlanması düzgün hesab olunur. Cədvəldən yuxarıda istifadə olunan cihazlar, onların xətası, şkalasının həddi, bölgülərinin sayı göstərilə bilər. Cədvəldən aşağıdakı yer isə əlavə ölçmələr olduqda qeydlər aparmaq üçün lazım olur. Cədvəllərin sayı çox olduqda onların sıralanması (nömrələmə) aparılmalıdır.

9.III. Laboratoriya işinin yerinə yetirilməsi ardıcılığı.

9.III.1. İşin yerinə yetirilməsi qurğunun öyrənilməsindən başlayır. Aidiyyəti olan hər bir kəmiyyət (cihaz, dəqiqlik sinfi, ölçü həddi, texniki göstərişi və s.) qeyd olunmalıdır. Bu zaman hər hansı dəstəyi fırlatmaq, qurğunun yerini dəyişmək olmaz. İşdə ölçmələr yalnız müəllimin göstərişi olduqdan sonra başlamaq lazımdır.

Tələbə aşağıdakı hallarda işə buraxılmaz:

-əvvəlki işin hesabatını təhvil verilməmişdir;

-laboratoriya dəftərinin tərtibatı qaydasında deyildir;

-yoxlama suallarına verdiyi cavablar qənaətbəxş deyildir;

9.III.2. Müəllimin icazəsi olduqdan sonra tələbə təhlükəsizlik qaydalarını gözləyərək işin icra alqoritmini gözləyərək ölçmələrin aparılmasına başlayır.

9.III.3. Bütün qeydlər yalnız qələmlə laboratoriya dəftərində aparılmalıdır. Qeyd və nəticələrin işlənməsi üçün digər vərəqdən istifadə və ya karandaşla yazmaq qəti qadağan edilir.

9.III.4. İlk ölçmə aparılır. Gözlənilən nəticə verirsə, ölçmələr davam etdirilir. Ölçmənin nəticəsi qane edici olmazsa, eksperimental qurğu sxemi və ya cihazın qoşulması yoxlanılır.

9.III.5. Qeydlər əsasən cədvələ yazılır. Başlanğıc təyin olunan kəmiyyətlərin qaralama vərəqlərdə yazılışı və orada hesablamaların aparılması qəti qadağandır.

9.III.6. Səhv ölçü aparılıbdırsa, onu səliqə ilə mötərizəyə almaq lazımdır.

9.III.7. Ölçmələri əopardıqdan sonra tələbə iş yerini səliqəyə salır, nəticələri hesablayır, xətalrı tapır. Qrafik tələb olunursa qurur.

9.III.8. Laboratoriya işi hesabatın hazırlanması ilə bitirki, bu da tələbənin sərbəst vaxtında aparılır və növbəti laboratoriya dərsinə kimi təhvil verilməlidir.

9.III.9. Laboratoriya işi işləndikdən sonra tələbə işin ölçmələri haqqında qeydlərin götürüldüyünü təsdiq etmək üçün müəllimin imzasını tələb etməlidir. Hesabat auditoriyadan kənar vaxtda hazırlanmalıdır. Aldığı nəticələrdən asılı olmadan tələbə növbəti dərəcə qədər hesabatı təqdim etməlidir.

10. LABORATORİYA İŞİNİN YERİNƏ YETİRİLMƏSİ MƏRHƏLƏLƏRİ

Laboratoriya işinin yerinə yetirilməsi aşağıdakı beş mərhələdən ibarətdir:

❖ 10.1. Laboratoriya işinə qabaqcadan müstəqil hazırlıq mərhələsi

Laboratoriya işinin müvəffəqiyyəti işə hazırlıq səviyyəsindən asılıdır. Bu hazırlıq tələbənin müstəqil sərbəst vaxtlarında aparılır. Hazırlıq mərhələsində laboratoriya işinin məzmunundan və fizikadan ədəbiyyatlardan istifadə olunmalıdır. Hər bir laboratoriya işinin sonunda işə aid ədəbiyyat göstərilmişdir. Laboratoriya işinin məzmununda işin nəzəri hissəsi haqqında qısa məlumatlar verilmişdir. Laboratoriya işinə hazırlıq zamanı tələbə laboratoriya işinin məqsədi, ölçülən kəmiyyətlər, onların ölçülmə üsulları, istifadə olunan cihazlar və s. haqqında ətraflı məlumatlanmalı, onları öyrənməlidir. Nəticələrin yazılması üçün hər bir tələbə fərdi laboratoriya dəftəri (jurnalı) götürməlidir. Laboratoriya dəftəri olmayan tələbədən işə aid sorğu aparılmır.

❖ 10.2. Laboratoriya işinin icrasına icazə verilməsi mərhələsi – işə buraxılma

Hər bir laboratoriya işi işləndikdən sonra növbəti laboratoriya məşğələsinə kimi işin hesabatı təhvil verilməlidir. Tələbələr qrup halında (2-3 nəfər) laboratoriya işləməsinə baxmayaraq hesabatlar fərdi qaydada təhvil verilməlidir. Hesabat səliqəli, anlaşılan, qaydalara uyğun, laboratoriya işini tam əhatə edən formada yuxarıda verilən qaydalar gözlənilməklə yazılmalıdır. Hesabat təhvil verilmədiyi halda tələbə növbəti laboratoriya işinə buraxılmayacaqdır, buda onun qiymətlənməsinə təsir edəcəkdir.

Qeyd: Laboratoriya işinin işlənməsi üçün qrupda ən azı 2 tələbə olmalıdır. Bir neçə dəfə müntəzəm hazırlıqzı olan tələbələrin qrupu digər qruplara dağıdılacaqdır.

Bütün hallarda qeydlər və yazılar göy, mavi və ya qara rəgli diyircəkli qələmlə aparılmalıdır. Qırmızı rəngli qələmlə iş qəbul edilməyəcəkdir.

❖ 10.3. Tələbənin laborator işi üzrə nəzəri biliklərə malik olması təsdiq edildikdən sonra təcrübənin aparılması mərhələsi,

İlk növbədə tələbənin laboratoriya dəftəri yoxlanılır: Dəftərin ilk titul səhifəsində standart qaydada dəftərin aidiyyəti göstərilir: *NÜMUNƏ*

Lənkəran Dövlət Universiteti
.....**fakültəsinin**
bakalavr pilləsi üzrə
.....**ixtisasının**
.....**şöbəsinin****kurs tələbəsi**
Bəşirzadə Səlahəddin Nəcməddin oğlunun
“Ü m u m i f i z i k a” fənni üzrə

LABORATORİYA DƏFTƏRİ

2016-2017-cı tədris ili

2 -ci səhifədə tələbənin laboratoriya işlərinin cədvəli öz əksini tapır: Laboratoriya işləri aparıldıqca bu səhifədə ardıcıl olaraq onların adı, aparılma və təhvil verildiyi tarix göstərilir.

3 -cü səhifədən başlayaraq verilən laboratoriya işləri ardıcıl yazılır və hər bir laboratoriya işindən sonra bu laboratoriya işinin nəticələrinin yazılması və hesablamalar üçün 3-5 vərəq sərbəst buraxılır.

Laboratoriya dəftəri sənəddir və sonda, semestrin axırında tələbələrdən yığılaraq təhvil alınır. Dəftər xana -xana, A4- və ya A5 formatlı, laboratoriya saatlarının həcmindən asılı olaraq ən azı 60-100 səhifəlik olmaqla, vərəqləri bir üzündən (sağ aşağı tərəfdə) səhifələnməlidir. Dəftərdə yazılar səliqəli aparılmalıdır.

Bütün bu qaydalar gözlənilərsə, həmin tələbə laboratoriyaya aid nəzəri biliklərin yoxlanması mərhələsində iştirak edir. Tələbələrdən qrup halında (3-5 nəfər olmaqla) laboratoriya işinin məzmunu soruşulur, cavablar tələbələrin işin təcrübi hissəsini aparmaq səviyyəsində olduqlarını təsdiq etdikdə, qənaətbəxş olduqda onlar dərsin ikinci 45 dəqiqəsi eksperimental işin icracına buraxılır.

Tələbələrin cavabları qane edici olmazsa və ya əvvəlki laboratoriya işinin hesabatını təhvil verməyiblərsə, onlar təkrar hazırlıq və hesabatın tərtibi üçün qaytarılır. Növbəti dərs üçün tələbələr yenidən hazırlaşmalı olur.

❖ 10.4. Hesabatın yazılması üçün təyin ediləcək kəmiyyəti tapmaq üçün aparılan ölçmələrdən alınan qiymətlərin hesablanması, xətaların tapılması, nəticənin hazırlanması mərhələsi (sərbəst)

2 ci mərhələni keçən tələbələr laboratoriya işində göstərilmiş ardıcılıqla işi yerinə yetirir. Bu zaman müəllim və ya laborant onların işinə nəzarət edir. Təhlükəsizlik qaydaları pozulduqda iş dayandırılmalı bilər. Tələbələr müvafiq qaydada ölçmələri götürür, iş bitdikdən sonra qaydalara uyğun olaraq iş stolunu qaydaya salır, istifadə etdikləri cihazları yerinə qoyurlar.

❖ 10.5.Laboratoriya işinin hesabatının təhvil mərhələsi.

Bu laboratoriya işinin son mərhələsidir. İlk üç mərhələni keçən tələbələr işi yekunlaşdırmaq üçün nəticələri haqqında **hesabat** təhvil verməlidirlər.

Hesabatda əsasən bu suallar cavablandırılır: Nə öyrənilib, hansı metodlar istifadə olunub, nə və hansı metodla ölçülüb, işin müxtəlif xətaları, nəticənin alınması, analizi, alınan qiymətin cədvəl qərəmi ilə müqayisəsi və xətaların analizi verilməlidir.

10.5.1. Hesabatın hazırlanması

Tələbənin laboratoriya işinin hesabatı A4- vərəqlərdə yazılmaqla aşağıdakılardan ibarətdir:

1. Titul vərəqi
2. İşin məqsədi.
3. Ləvazimat.
4. Çox qısa nəzəri giriş.
5. Eksperimentin aparılma metodikası.
6. Eksperiment hissəsi.
7. Ölçmələrin nəticələrinin işlənməsi.
8. Nəticə.

Laboratoriya işinin hesabatının titul vərəqinin tərtibi nümunəsi

*Lənkəran Dövlət Universitetifakültəsinin
bakalavr pilləsi üzrəixtisasının
.....şöbəsininkurs tələbəsi
Bəşirzadə Səlahəddin Nəcməddin oğlunun
“ Ümumi fizika” fənni üzrə*

.....
(Laboratoriya işinin N-si, adı)

laboratoriya işinin

HESABATI

İşin mövzusu verilmişdir:.....2016.

İş yerinə yetirilmişdir:.....2016.

İş təhvil verilmişdir:.....2016.

2 ci səhifədən başlayaraq aşağıdakılar qeyd edilməlidir:

İşin məqsədi:.....

Cihaz və materiallar :.....

Nəzəri əsaslandırma

*Laboratoriya işinin yerinə yetirilməsi üçün **zəruri** nəzəri məlumat və ifadələrin, dusturların çıxarılışı*

Eksperimentin aparılma metodikası

İşin gedişi - eksperimental hissə

- 1) vasitəsi ilə ölçüb qeyd edirik. Sonra....., sonra.....
- 2) Ölçmələri qeyd etmək üçün cədvəlin tərtibi.
Cədvəlin əvvəlində təyin olunan kəmiyyəti və əsas vahidlərdə (SI) vahidini göstərməli.
Cədvəllərdəki özləklərdə rəqəmləri vahidsiz yazmaq lazımdır.
- 3) Cədvəlin aşağısında göstərdiyiniz hesablanan fiziki kəmiyyətlərin qiymətləri ilə əlaqədar bütün **hesablamalar ardıcıl aparılmalıdır**. Vahidləri göstərilməlidir.
Məsələn: $V = abc = 12,2 \times 1,5 \times 2,7 = 49,41 \text{ (sm}^3\text{)}$
- 4) Sonda **mütləq və nisbi xətlər hesablanaraq, işin nəticəsi** yazılır.

Nəticə:

əsasən aşağıdakı suallar cavablandırılmalıdır:

- nə etmişsiniz, Sizin işin məqsədi nədir;
- hansı nəticələri almağı gözləyirdiniz;
- laboratoriyanın nəticələri gözlədiyiniz cavabla uyğun oldumu. (%-lə)

İmza

tarix

Hesabat - laboratoriya işinin nəticəsinin həcmindən asılı olaraq 3 –dən 6 –ədək A4 vərəqi ola bilər.

İşdə şəkil, qrafik iş, çertyojlarda hesabatla əlavə olunmalıdır. Hesabatda nəzəri material, sxemlər, şəkillər hesabatda öz əksini tapmalıdır. Bu işin yerinə yetirilməsini təsəvvür etməyə kömək etmiş olacaq. Şəkillər və sxemlər çertyoj üçün tələb olunan ləvazimatlardan istifadə etməklə müvafiq millimetrlik vərəqlərdə qurulur və hesabatla yapışdırılaraq təqdim olunur.

Hesabat təhvil verilməsi zamanı tələbələr müəyyən suallar təqdim olunurki, məqsəd işin nə səviyyəyə işlənməsi, ölçmələrin dəqiqliyini yoxlamaq, tələbənin biliyini qiymətləndirmək, apardığı işdə nöqsanlar varsa onları başa salmaqdır.

11. Laboratoriya işinin qiymətləndirilməsi

Tələbənin yazıları qara, göy və mavi rəngli kürəcikli qələmlə aparıla bilər.

(qırmızı olmaz)

Bölmə	Ballar	Bölmənin yerinə yetirilməsinin qiymətlənmə kriteriyası	Qeyd
Tərtibat (hazırlıq)	1	Tələbə laboratoriya dəftərində laboratoriya işini səhsiz yazmış, səhvləri işə buraxılmazdan əvvəl müəllimin göstərişi ilə aradan qaldırmışdır.	Laboratoriya dəftəri qaydasında olmayan tələbə işin icrasına buraxılmır. Növbəti dərs üçün dəftər tutub, təkrar hazırlaşmalı olur.
	0	Tələbə laboratoriya dəftəri tutmamış, laboratoriya işini yazmamışdır.	
İşə buraxılma mərhələsi	2	Tələbə laboratoriya işinin adını, məqsədini, baxılan işdə tələb olunan qanunları, onların ifadəsini, dusturunu, nəyin necə ölçüləcəyini, nəyin birbaşa nəyin dolayı yolla tapılacağını, xətlərin hesablanma qaydalarını bilir.	İşə buraxılmadan tələbə laboratoriya işini yerinə yetirə bilməz. Bu mərhələni keçməyən tələbə təkrar qalır, buraxılmadığı əvvəlki işə hazırlaşmalı olacaqdır.
	1	Tələbə müəllimin suallarına cavab verərkən səhvlərə yol verir, lakin sonra onları düzəldir.	
	0	İşə buraxılma zamanı suallara cavab verə bilməmiş, cavab verərkən kobud səhvlərə yol vermiş, əlavə hazırlıqdan sonra onları düzəldə bilməmişdir.	
İşin yerinə yetirilməsi	2	Tələbə avadanlığı yığıb qurur, bütün ölçmələri müstəqil həyata keçirir. İşdə verilən cədvəlləri doğru doldura bilir. Ölçmələr düzgün götürülür və cədvəllərə yazılır. Qrafikləri qurur. İş başa çatdıqdan sonra ölçmələrin necə aparıldığını göstərə bilir və lazım olduqda onları təkrar icra edir.	İşin yerinə yetirilməsi haqqında qiymətləndirmə olmadıqda tələbə hesabatla buraxılır. Əvvəlki laboratoriya işinin hesabatını təhvil verməyən tələbə növbəti işin icrasına buraxılmır. Onun növbəti məşğələyə qədər işi təhvil vermək imkanı vardır.
	1	Avadanlığın yığılmasında, sxemlərin toplanmasında səhvlər olmuş, cədvəllər tam doldurulmamış, birbaşa ölçmələr səhvlərlə cədvəllərə yazılmışdır.	
	0	Ölçmə aparılmamışdır. Birbaşa ölçmələr cədvəllərə yazılmayıb. Tələbə rəqəmlərin haradan gəldiyini anlamır, başa sala bilmir.	
Hesabat-müdafə	5	İş tam həcmdə yerinə yetirilmiş, işlə bağlı əlavə suallara düzgün cavablar alınmışdır.	
	4	İş tam həcmdə yerinə yetirilmiş, amma suallara cavab verdikdə səhvlər olmuşdur.	
	3	İş tam həcmdə yerinə yetirilmiş, düzgün nəticələr çıxarılmış, lakin tərtibatda nöqsanlar var (qrafiklərin qurulmasında, ölçmələrin nəticələrin yazılışında), müəllimin göstərişindən sonra çatışmazlıqlar aradan qaldırılır.	
	2	İş tam həcmdə yerinə yetirilməmişdir, xətlər və nəticələr hesablanmamışdır, nəticələr doğru deyil, uyğunluq yoxdur. Müəllimin göstərişindən sonra nöqsanlar aradan qaldırılır, nəticələr düzəldilir.	
	1	İş tam yerinə yetirilməyib, demək olarki, bütün ölçmələr səhvdir. Xətlər hesablanmayıb. Nəticə çıxarılmayıb. Müəllimin göstərişindən sonra əsas səhvlər aradan qaldırılmışdır.	
	0	İş tam yerinə yetirilməyib. Kobud səhvlər var. Hesablamalar və nəticə səhvdir. Hesablama dusturları göstərilməyib və s.	

12. LABORATORİYA İŞLƏRİNİN MƏZMUNU

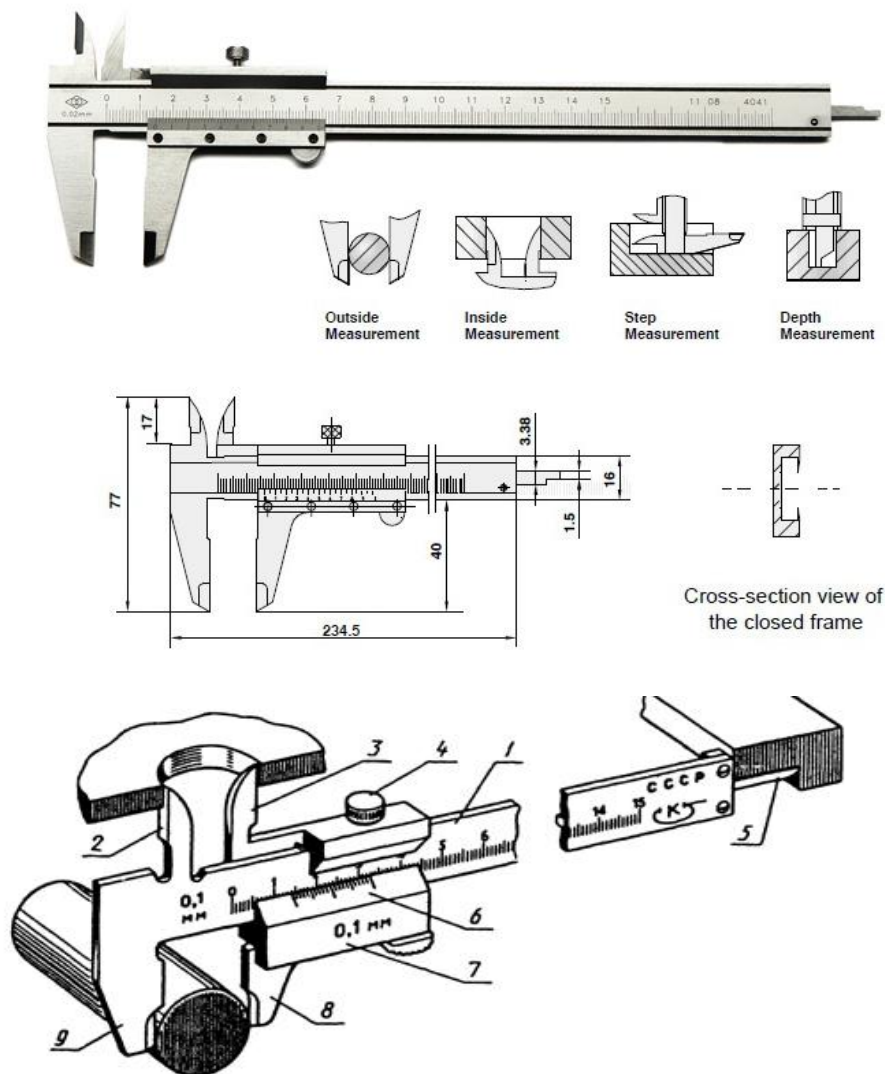
LABORATORİYA İŞİ № 1. SİLİNDİRİN HƏCMİNİN TƏYİN OLUNMASI NÜMUNƏSİNDƏ ÖLÇÜLƏRİN TAPILMASI VƏ MADDƏNİN SİXLİĞİNİN TƏYİNİ

- **İşin məqsədi:** ölçmə nəticələrinin işlənməsi metodları ilə tanışlıq, verilmiş cisimlərin həndəsi ölçülərinin təyini
- **Cihaz və ləvazimat:** silindirlər, ştangerpərgar, mikrometr.

1.1.Qısa nəzəri məlumat:

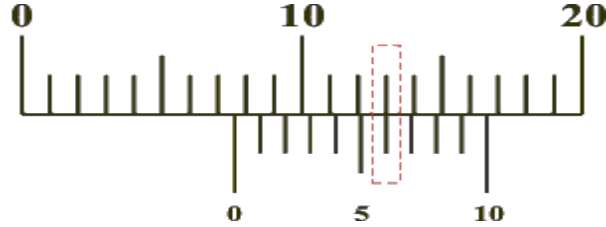
Hər bir laboratoriya işi bu və ya digər fiziki kəmiyyətin təyini ilə bağlıdır. Ölçmə dedikdə verilmiş kəmiyyəti, həmin kəmiyyət üçün vahid qəbul olunmuş kəmiyyətlə müqaisə etmək başa düşülür. Xəta anlayışı ilə tanış olun. Ölçmələrin formaları. Cihazın xətası, nisbi və mütləq xətalara təyin olunmasını öyrənin.

1.2. Qısa nəzəri məlumat. Ştangerpərgar poladdan hazırlanmış dəqiq ölçü cihazıdır. Xətti ölçüləri yüzdə bir millimetr dəqiqliklə ölçməyə imkan verir.



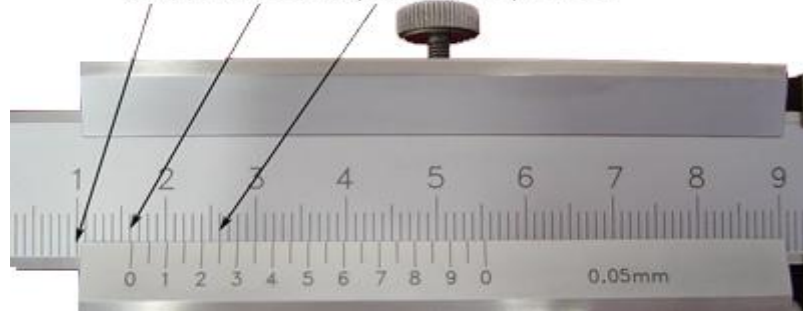
Ştangerpərgar aşağıdakı hissələrdən ibarətdir: 1-əsas şkala, 2- 3- üst dodaqlar, 4- sıxac, 5-dərinlikölçən, 6-noniusun şkalası, 7-nonius, 8-9 -alt dodaqlar.

İşə başlandıqdan əvvəl 4 sıxacı yoxlanılır. 4 sıxacı burularaq iki funksiya yerinə yetirir: çərçivənin hərəkəti üçün boşaldılır, ölçmə apararı zaman isə şkalanın tərpənməz qalması üçün bərkidilir. Ölçülən əşya dodaqlar arasına gətirilir, dodaqlar cismə sıxılır və sıxac bərkidilir. əsas ölçü şkaladan, dədqqlik sə noniusdan götürülür: nonius üzərindəki bölgünün hansı rəqəmi əsas şkaladakı rəqəmlə üst-üstə düşür. Noniusun əvvəli dəqiq üst-üstə düşsə, rəqəm əsas şkaladan götürülür. Əgər noniusun üzərindəki şkaladakı göstəriş əsas şkalada olan cizgi ilə üst-üstə düşsə, onda əsas şkalada olan rəqəmin üzərinə yəzdə bir millimetrlə noniusun üzərindəki rəqəmi gəlmək lazımdır. Məsələn:



Bu halda ölçülən uzunluq ölçüsü 7,6mm olacaqdır.

$$10\text{mm} + 6\text{mm} + 0,25\text{mm} = 16,25\text{mm}$$



1.3.İşin icra alqoritmi:

1.3.1.Silindirin diametrinin təyini.

1. Silindirin diametrini mikrometr və ya ştangerpərgarla ən azı 7 dəfə ölçün (7 müxtəlif istiqamətdə). Nəticələri cədvəllə yazın.

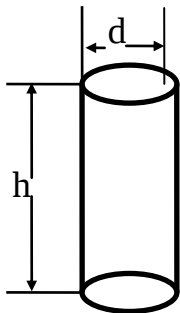
2. Diametrin orta qiymətini təyin edin: $\langle d \rangle = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i$,

n – ölçmələrin sayı, i – ölçmənin ardıcıl say nömrəsidir.

3. Mütləq xətanı $\Delta d_i = (d_i - \langle d \rangle)$, xətaların kvadratını Δd_i^2 və cəmini $\sum_{i=1}^n \Delta d_i^2$

hesablayın

4. Etibarlıq əmsalını verərək: α (0,90 dan 0,97 dək), Student cədvəlindən $t_{\alpha,n}$ və $t_{\alpha,\infty}$ əmsallarını götürün.



5. Cihazın xətasını təyin edin: Δd_{cihaz} . Bu mikrometr üçün $\Delta d_{\text{cihaz}} = \Delta/2$ (Δ - mikrometrin bir bölgüsünün ölçüsü -0,01 mm bərabərdir.) ştangerpərgar üçün isə $\Delta d_{\text{cihaz}} = \Delta$, (Δ - noniusun bölgüsünün “qiyməti”-dir).

6. Silindirin diametrinin hesablanması mütləq xətanı təyin edin:

$$\Delta d = \sqrt{t_{\alpha,n}^2 \frac{\sum_{i=1}^n \Delta d_i^2}{n(n-1)} + \left(\frac{t_{\alpha,\infty}}{3}\right)^2 \Delta d_{\text{np}}^2 + \left(\alpha \frac{\Delta}{2}\right)^2}.$$

7. Nisbi xətanı hesablayın $\varepsilon_d = \Delta d / \langle d \rangle$.

1.3.2. Silindirin hündürlüyünün təyini

Eyni etibarlıqla diametrin ölçülməsi adırıcılığını silindirin hündürlüyünün təyində təkrar edirik. Nəticələri cədvələ yazırıq.

1.3.3. Silindirin həcmnin təyini

1. Silindirin həcmnin orta qiymətini təyin edin.

$$\langle V \rangle = \pi/4 \langle d \rangle^2 \langle h \rangle.$$

2. Silindirin həcmnin təyində nisbi xətanı qiymətləndirin:

$$\varepsilon_v = \sqrt{4\varepsilon_d^2 + \varepsilon_k^2 + \varepsilon_\pi^2}, \text{ haradakı } \varepsilon_\pi = \Delta\pi/\pi.$$

3. Xəta intervalının yarım enini (mütləq xətanı) hesablayın.

$$\Delta V = \varepsilon_v \langle V \rangle.$$

4. Nəticəni bu formada yazın:

$$\alpha = \dots \quad \varepsilon_v = \dots\%, \text{ olduqda } V = \langle V \rangle \pm \Delta V$$

Ölçmələri cədvələ yazın.

Cədvəl 1.1

Nö s/s	d_i, mm	$d_i - \langle d \rangle$	$(d_i - \langle d \rangle)^2$	h_i, mm	$h_i - \langle h \rangle$	$(h_i - \langle h \rangle)^2$
1						
2						
3						
.						
.						
cəm						
Orta qiymət						

1.3.4. Düzgün formalı cisimlərin sıxlığının təyini

İşin məqsədi: düzgün formalı cisimlərin sıxlığının hesablanması, bilavasitə və dolayı yolla ölçmələr metodunun öyrənilməsi.

Cihaz və ləvazimat: silindirik formalı cisimlər, ştangerpərgar, mikrometr, analitik tərəzi.

İşin metodikası: Bircins maddənin sıxlığı (ρ) vahid həcmdəki kütləsidir. Uyğun olaraq cismin sıxlığı onun kütləsinin həvminə nisbətində bərabərdir:

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

Cisim silindirik formada olarsa, onun həcmi

$$V = \frac{\pi d^2 h}{4}, \quad (2)$$

burada d –silindirin diametridir, h – onun hündürlüyüdür.

Bu halda maddənin sıxlığı

$$\rho = \frac{4m}{\pi d^2 h}. \quad (3)$$

1.4. İşin icra algoritmi:

1. Silindirin həndəsi ölçülərini (diametrini və hündürlüyünü) təyin edin. Ölçmələr müxtəlif yerlərdən aparılmalıdır.

2. Cismin kütləsini təyin edin.

Ölçmələri 2 cədvəlinə yazın.

Cədvəl 1.2

Ölçmə №	hündürlük, h (mm)	diametr, d (mm)	Kütlə, m (q)
1			
2			
3			
Orta qiymət			

1.5. Təcrübənin nəticələrinin hazırlanması

1. Hündürlüyün $\bar{h}$ və diametrin $\bar{d}$ orta qiymətlərini cədvələ yazın.
2. Hündürlüyün və diametrin ölçülməsində mütləq xətaləri hesablayın.
3. Xətalərin orta qiymətlərini tapın.
4. Hündürlük və diametr üçün ölçmələrin nəticələrini yazın.
5. Etibarlıq əmsalını 0,95 götürərək nisbi xətaləri tapın. Student əmsallarını cədvəldən götürün. Alınan nəticələri cədvəl-1.3-də qeyd edin.

Cədvəl-1.3

Ölçmənin №	Orta qiymət		Mütləq xətalər		Nisbi xətalər		Nəticə	
	$\bar{h}$ (mm)	$\bar{d}$ (mm)	Δh h (mm)	Δd d (mm)	ε_h (%)	ε_d (%)	h (mm)	d (mm)
1								
2								
3								
Orta qiymət								

6. Hesablamaların nəticələrinə görə metod və xəta haqqında nəticə çıxarın.
7. Üç hal üçün maddənin sıxlığını təyin edin.
8. Sıxlığın orta qiymətini hesablayın.
9. Dustura görə sıxlığın mütləq xətasını qiymətləndirin:

$$\Delta \bar{\rho} = \bar{\rho} \left(\frac{2\Delta \bar{d}}{\bar{d}} + \frac{\Delta \bar{h}}{\bar{h}} \right).$$

Nəticələri cədvəl -1.4-də yazın:

Cədvəl -1.4

Ölçmənin №	Maddənin sıxlığı, kq/m ³	Mütləq xəta, kq/m ³	Nəticə, kq/m ³
1			$\rho = \bar{\rho} \pm \Delta \bar{\rho}$
2			
3			
Orta qiymət			

1.6. Özünü yoxlama sualları:

1. İşin məqsədi nədir? İşdə hansı kəmiyyətlər təyin olunur?
2. Laboratoriya işində hansı ölçmələr birbaşa, hansılar dolaylı formada aparılır?
3. Xətalər hansı qayda ilə hesablanılır?
4. Aldığınız qiymət cədvəl qiymətindən necə fərqləndi?
5. Ştangerpərgarla iş prinsipi necədir?
6. Ştangerpərgarla hansı formalı cismimlərin ölçüləri təyin oluna bilər?

1.7. Təhlükəsizlik qaydaları

- 1.Ştangerpərgarlar iş zamanı onu əymək olmaz.
- 2.Ştangerpərgarın dodaqları itidir, işləyərkən ethiyatlı olun.
- 3.İşləyərkən ölçüləri təyin olunan cisimlərin yerə düşməsinin qarşısını almaq üçün onları stol üzərində düzgün yerləşdirin.

Ədəbiyyat:

1. Mühazirə materiallarından müvafiq mövzunu tapın və öyrənin.
2. Q.Nurullayev: "Fizikadan laboratoriya işlərinə rəhbərlik".
3. M.Bəşirov "Fizikadan laboratoriya praktikum işləri".
- 4.Qocayev E.M., Ümumi fizika kursu, I hissə BAKI Çaşioğlu, 1999-366 səh., II hissə, BAKI Ç.-2003-406 səh.,
5. Mehrabov A.O., Quliyeva C.Ə., Babayev Z.M., Fizika, texniki ali məktəblər üçün dərs vəsaiti- BAKI Çaşioğlu, 2000, 680 səh.
6. Əmiraslanov A. Ümumi fizikadan laboratoriya praktikumu. Maarif 1978
- 7.Xudaverdiyev H. Ümumi fizikadan laboratoriya məşğələlərinə rəhbərlik. Dərs vəsaiti. Maarif BAKI 1979. 53-X90, tiraj 5000.
8. Ümumi fizika kursuna dair laboratoriya işlərində xəta nəzəriyyəsi Metodik göstəriş. Sumqayıt 2001. 22 fevral 2001. prN02 tiraj 100

İşin hesabatını hazırlayıb növbəti laboratoriya məşğələsinə qədər təhvil vermək üçün təqdim edin.

LABORATORİYA İŞİ № 2.

MADDƏNİN ELASTİKLİK ƏMSALININ TƏYİNİ

- **İşin məqsədi:** Deformasiya və onun növlərinin nəzəri tədqiqi, bərk cisimlərin deformasiya ilə tanışlıq, Huk qanunun yoxlanılması, əyilmə deformasiya vasitəsi ilə materialın elastiklik modulunun təcrübi təyini
- **Cihaz və ləvazimat:** İki dayaq, tədqiq olunan polad material, yüklər dəsti, ölçüsü olan xətkəş, ştangerpərgar, ölçü indikatoru, çəngəl.

2.1.Qısa nəzəri məlumat:

Xarici qüvvənin təsiri ilə cismin ölçüləri və forması dəyişməsi deformasiya adlanır. Deformasiya iki cür olur: elastik və plastiki (qeyri-elastiki) deformasiya.

Deformasiya edici qüvvənin təsiri kəsildikdən sonra cismi öz əvvəlki forma və ölçülərini alırsa, belə deformasiya elastiki deformasiya adlanır. Elastiki deformasiya olunmuş cismi öz əvvəlki vəziyyətinə qaytaran qüvvələrə isə elastiki qüvvələr deyilir. Elastiki qüvvələrin deformasiyanın qiymətilə düz mütənasib olub, deformasiyaedici qüvvənin əksinə yönəlir. Deformasiyaedici qüvvənin təsiri ilə kəsildikdən sonra cisim öz əvvəlki formasının almazsa belə deformasiya qeyri-elastiki yaxud plastiki deformasiya deyilir. Deformasiyanın əsas növləri bunlardır: Dərilmə, sıxılma, sürüşmə, əyilmə və burulma.

Deformasiyanın hər bir növündə cismi öz əvvəlki vəziyyətinə qaytaran elastiki qüvvələr meydana çıxır. Cismi elastiki deformasiya etdirən qüvvənin ən böyük qiymətinə elastiklik həddü deyilir. Elastiki deformasiya üçün Huk təcrübi yolla belə bir qanun müəyyən etmişdir: Elastiklik həddü daxilində deformasiyanın qiyməti, deformasiyaedici qüvvənin qiymətilə düz mütənasibdir.

$$\vec{F} = -k\Delta\vec{x} \quad (2.1)$$

Burada k-mütənasiblik əmsalə olub, sərtlilik əmsalı adlanır. Sərtlilik əmsalı materialın növündən, həndəsi ölçülərindən asılıdır. Təcrübə göstərir ki, eyni qüvvənin təsiri altında müxtəlif en kəsikli bircins çubuqların deformasiya dərəcəsi müxtəlif olur. Fərz edək ki, bir ucu dayağa bağlanmış en kəsiyi S və uzunluğu l olan çubuğa deformasiyaedici qüvvə təsir edir. Deformasiyaedici qüvvənin nümunənin en kəsiyinin S sahəsinə olan nisbəti materialının mexaniki xassəsini xarakterizə edir və mexaniki gərginlik adlanır. Mexaniki gərginlik aşağıdakı düstur ilə təyin olunur:

$$\sigma = \frac{F}{S} \quad (2.2)$$

Mexaniki gərginliyin beynəlxalq vahidlər sistemində vahidi $1Pa=1N/m^2$ - dir. Bu vahid Paskal adlanır. Fərz edək ki, deformasiya etdirici qüvvənin təsiri ilə cisim Δl qədər uzanmışdır. Çubuğun deformasiyadan sonrakı uzunluğu ilə ilkin uzunluğu fərqi mütəlak qiymətinə mütəlak uzanma (mütəlak sıxılma) deyilir.

$$(|l - l_0|) = |\Delta l|$$

Mütəlak uzanmanın (mütəlak sıxılmanın) çubuğun ilkin uzunluğuna nisbəti nisbi deformasiya (uzanma) adlanır.

$$\frac{|l - l_0|}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0} \quad (2.3)$$

Təcrübələr göstərir ki, elastiklik həddü daxilində nisbi deformasiyanın qiyməti mexaniki gərginliklə düz mütənasibdir (Huk qanunu). Onda Huk qanununu riyazi şəkildə aşağıdakı kimi yazı bilərik:

$$\frac{|\Delta l|}{l_0} = \varepsilon = a \frac{F}{S} \quad \varepsilon = a\sigma \quad (2.4)$$

a – elastiklik əmsalı adlanır və ədədi qiymətcə vahid mexaniki gərginliyin nisbi deformasiyaya bərabərdir. Elastiklik əmsalın tərs qiyməti elastiklik modulu, yaxud Yunq modulu adlanır və E ilə işarə olunur. Bu halda (4) düsturunu Yunq modulu vasitəsi ilə də ifadə etmək olar:

$$E = \frac{Fl_0}{S|\Delta l|} = \frac{a}{\varepsilon} \quad (2.5)$$

Yunq modulu ədədi qiymətcə vahid nisbi deformasiya yaradan mexaniki gərginliyə bərabərdir. Yunq modulunun da beynəlxalq vahidlər sistemində vahidi Pa-dir. Yunq modulu plastik əhəmiyyətə malikdir.

2.2. Qurğunun təsviri və işin metodikası

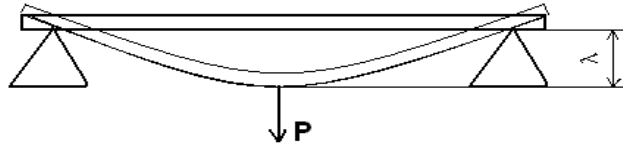
Bu kəmiyyəti təyin etmək üçün müxtəlif üsullar vardır. Belə üsullardan biri də ağırlıq qüvvəsinin təsir ilə çubuğun əyilməsinə əsaslanmışdır. Bu üsulla Yunq modulunu təyin etmək üçün istifadə olunan cihazın prinsipial quruluşu şəkildə göstərilmişdir. Qurğuda aralarındakı məsafə l olan prizma üzərinə metal çubuq qoyulur və çubuğun ortasından çəkisi P olan yük asılır. Bu halda deformasiya etmiş çubuğun əyilməsi üçün aşağıdakı ifadə alınır.

$$\lambda = \frac{Pl^3}{4Eab^3}, \quad (2.6)$$

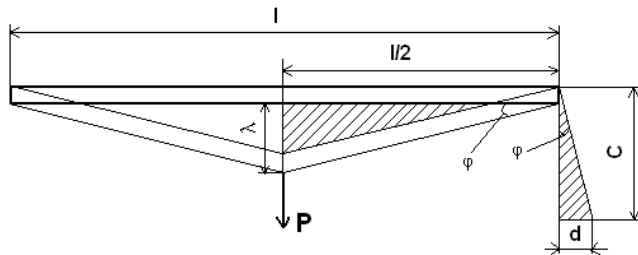
(2.6) ifadəsinin çıxarılışı mürəkkəb riyazi çevrilmələrlə əlaqədar olduğundan laboratoriya işində onun ifadəsi hazır şəkildə verilmişdir. Burada $P=mg$ yükün çəkisi, a – çubuğun eni, d -onun qalınlığı, l -onun uzunluğu, λ çubuğun əyilmə məsafəsi, yəni əqrəbin şkala üzərində yerdəyişməsidir. Yazdığımız (2.6) ifadəsindən Yunq modulu üçün alırıq:

$$E = \frac{Pl^3}{4\lambda ab^3}. \quad (2.7).$$

Yunq modulu təyin etmək üçün təcrübədə **A** və **B** prizmaları üzərində qoyulmuş yastı metal çubuğun ortasından **C** çəngəli və çəngəldən müxtəlif kütləli (**100q**, **200q**) yüklər asılır. Çəngəldən asılan yüklərin təsiri ilə çubuq əyilir. Çubuğun əyilməsi millimetr bölgüləri olan göstərici vasitəsilə qeyd olunur.



Milin əyilmə məsafəsini təyin etmək üçün əyilmə sxeminə baxaq:



Üçbucaqların oxşarlıq əlamətlərinə görə yaza bilərik: $\frac{\lambda}{d} = \frac{l/2}{c}, \quad (2.8)$

Buradan əyilmə $\lambda = \frac{ld}{2c}. \quad (2.9)$

2.3. İşin icra alqoritmi:

1. Yastı çubuğun eni mikrometr ilə qalınlığı isə stangerpərgarla dəqiq ölçüldükdən sonra onun prizmanın iti tilləri üzərinə qoyulmalı və tillər arasındakı məsafəni millimetr bölgülü xətkəşlə təyin etməli.

2. Çəngələ bağlanmış göstəricinin ilk vəziyyətini L_1 qeyd edib, çəngəldən kütləsi $100q$ olan yük asaraq göstəricinin şkala üzərindəki yerdəyişməsinə ($d = h_1 - h_2$) dəqiq təyin etməli.

3. Ölçmənin nəticələrini (2.7) ifadəsində yerinə yazaraq Yunq modulunu hesablamalı.

4. Çəngəldən asılan yükün miqdarını artırmaqla yuxarıda göstərilən qayda ilə təcrübəni 5-7 dəfə təkrar edib və Yunq modulunun orta ədədi qiymətini hesablamalı.

5. Yunq modulunun orta ədədi qiymətinə görə təcrübənin nisbi və mütləq xətlərin hesablanması.

2.3.1. İşin yerinə yetirilmə alqoritmi

1. Verilmiş materialın b hündürlüyünü və a enini bir neçə yerdən (ən azı 3 yerdən) ölçün, orta qiymət təyin edin.

2. Dayaq nöqtələri arasında məsafəni təyin edin.

3. Ölçü indikatoru nöqtəsində məsafəni qeyd etmək.

4. Milin ortasından bir, iki və daha çox yük asaraq, indikatorun d göstərişini götürmək.

5. Təyin olunan qiymətləri cədvələ yazmalı.

2.3.2. Təcrübənin hesablanma mərhələsi:

1. Asılmış yüklərin çəkirlərini tapın: $P = mg$.
2. Milin əyilməsini (2.8) ifadəsi ilə hesablayın.
3. Elastiklik modulunu (2.7) ifadəsi ilə hesablayın.
3. Verilmiş materialın elastiklik modulunu cədvəldən götürərək təcrübədə alınmış qiymətlə müqayisə edin.
4. Təcrübənin nəticələrinə görə əyilmənin yükün kütləsindən asılılığını qurun.

Cədvəl-2.1

Təcrübənin №	Yükün kütləsi, m, kq	Ölçmələr					Hesablamalar			Cədvəl E.Pa
		a, m	b, m	l, m	c, m	d, m	P, N	λ , m	E, Pa	

2.4.Özünü yoxlama sualları

- 1.Elastik cisimlər qeyri elastik cisimlərdən nə ilə fərqlənir?
- 2.Hansı şərtlər daxilində Huk qanunu ödənilir?
- 3.Materialların elastiklik əmsalının müxtəlif olması səbəbi nədir?
- 4.İşdə hansı deformasiya növündən istifadə olunur?
- 5.Mexaniki gərginlik nədir?

2.5.Təhlükəsizlik qaydaları:

- 1.Cihazları və avadanlığı stol üzərində elə yerləşdirinki, onların düşmə halları olmasın.

Ədəbiyyat:

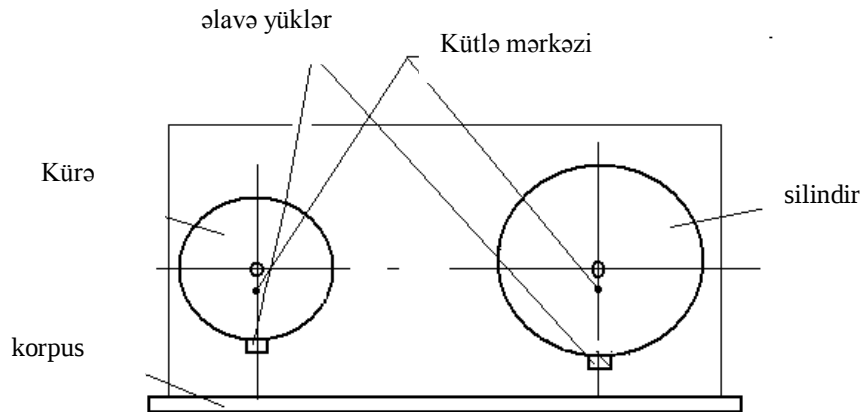
1. Mühazirə materiallarından müvafiq mövzunu tapın və öyrənin.
2. M.Bəşirov “Fizikadan laboratoriya praktikum işləri”.2012
- 3.Pənahov M.M., Ömərzadə T.M., Həmidov Ş.Q., Elektrostatika Bakı Kür- 2000 – 115 səh.
- 4.Qocayev E.M., Ümumi fizika kursu, I hissə BAKI Çarşoğlu, 1999-366 səh., II hissə, Bakı Ç.-2003-406 səh., Optika- 15 aprel 2009 prN414 – 2009-624 səh – Q043-2009, Molekulyar fizika – 01 aprel 2008, 397 N pr. 433 səh,
- 5.Əliyev B.D., Həsənov Q.T., Ümumi fizika kursu. Bakı, Çarşoğlu, 2005.
- 6.Y.Q.Nurullayev, R.F.Babayeva, M.M.Tağıyev, Fizika praktikumu. Bakı, Çarşoğlu, 2003.
- 7.Т.И.Трофимова. Курс физики. М.: Высшая школа. 2003.
8. Mehrabov A. Ümumi fizika kursu - 2002 Çarşoğlu
9. Əmiraslanov A. Ümumi fizikadan laboratoriya praktikumu. Maarif 1978
- 10.Xudaverdiyev H. Ümumi fizikadan laboratoriya məşğələlərinə rəhbərlik. Dərs vəsaiti. Maarif Bakı 1979. 53-X90, tiraj 5000.
11. Ümumi fizika kursuna dair laboratoriya işlərində xəta nəzəriyyəsi. Metodik göstəriş. Sumqayıt 2001. 22 fevral 2001. prN02 tiraj 100
- 12.RamazanzadəM.H. Fizikadan laboratoriya işlərinə rəhbərlik . Maarif. 1965

İşin hesabatını hazırlayıb növbəti laboratoriya məşğələsinə qədər təhvil vermək üçün təqdim edin.

LABORATORİYA İŞİ № 3.

RƏQS METODU İLƏ CİSMİN ƏTALƏT MOMENTİNİN TƏYİNİ

- **İşin məqsədi:** fiziki rəqqasın işinin yoxlanması, təcrübi yolla cisimlərin ətalət momentlərinin yoxlanması.
- **Cihaz və ləvazimat:** saniyəölçən, kürə, silindir, yüklər dəsti, korpus
Qurğunun eskizi və verilənlər şəkil-1 və cədvəldə verilmişdir:



Şəkil-1

Cədvəl -3.1.Nümunə

Tədqiq olunan cisim	Tədqiq olunan cismin kütləsi, kq	Yükün kütləsi, kq	Yükün ətalət momenti, kq·m ²	Sistemin ağırlıq mərkəzindən fırlanma oxuna qədər məsafə, m	Tədqiq olunan cismin radiusu, m
silindir	2,502	0,064	$0,165 \cdot 10^{-3}$	$1,118 \cdot 10^{-3}$	$69,1 \cdot 10^{-3}$
Kürə	1,419	0,077	$0,251 \cdot 10^{-3}$	$2,933 \cdot 10^{-3}$	$49,5 \cdot 10^{-3}$

3.1.Qısa nəzəri məlumat

Ətalət momenti skalyar kəmiyyətdir: maddi nöqtələrdən ibarət sistem üçün

$$J_a = \sum_{i=1}^n m_i a_i, \quad (3.1)$$

burada m_i və a_i - i -ci maddi nöqtənin kütləsi və fırlanma oxundan məsafəsidir, bütöv (kəzilməz) cisimlər üçün isə

$$J_a = \int_m a^2 dm. \quad (3.2)$$

kimi təyin olunur. a – fırlanma oxundan məsafədir. Cismin ətalət moment onun kütləsindən, fırlanma oxunun vəziyyətindən, formasından asılıdır. İxtiyarı oxa nəzərən ətalət moment cismin ağırlıqmərkəzindən keçən oxa nəzərən ətalət moment ilə onunla eyni kütləli maddi nöqtənin oxlar arasındakı məsafəyə görə hesablanan ətalət momentlərinin cəminə bərabərdir (Şteyner teoremi):

$$J = J_a + md^2. \quad (3.3)$$

Daha ətraflı digər laboratoriya işlərinin nəzəri məlumatlarından oxu. Bəzi cisimlərin ətalət momentləri:

Cədvəl 3.1.

Cisim	Oxun vəziyyəti a	J_a ətalət momenti
Radiusu R olan nazik divarlı boş silindir	Silindirin oxu	mR^2
Radiusu R olan bütöv silindir (disk)	Silindirin oxu	$\frac{1}{2} mR^2$
R radiuslu kürə	Kürənin mərkəzindən keçən ox	$\frac{2}{5} mR^2$
Radiusu R olan nazik divarlı sfera	Sferanın mərkəzindən keçən ox	$\frac{2}{3} mR^2$
L uzunluqlu nazik düz mil	Milə perpendikulyar olmaqla ortasından keçən ox	$\frac{1}{12} mL^2$
L uzunluqlu nazik düz mil	Milə perpendikulyar olmaqla bir ucundan keçən ox	$\frac{1}{3} mL^2$

Fiziki rəqqas ağırlıq mərkəzindən fərqli nöqtə ətrafında ağırlıq qüvvəsinin təsiri ilə rəqs edən bərk cisimdir. Fiziki rəqqasın periodu aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{J}{mga}}, \quad (3.4),$$

J – sistemin ətalət momenti, m – onun kütləsi, a – ağırlıq mərkəzindən asqı nöqtəsinə qədər məsafədir.

$$L = \frac{J}{ma} \quad (3.5)$$

kəmiyyəti gətirilmiş uzunluq adlanır. sistemin ətalət momenti

$$J = \frac{T^2 mga}{4\pi^2} \quad (3.6).$$

$$\text{əlavə yüklərsiz cismin ətalət momenti: } J_T = J - J_F. \quad (3.7)$$

kimi təyin olunacaqdır.

3.2.İşin icra alqoritmi

1. Cisimləri tarazlıqdan çıxarmalı, beş rəqsə sərf olan vaxtı təyin etməli. Təcrübəni ən azı üç dəfə təkrar edin.

2. Rəqslərin periodunu təyin edin.

Təyin edilən kəmiyyətləri cədvəl -3.3-ə yazın.

3.3.İşin nəticələrinin hazırlanması

1. (3.6.) ifadəsi ilə cismin ətalət momentini təyin edin.

2. Cədvəl 3.2.-dən cismin ətalət momentini hesablamalı. Cismin silindirik qəbul etməli.

3. (3.7.) ifadəsi ilə tədqiq olunan cismin ətalət momentini təyin edin.

4. Təcrübi tapdığınız qiymətləri cədvəl 3.2.-dən təyin olunan qiymətlərlə müqayisə edin. Verilənləri cədvəl 3.3-ə yazın.

5. Ətalət momentinin cismin formasından asılılıq haqqında nəticə verin.

Cədvəl 3.3

Tədqiq olunan cisim	t, s	T, s	J, kq·m ²	J _T , kq·m ²	J _F , kq·m ²	J _T hesablanan, kq·m ²
Silindir						
Kürə						

3.4. Özünü yoxlama sualları:

1. Maddi nöqtənin ətalət momenti nədir?
2. Cismnin ətalət momenti nəyə deyilir? Hansı vahidlərlə ölçülür? Fırlanan cismnin hərəkətində ətalət momenti nə kimi rol oynayır?
3. Fiziki rəqqas nədir?
4. Fiziki rəqqasın rəqs periodu nədən asılıdır?
5. Şteyner teoreminin mahiyyətini izah edin.

3.5. Təhlükəsizlik qaydaları

1. Cihazı və yükləri stol üzərində elə yerləşdirinki, onların düşmə halları olmasın.
2. Laboratoriya işinin gedişində fırlanan hissələrə toxunmayın.

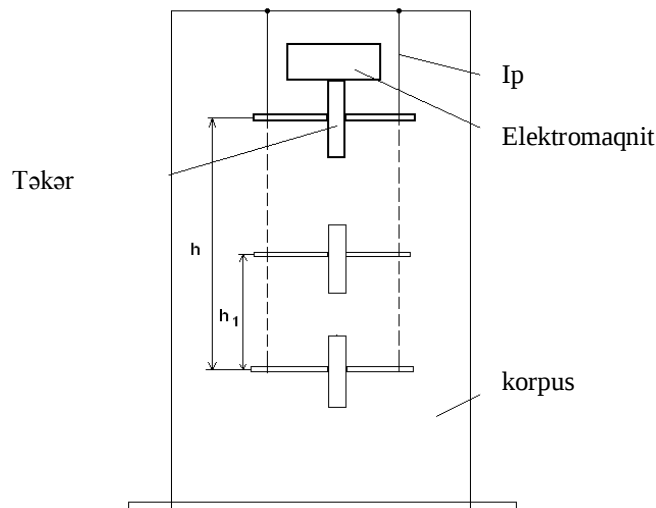
Ədəbiyyat

1. Pənahov M.M., Ömərzadə T.M., Həmidov Ş.Q., Elektrostatika Bakı Kür- 2000 – 115 səh.
2. Qocayev E.M., Ümumi fizika kursu, I hissə BAKI Çaşıoğlu, 1999-366 səh., II hissə, Bakı Ç.-2003-406 səh.,
3. Mehrabov A.O., Quliyeva C.Ə., Babayev Z.M., Fizika, texniki ali məktəblər üçün dərs vəsaiti- Bakı Çaşıoğlu, 2000, 680 səh.
4. Əliyev B.D., Həsənov Q.T., Ümumi fizika kursu. Bakı, Çaşıoğlu, 2005.
5. Y.Q.Nurullayev, R.F.Babayeva, M.M.Tağıyev, Fizika praktikumu. Bakı, Çaşıoğlu, 2003.
6. Т.И.Трофимова. Курс физики. М.: Высшая школа. 2003.
7. Mehrabov A. Ümumi fizika kursu - 2002 Çaşıoğlu
8. Əmiraslanov A. Ümumi fizikadan laboratoriya praktikumu. Maarif 1978
9. Xudaverdiyev H. Ümumi fizikadan laboratoriya məşğələlərinə rəhbərlik. Dərs vəsaiti. Maarif Bakı 1979. 53-X90, tiraj 5000.
10. Ümumi fizika kursuna dair laboratoriya işlərində xəta nəzəriyyəsi Metodik göstəriş. Sumqayıt 2001. 22 fevral 2001. prN02 tiraj 100
11. Ramazanzadə M.H. Fizikadan laboratoriya işlərinə rəhbərlik . Maarif. 1965

LABORATORİYA İŞİ № 4.

TƏKƏRİN (DISKİN) ƏTALƏT MOMENTİNİN TƏYİNİ

- **İşin məqsədi:** kinetik enerjinin potensial enerjiyə keçidini öyrənmək, təkərin ətalət momentinin təcrübi təyini
- **Cihaz vələvazimat:** təkər, elektromaqnit, ölçüsü olan xətkəş, saniyəölçən, ştangerpərgar



Şəkil-4.1.

4.1.Qısa nəzəri məlumat

Diskret formada paylanmış sistemin ətalət momenti

$$J_a = \sum_{i=1}^n m_i a_i^2, \quad (4.1)$$

kimi təyin olunur. m_i və a_i - i -ci cismin kütləsi və fırlanma oxundan olan məsafəsidir.

Kəsilməz paylanmış cismin ətalət momenti isə belə təyin olunur:

$$J_a = \int_m a^2 dm. \quad (4.2).$$

Daha ətraflı uyğun işlərin nəzəri məlumatından oxumalı.

4.2.Qurğunun təsviri və işin metodikası

Təkər (Maksvell rəqqası) öz ağırlıq qüvvəsinin təsiri ilə hərəkətə gəlir. Müəyyən h_1 yüksəklikdə mgh_1 potensial enerjiyə malikdir. Burada m – təkərin kütləsidir.

Ağırlıq qüvvəsinin təsiri ilə irəliləmə və fırlanma hərəkəti edən cismin potensial enerjisi irəliləmə və fırlanma hərəkətlərinin kinetik enerjisinə və sürtünmə qüvvəsinin işinə çevrilir. Enerjinin saxlanması qanununa görə

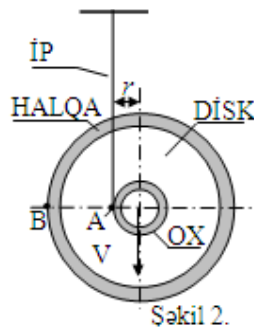
$$mgh = \frac{mV^2}{2} + \frac{J\omega^2}{2} + fh_1, \quad (4.3),$$

burada f – sürtünmə qüvvəsidir.

Cismin hərəkəti sükunətdən bərabərtəcilli başlayarsa, onun sürəti və təcili üçün yazı

$$\text{bilərik: } v = \frac{2h}{t}, a = \frac{2h}{t^2}, \quad (4.4),$$

burada t – təkərin düşmə müddətidir.



Səkil 2.

$$\text{Fırlanma hərəkətinin bucaq sürəti } \omega = \frac{v}{r} = \frac{2h}{tr}, \quad (4.5),$$

burada r – valın radiusudur.

Cisim ətaləti üzrə fırlanaraq $h_1 < h$ yüksəkliyə qalxır və h_1 yüksəklikdə cismin potensial enerjisi mgh_1 olacaq.

Potensial enerjinin dəyişməsi bu məsafədə sürtünmə qüvvəsini gördüyü işə bərabərdir.

$$mgh - mgh_1 = f(h - h_1). \quad (4.6).$$

$$\text{buradan } f = mg \frac{h - h_1}{h + h_1}.$$

(4.7).

(4.4), (4.5) və (4.7) ifadələrini (4.3) də nəzərə alsaq, cismin ətalət momentini alarıq:

$$J = mr^2 \left(gt^2 \frac{h_1}{h(h + h_1)} - 1 \right). \quad (4.8).$$

4.3. İşin icra alqoritmi

1. Elektromağnitni ayırıb, ipi təkərə dolayaraq onu h yüksəkliyə qaldırın.

2. Elektromağnitni ayırıb təkərin düşmə vaxtını qeyd edin. (şəkil-3)

3. Düşdükdən sonra təkərin qalxdığı h_1 , yüksəkliyini qeyd edin.

4. Valın diametrini ölçün. Valın kütləsini təyin edin.

5. 1-4 ardıcılığı ilə təcrübəni daha iki dəfə təkrar edin.

Alınan nəticələri cədvəl 4.1-ə yazın.



Səkil 4.3

4.4. Təcrübənin nəticələrinin hazırlanması

1. (4.8) ifadəsi ilə təkərin hər bir təcrübə üçün ətalət momentini təyin edin.

2. Təkərin ətalət momentinin orta qiymətini tapın.

3. Ətalət momentinin mütləq xətasını təyin edin.

4. Nisbi xətanı təyin edin.

5. Ətalət momentinin qiymətini $J = \bar{J} \pm \Delta J$ formasında yazın. Nəticələri cədvəl 4.1-ə yazın.

6. İşin nəticəsinə görə ətalət momentinin təkərin kütləsindən və diametrindən asılılığını tədqiq edin.

Cədvəl 4.1.

Təcrübə №	Ölçməli				hesablamalı			
	h, m	h ₁ , m	t, s	r, m	J, kq·m ²	ε	ΔJ	J
1								
2								
3								
Orta qiymət	-	-	-					

4.5.Özünüyoxlama sualları:

1. İrəliləmə və fırlama hərəkətində iştirak edən cismin kinetik enerjisi necə təyin olunur?
2. Cismin potensial enerjisi yüsəklikdən necə asılıdır? Bu təsir edən qüvvə ilə necə bağlıdır?
3. İrəliləmə kinetik enerjisi ilə fırlanma kinetik enerjisi arasında fərq vardır?
4. Ətalət momenti nəyi xarakterizə edir?
5. Ətalət momenti nədən asılıdır?
6. Şteyner teoremi necə ifadə olunur?

4.6. Təhlükəsizlik qaydaları

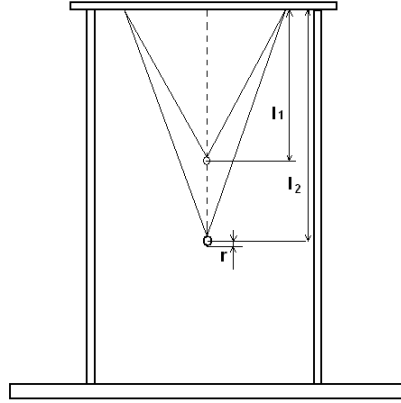
- 1.Cisimlərin düşmə hallarının qarşısını almaq üçün onları stol üzərində səliqə ilə yerləşdirin.
- 2.Cisimlərin hərəkəti zamanı onlara toxunmayın.

Ədəbiyyat

1. Əmiraslanov A. Ümumi fizika praktikumu, Bakı, Maarif, 1978, 306 s.
2. Гольдина Л.Л. Лабораторные занятия по физике, Москва, 1983, 702 с.
3. Mühazirə materialları
4. Pənahov M.M., Ömərzadə T.M., Həmidov Ş.Q., Elektrostatika Bakı Kür- 2000 – 115 səh.
5. Qocayev E.M., Ümumi fizika kursu, I hissə BAKI Çaşıoğlu, 1999-366 səh., II hissə, Bakı Ç.-2003-406 səh.,
6. Mehrabov A.O., Quliyeva C.Ə., Babayev Z.M., Fizika, texniki ali məktəblər üçün dərs vəsaiti- Bakı Çaşıoğlu, 2000, 680 səh.
7. Əliyev B.D., Həsənov Q.T., Ümumi fizika kursu. Bakı, Çaşıoğlu, 2005.
8. Əmiraslanov A. Ümumi fizikadan laboratoriya praktikumu. Maarif 1978
9. Xudaverdiyev H. Ümumi fizikadan laboratoriya məşğələlərinə rəhbərlik. Dərs vəsaiti. Maarif Bakı 1979. 53-X90, tiraj 5000.
10. Ümumi fizika kursuna dair laboratoriya işlərində xəta nəzəriyyəsi. Metodik göstəriş. Sumqayıt 2001. 22 fevral 2001. prN02 tiraj 100
11. Ramazanzadə M.H. Fizikadan laboratoriya işlərinə rəhbərlik . Maarif. 1965

LABORATORİYA İŞİ № 5. UNİVERSAL RƏQQAS VASİTƏSİ İLƏ AĞIRLIQ QÜVVƏSİNİN TƏCİLİNİN TƏYİNİ

- **İşin məqsədi:** universal rəqqasın işinin öyrənilməsi, sərbəstdüşmə təcilinin təyini
- **Cihaz və ləvazimat:** Universal rəqqas,elektron saniyəölçən, ölçülü xətkəş



Şəkil 5.1.

5.1.Qısa nəzəri məlumat:

Çəkisiz, nazik, uzanmayan sapdan asılmış maddi nöqtə riyazi rəqqas adlanır. Nazik uzanmayan şəkisiz sapdan asılmış balaca metal kürə riyazi rəqqas modeli ola bilər və bunun üzərində riyazi rəqqasın xassələrini öyrənmək mümkündür.

Tutaq ki, (şəkil 5.2) l uzunluqlu rəqqas OA ilk tarazlıq vəziyyətindən α qədər meyl etdirilir və ani olaraq OB vəziyyəti alır. Kürəni tarazlıq vəziyyətinə qaytaran F qüvvəsi F_a ağırlıq qüvvəsi ilə ipdə yaranan T gərilmə qüvvəsinin əvəzləyicisi olacaq və AB qövsünə toxunan istiqamətdə yönəlcəkdir. BNM və BOD üçbucaqlarının oxşarlığına görə alırıq:

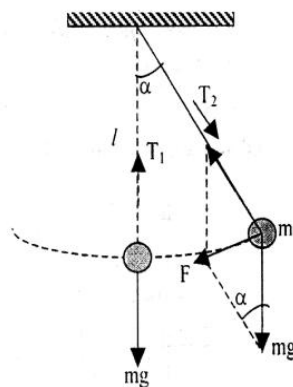
$$F/T = BD/BO$$

(5.1),

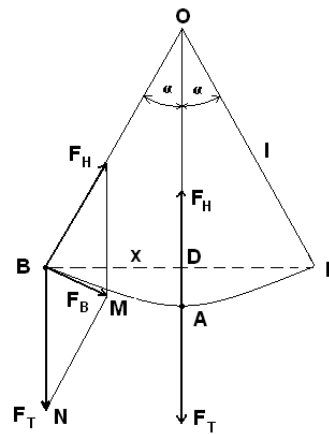
Buradan

$$F = BD \cdot T/L$$

(5.2).



Şəkil 5.2



Şəkil 5.3.

Kiçik bucaqlarda kürənin yerdəyişməsi qövsün uzunluğuna bərabər olacaq.

$BA \approx BD$, və ya $x = BD$. kiçik α bucaqları üçün yazı bilərik:

$$F = -mgx/L$$

(5.3).

Mənfi işarəsi yerdəyişmə və qüvvənin əks olduğunu göstərir.

Riyazi və fiziki rəqqaslar. *Uzanmayan, çəkisiz, nazik sapdan asılmış m kütləli maddi nöqtə riyazi rəqqas adlanır.* Rəqqas tarazlıq vəziyyətində olduqda ona təsir edən ağırlıq qüvvəsi və ipin gərilməsi bir-birini tarazlaşdırır və əvəzləyici qüvvə sıfıra bərabər olur.

$$m\vec{g} + \vec{T}_1 = 0$$

Rəqqası kiçik α bucağı qədər meyl etdirdikdə əvəzləyici $\vec{F}$ qüvvəsi yaranır. Bu qüvvə şəkildən göründüyü kimi tarazlıq vəziyyətinə doğru yönəlir və ədədi qiymətcə $F = -mg \sin \alpha \cong mg\alpha$ olub, bucaq yerdəyişməsi ilə mütənasibdir. Mənfi işarəsi qüvvənin bucaq yerdəyişməsinin əksi istiqamətində yönəldiyini göstərir. Bu qüvvənin təsiri ilə maddi nöqtə rəqs edir. Bu hərəkət maddi nöqtənin l radiuslu çevrə üzrə fırlanma hərəkəti kimidir. Ona görə də hərəkət tənliyini fırlanma hərəkətinin əsas tənliyi kimi yazmaq lazımdır:

$$J\ddot{\alpha} = M \quad (5.4)$$

Burada $\ddot{\alpha} = \beta = \frac{d^2\alpha}{dt^2}$ - bucaq təcili, $J = mr^2 = ml^2$ - maddi nöqtənin ətalət momenti, $M = Fl = -mg\alpha$ olub F qüvvəsinin momentidir. Bu ifadələri (5.4)-də yerinə yazıb riyazi rəqqasın hərəkət tənliyini aşağıdakı kimi alırıq:

$$ml^2\ddot{\alpha} = -mg\alpha \text{ və ya } \ddot{\alpha} + \frac{g}{l}\alpha = 0; \quad \ddot{\alpha} + \omega_0^2\alpha = 0 \quad (5.5)$$

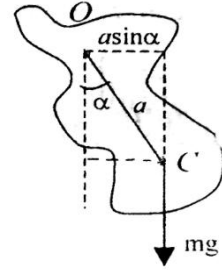
Burada $\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{l}}$ olub riyazi rəqqasın məxsusi dairəvi tezliyidir.

Riyazi rəqqasın periodu isə

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \quad (5.6)$$

düsturu ilə hesablanır.

Ağırlıq mərkəzindən keçməyən ox ətrafında rəqs edə bilən ixtiyari bərk cisim fiziki rəqqas adlanır.



Şəkil 5.4.

5.2. Qurğunun təsviri və işin metodikası

Sərbəstdüşmə təcilini təyin edən qurğu aşağıdakı hissələrdən ibarətdir:

- 1) oturacaq (ştativ)-1;
- 2) şaquli dayaq (ştativin dirəyi) 2;
- 3) riyazi rəqqas 9,10;
- 4) fotoqeydiyyatın aparılması üçün kronşteyn 4;
- 5) fotoqeyd cihazı.

Oturacaq şaquli dayaqın duruşuna düzəliş etmək üçün dayaq -6 və vintlərdən -7 ibarətdir. Riyazi rəqqas kapron ipdən -8, ondan asılmış metal kürə-9, uzunluq ölçən qurğudan-10 ibarətdir. Tutaq ki, m kütləli bərk cisim O nöqtəsindən keçən və şəkil müstəvisinə perpendikulyar olan oxdan asılmışdır. Onu kiçik bucaq qədər meyl etdirsək $m\vec{g}$ qüvvəsinin uzantısı fırlanma oxundan keçməyəcək və o fırlanma momenti yaradacaqdır. Fırlanma momenti (şəkil 5.3) $m\vec{g}$ ilə onun qolu olan $a \sin \alpha$ (α - rəqqasın asılma oxu ilə onun ağırlıq mərkəzi arasındakı məsafədir) hasilinə bərabərdir və α -nın əksinə yönəlir:

$$M = -mga \sin \alpha \cong -mga\alpha$$

Bu ifadəni (5.4)-də yerinə yazmaqla fiziki rəqqasın hərəkət tənliyini aşağıdakı şəkildə alırıq:

$$J\ddot{\alpha} = -mga\alpha \text{ və ya } \ddot{\alpha} + \frac{mga}{J}\alpha = 0; \quad \ddot{\alpha} + \omega_0^2\alpha = 0 \quad (5.7)$$

Burada $\omega_0 = \sqrt{\frac{mga}{J}}$ fiziki rəqqasın məxsusi dairəvi tezliyi, J - onun verilmiş fırlanma oxuna nəzərən ətalət momentidir. Bu düsturdan fiziki rəqqasın periodu üçün aşağıdakı ifadə alınır:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{J}{mag}} \quad (5.8)$$

Əgər $L = \frac{J}{ma}$ qəbul etsək $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$ alarıq. L -fiziki rəqqasın gətirilmiş uzunluğu adlanır və elə riyazi rəqqasın uzunluğuna bərabərdir ki, periodu onun perioduna bərabər olsun.

Beləliklə kiçik bucaq altında rəqsləri harmonik rəqs hesab etmək olar. Riyazi rəqqasın sərbəst rəqslərinin periodu

$$T = 2\pi \frac{l}{g}. \quad (5.9).$$

Ona görə də müxtəlif uzunluqlu riyazi rəqqas üçün periodların kvadratları:

$$T_1^2 = 4\pi^2 \frac{l_1}{g} = 4\pi^2 \frac{l' - r}{g} \quad \text{və} \quad T_2^2 = 4\pi^2 \frac{l_2}{g} = 4\pi^2 \frac{l'' - r}{g}, \quad (5.10),$$

burada l' və l'' - ipin başlanğıcından kürənin sonuna qədər məsafədir. İfadələri çıxsaq, alarıq:

$$T_1^2 - T_2^2 = \frac{4\pi^2(l_1 - l_2)}{g} = \frac{4\pi^2(l' - l'')}{g}, \quad (5.11),$$

buradan

$$g = \frac{4\pi^2(l' - l'')}{T_1^2 - T_2^2}. \quad (5.12).$$

5.3. İşin icra algoritmi

1. Oturacağın vəziyyətini dayaq bintləri ilə qaydaya salın. (şəkil 5.5.)
2. Rəqqasları yerləşdirin,
3. Şaquli dirəkdə olan göstəriciyə əsasən riyazi rəqqasın uzunluğunu təyin edin. l_1 .
4. Rəqqası tarazlıq vəziyyətindən kiçik meyl etdirərək ($5 - 6^\circ$) sərbəst rəqslərinə şərait yaratmalı.
5. 60-70 rəqs üçün sərbəst olan zamanı təyin edin. .
6. Rəqqasın yeni vəziyyəti üçün təcrübəni təkrar aparın.
9. Şaquli dirəkdə olan göstəriciyə əsasən rəqqasın l_2 uzunluğunu təyin edin.
10. Təcrübəni yeni rəqqas üçün təkrarlayın. Nəticələri 5-1 cədvəlinə yazın.



Şəkil 5.5.

5.4.Təcrübənin nəticələrinin hazırlanması

1. Rəqqasın periodunun $T = \frac{\tau}{n}$ dusturu ilə hesablanması
2. (5.12) dusturu ilə ağırlıq qüvvəsi təcilinin hesablanması.
3. $\varepsilon = \frac{g - g_T}{g_T} \cdot 100\%$. (5.13) ifadəsi ilə nisbi xətanı hesablayın. Nəticələri cədvələ yazın.
4. Təcrübənin nəticələrinə görə rəqqasın rəqs periodunun uzunluğundan asılılıq grafiki qurun.

Cədvəl- 5.1

Təcrübənin №	Olçmə		Hesablamalı			
	l, m	τ, s	T_i, s	T^2_i, s^2	$g, m/s^2$	$\varepsilon, \%$
1						
2						

5.5. Özünüyoxlama sualları:

- 1.Hansı rəqslər harmonik rəqslər adlanır?
- 2.Hansı qüvvələr harmonik rəqs yaradır?
- 3.Nə üçün böyük meyl bucaqlarında riyazi rəqqasın rəqsləri harmonik deyil?
- 4.Nə üçün riyazi rəqqas üçün böyük sıxlıqlı material götürülür?
- 5.Nə üçün kiçik bucaqlarda rəqsi harmonik rəqs hesab etmək olar?
- 6.Riyazi rəqqasın sərbəst rəqslərinin periodu üçün dustur çıxarın.

5.6.Təhlüksizlik qaydaları

- 1.Rəqqasın rəqsi hərəkəti zamanınun ştativə qotunmasına və düşmə hallarına yol verməyin.
- 2.Rəqslrin kiçik olmasına diqqət yetirin.
- 3.Ləvazimatı stol üzərində elə yerləşdirinki, düşmə halları və rəqqasın hərəkətinə mane olmasın.

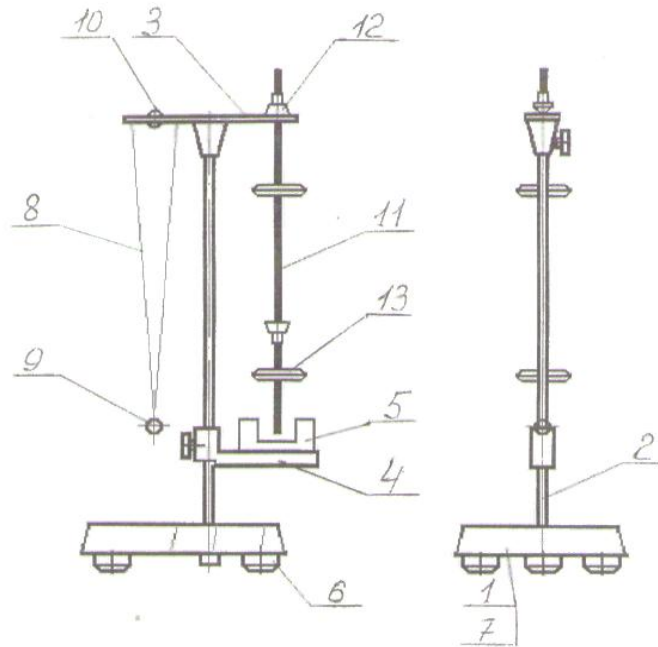
Ədəbiyyat

1. Əhmədov F.A. Mexanika və molekulyar fizika. Bakı,BDU, 2005, 260 s.
2. Сивухин Д.В. Общий курс физики: Механика. Москва, Наука, 2008, 551 с.
3. Mühazirə materialları.
4. Əmiraslanov A. Umumi fizika praktikumu, Bakı, Maarif, 1978, 306 s.
5. Гольдина Л.Л. Лабораторные занятия по физике, Москва, 1983, 702 с.

LABORATORİYA İŞİ № 6.

FİZİKİ RƏQQAS VASİTƏSİ İLƏ AĞIRLIQ QÜVVƏSİ TƏCİLİNİN TƏYİNİ

- **İşin məqsədi:** fiziki rəqqasın öyrənilməsi.
- **Cihaz və ləvazimat:** universal rəqqas, saniyəölçən



Şəkil 6.1

6.1. Qısa nəzəri məlumat

Fiziki rəqqas ağırlıq mərkəzindən fərqli bir nöqtədən asılmış rəqs edən bərk cisimdir. Bu nöqtə fırlanma nöqtəsi, ondan cismə perpendikulyar keçən ox fırlanma oxu adlanır.

Əgər fırlanma oxu bərk cismin ağırlıq mərkəzindən keçərsə, o fərqsiz tarazlıq halında olacaqdır. Əgər cismə fırlanma oxunda olmayan digər yük qoşsaq, cisim dayanıqlı tarazlıqda olacaqdır. Cisim tarazlıqdan çıxarıldıqda, o müəyyən T periodlu rəqslər icra edəcəkdir. Bu sistem fiziki rəqqas adlanır.

Fiziki rəqqasın periodu belə təyin olunur:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{J}{mga}}, \quad (6.1),$$

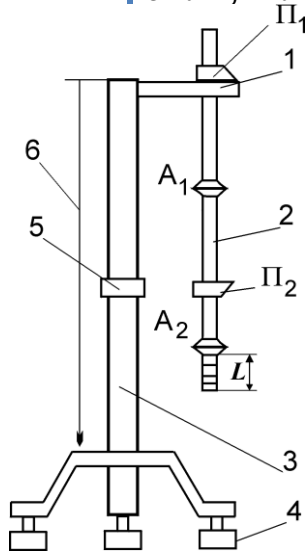
J – sistemin ətalət momenti, m - onun kütləsidir. a – ağırlıq mərkəzindən fırlanma oxuna qədər olan məsafədir.

$$L = \frac{J}{ma} \quad (6.2)$$

kəmiyyəti fiziki rəqqasın gətirilmiş uzunluğu adlanır.

6.2. Qurğunun təsviri və işin metodikası

Fiziki rəqqasanın ümumi təsviri şəkil 6.1.-də verilmişdir. Rəqqas polad məftildən -2, üzərində yerini dəyişə bilən və bərkidilməsi mümkün olan dayaq prizmalarından Π_1 və Π_2 , eləcə də A_1 və A_2 yüklərindən ibarətdir. Yüklər və prizmalar təqribən şəkil 6.2.-də verilən kimi yerləşdirilir. Rəqqas 1 kroynşteynindən prizmaların biri üzərində asılır. 6 asqısı və 4 vinti cihazın 3 dirəyinin şaquli vəziyyətini qurmaq üçün istifadə olunur. Rəqqas 1 kroynşteynində hər hansı prizma üzərində yerləşdirilir. Rəqqasın rəqs periodunu tapmaq tələb olunur.



Şəkil 6.2

Qeyd: qurğuda Π_1 və Π_2 prizmaları və A_1 yükü rəqqasə vəziyyətlərini dəyişməz formada qoşulub. A_2 yükü isə vint vasitəsi ilə yerini dəyişə bilər. Onun vəziyyəti ilə L təyin olunur: milin sonundan yükə qədər məsafə götürülür. (bax şəkil 6.2.).

6.4. İşin icra alqoritmi

Çevirmə rəqqasını hər hansı prizması üzərində yerləşdiririk.

Rəqqası 5-6 dərəcə meyl etdirərək rəqs yaradın. 20-30 rəqs üçün sərf olan zamanı təyin edin. Rəqqasın periodunun orta qiymətini təyin edin.

Rəqqası çevirin və onu digər prizma üzərində yerləşdirin.

Rəqqası 5-6 dərəcə meyl etdirib rəqs yaradın. 20-30 rəqs üçün zamanı təyin edib, periodun orta qiymətini tapın.

Prizma dayaqalarını və yüklərin yerini dəyişməklə periodların bərabərliyini $\sim 0,5\%$ almağa çalışın. Prizma

dayaqları arasındakı məsafəni təyin edərək gətirilmiş uzunluğu tapın- L_g . Alınmış qiyməti g – nin ifadəsində yerinə qoyaraq, sərbəstdüşmə təciliini təyin edin:

$$g = 4\pi^2 L_{\text{tpp}} / T. \quad (6.3).$$

Ölçmələri aparmalı və (6.3) ifadəsi ilə g -ni hesablayın (5-7 dəfə olmaqla), orta qiyməti, xəталarı təyin edin:

$$\eta = [(g_s - g_r) / g_r] \cdot 100\%. \quad (6.4).$$

Nəticələri 6-1 cədvəlinə yazın.

Cədvəl 6-1.

L, sm	3			...			k			$k + 1$			$k + 0,5$			$k + 0,25$ ($k + 0,75$)			...		
i	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
$t_{1,i}, \text{s}$																					
$t_{2,i}, \text{s}$																					
$T_1 = \langle t_1 \rangle, \text{s}$																					
$T_2 = \langle t_2 \rangle, \text{s}$																					
$\Delta T = T_1 - T_2, \text{s}$																					

6.5. Özunu yoxlama sualları:

1. Hansı rəqqas fiziki rəqqas adlanır?
2. Fiziki rəqqasın periodu hansı dusturla təyin olunur?
3. Gətirilmiş uzunluq nədir?
4. Ətalət momenti nədir?
5. Fiziki və riyazi rəqqas nədir?
6. Yəllənmə nöqtəsi nədir?
7. Fiziki rəqqasın ətalət omenti arasında əlaqəni göstərin.
8. Şteyner teoremindən istifadə edərək göstərinki, asqı nöqtəsi və yəllənmə mərkəzi ağırlıq mərkəzinə nəzərən simmetrik yerləşir?
9. Laboratoriya işində hansı ölçmələr birbaşa, hansılar dolaylı aparılır?
10. Birbaşa ölçülən hansı kəmiyyətin xəyata daha çox təsir etdiyini necə bilmək olar?
11. Laboratoriya işində sistematik xəta verən mənbələri göstərin. Onları aradan qaldırmaq mümkündürmü?
12. İşdə sistematik xətələrin olub olmadığını necə təyin etmək olar?
13. Cədvəl xətası necə təyin olunur?

6.6. Təhlükəsizlik qaydaları

1. Stol üzərində ləvazimatları elə yerləşdirin ki, düşmə halları olmasın.
2. Rəqqasla iş zamanı onun düşməsinə, böyük amplitudda rəqs etməsinə yol verməyin.
3. Cihazın şaquli qalmasına diqqət yetirin.

Ədəbiyyat

1. Əhmədov F.A. Mexanika və molekulyar fizika. Bakı, BDU, 2005, 260 s.
2. Сивухин Д.В. Общий курс физики: Термодинамика и молекулярная физика. Москва, Наука, 2008, 551 с.
3. Mühazirə materialları
4. Əmiraslanov A. Umumi fizika praktikumu, Bakı, Maarif, 1978, 306 s.
5. Гольдина Л.Л. Лабораторные занятия по физике, Москва, 1983, 702 с.

LABORATORIYA İŞİ N 7.

OBERBEK RƏQQASI VASİTƏSİ İLƏ CİSMİN ƏTALƏT MOMENTİNİN TƏYİNİ VƏ FIRLANMA HƏRƏKƏT QANUNUN YOXLANMASI

- **İşin məqsədi:** Bərk cismin fırlanma hərəkətinin dinamik xarakteristikaları ilə tanış olmaq, fırlanma hərəkətinin əsas qanunundan istifadə edərək ətalət momentinin təyini
- **Cihaz və ləvazimat:** Oberbek rəqqası, ölçüsü olan xətkəç, saniyəölçən, 100-200q lıq yüklər, ştangerpərgar.

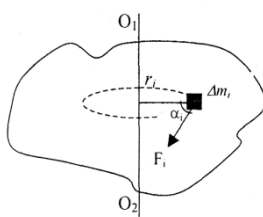
7.1. Qısa nəzəri məlumat:

Bərk cismin fırlanma hərəkətinin dinamikası. Qüvvə momenti və ətalət momenti

Başlanğıcda qeyd etmişdik ki, bərk cismin ixtiyari mürəkkəb hərəkətini irəliləmə və fırlanma hərəkətinin cəmi kimi göstərmək olar, Əvvəlki paraqraflardan göründü ki, irəliləmə hərəkətini öyrənərkən, cismin ölçüsünü və formasını nəzərə almamaq olar. İrəliləmə hərəkətində bərk cismin əvəzinə kütləsi onun kütləsinə bərabər və koordinatı

$$\vec{r}_m = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \vec{r}_i}{\sum_{i=1}^n m_i}$$

ifadəsi ilə təyin olunam maddi nöqtə götürülür. Bu nöqtəyə *kütlə mərkəzi* deyilir. Burada $\vec{r}_i$ bərk cismin i -ci elementar kütləsinin (həcmnin) radius-vektoru, $\vec{r}_m$ isə kütlə mərkəzinin radius-vektordur. Bərk cismin irəliləmə hərəkətinin dinamikası maddi nöqtənin kimidir. Qüvvə bərk cismin kütlə mərkəzinə tətbiq olunduqda onun hərəkətinə maddi nöqtənin hərəkəti kimi baxılır. Qüvvə bərk cismin başqa nöqtəsinə tətbiq olunduqda isə bərk cisim həm də fırlanma hərəkətində olur. İrəliləmə hərəkətinin yaranmaması üçün bərk cismin fırlanma oxunu bərkidək, yəni fırlanma oxunu tərpənməz qəbul edək. Bu halda bərk cisim həmin ox ətrafında yalnız fırlanma hərəkəti edəcək və onun hər bir nöqtəsi mərkəzi bu ox üzərində olan çevrələr cızacaqdır.



Tutaq ki, ixtiyari bərk cisim tərpənməz O_1O_2 oxu ətrafında fırlana bilər. Onu n sayda elementar kütlələrə bölək. Bu elementar kütlələrdən biri olan Δm_i kütləsinə təsir edən qüvvəni F_i ilə göstərək. Sadəlik üçün bu qüvvənin r_i radiuslu çevrə müstəvisində yerləşdiyini və radiusla α_i bucağı əmələ gətirdiyini qəbul edək. Bu qüvvənin $F'_i = F_i \cos \alpha_i$ toplananı radius boyunca yönəldiyi üçün o, yalnız fırlan-

ma radiusunu dəyişə bilər. Bərk cismin tərifinə görə bu mümkün deyildir, çünki bərk cismin nöqtələri arasındakı məsafə dəyişməməlidir. İkinci toplanan olan $F_i'' = F_i \sin \alpha_i$ toxunan istiqamətdə yönəlir və Δm_i kütləsinə α_i təcili verir. Nyutonun II qanununa görə bu hərəkətin tənliyini aşağıdakı kimi yazsa bilərik:

$$\Delta m_i a_i = F_i \sin \alpha_i \quad (7.1.)$$

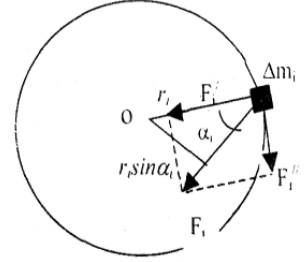
Fırlanma hərəkətinin kinematikasından $a_i = \beta r_i$ olduğunu nəzərə alsaq və tənliyin hər iki tərəfini r_i -yə vursaq, alarıq

$$\Delta m_i r_i^2 \beta = F_i r_i \sin \alpha_i$$

Bu ifadəni bərk cismi təşkil edən bütün elementar kütlələr üçün yazıb onları toplansaq

$$\sum_{i=1}^n \Delta m_i r_i^2 \beta = \sum_{i=1}^n F_i r_i \sin \alpha_i \quad (7.2.) \quad \text{olar.}$$

Şəkildən görünür ki, tənliyin sağ tərəfindəki $r_i \sin \alpha_i$ hasilini O fırlanma mərkəzindən qüvvənin istiqamətinə endirilən perpendikulyarın uzunluğudur. Bu parça **qüvvənin qolu** adlanır. Deməli, sağ tərəfdə qüvvənin qolunun qüvvəyə hasilidir. **Qüvvənin onun qoluna hasil qüvvə momenti adlanır**, M hərfi ilə işarə olunur, BS-də Nm-lə ölçülür və aşağıdakı düsturla hesablanır:

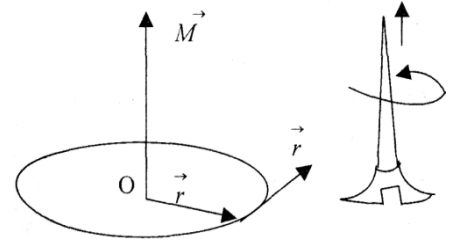


$$M = \sum F_i r_i \sin \alpha_i \quad (7.3)$$

Qüvvə momenti vektorial kəmiyyətdir və aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$\vec{M} = \left[\begin{matrix} \vec{r} & \vec{F} \end{matrix} \right] \quad (7.4)$$

Onun istiqaməti sağ burğu qaydası ilə tapılır. Burğunun başlığını $\vec{r}$ -dən $\vec{F}$ -ə doğru 90° -lik bucaq altında fırlatdıqda onun irəliləmə hərəkətinin istiqaməti qüvvə momentinin istiqamətini göstərir (şəkil). Sol tərəfində olan $\Delta m_i r_i^2$ hasilini Δm_i elementar kütlənin $O_1 O_2$ tərpənməz oxa nəzərən ətalət momenti adlanır, ΔJ_i ilə işarə olunur. Bərk cismin tam ətalət momenti isə



$$J = \sum \Delta J_i = \sum m_i r_i^2 \quad (7.5)$$

Buradan görünür ki, **cismin verilmiş oxa nəzərən ətalət momenti onun ayrı-ayrı hissələrinin həmin oxa nəzərən ətalət momentlərinin cəbri cəminə bərabərdir**. (7.3) və (7.4) işarələmələrini (7.5)-də nəzərə alsaq

$$J\beta = M \quad (7.6)$$

alarıq. Bu, fırlanma hərəkətinin dinamikasının əsas tənliyidir. Bu tənlik irəliləmə hərəkətinin $ma=F$ tənliyinə analogi tənlikdir. Fırlanma hərəkətində kütlə rolunu ətalət momenti, qüvvə rolunu isə qüvvə momenti oynayır, xətti təcil əvəzinə isə bucaq təcili yazılır.

Ətalət momenti aşağıdakı xassələrə malikdir:

- Ətalət momenti additiv (həddbə hədd toplanan) kəmiyyətdir,
- Ətalət momenti tenzor kəmiyyətdir,
- Ətalət momentinin qiyməti hansı oxa nəzərən hesablanmasından asılıdır.

Eyni bir cismin müxtəlif oxlara nəzərən ətalət momenti müxtəlif olur. İxtiyari oxa nəzərən ətalət momenti bu oxa paralel və cismin kütlə mərkəzindən keçən oxa nəzərən ətalət momenti J ilə ma^2 -nin cəminə bərabər olur (**Hüygens-Şteyner teoremi**)

$$J = J_0 + ma^2$$

Burada m cismin kütləsi, a isə oxlar arasındakı məsafədir. Ətalət momentini aşağıdakı düsturlarla hesablamaq olar.

1) Radiusu r olan çevrə boyunca fırlanan maddi nöqtənin ətalət momenti: $J = mr^2$

2) Silindrin onun simmetriya oxuna nəzərən ətalət momenti: $J = 1/2 mr^2$

Onun yan səthinə toxunan və simmetriya oxuna paralel olan oxa nəzərən ətalət momenti Hüygens-Şteyner teoreminə görə tapılır

$$J = J_0 + ma = \frac{1}{2}mr^2 + mr^2 = \frac{3}{2}mr^2$$

3) Qalın divarlı (daxili radiusu r_1 xarici radiusu r_2 olan) silindrin onun simmetriya oxuna nəzərən ətalət momenti

$$J = \frac{1}{2}m(r_1^2 + r_2^2)$$

4) L uzunluqlu çubuğun onun kütlə mərkəzindən keçən və onunla α bucağı əmələ gətirən oxa nəzərən ətalət momenti

$$J = \frac{1}{12}mL^2 \sin^2 \alpha$$

Ox çubuğa perpendikulyar olarsa, $\alpha = 90^\circ, \sin^2 \alpha = 1$ və

$$J = \frac{1}{12}mL^2$$

Ox çubuğun bir ucundan keçib ona perpendikulyar olarsa

$$J = \frac{1}{2}mL^2$$

5) Konusun onun simmetriya oxuna nəzərən ətalət momenti

$$J = \frac{3}{10}mr^2$$

6) Kürənin simmetriya oxuna görə ətalət momenti

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

Cismin ixtiyari hərəkəti zamanı onun vəziyyəti 6 koordinatla təyin olunur, yəni bərk cisim 6 sərbəstlik dərəcəsinə malikdir. **Asılı olmayan koordinatların sayı sərbəstlik dərəcəsinin sayını göstərir.** Onlardan üçü irəliləmə hərəkətinə, digər üçü isə bərk cismin üç qarşılıqlı perpendikulyar ox ətrafında fırlanma hərəkətinə uyğundur. Kürə formasında olan bircins cismin yalnız 3 sərbəstlik dərəcəsi vardır. Onlar kürənin üçölçülü fəzada irəliləmə hərəkətinə aiddir. Kürənin öz simmetriya oxu ətrafında fırlanması onun vəziyyətində dəyişiklik yaratmadığı üçün fırlanma hərəkətinə sərbəstlik dərəcəsi yazılmaz. Ona görə də kürənin ixtiyari hərəkəti üç sərbəstlik dərəcəsi ilə xarakterizə olunur. Qantel formalı bərk cisim 5 sərbəstlik dərəcəsinə malikdir. Onun oxu boyunca fırlanmasına sərbəstlik dərəcəsi yazılmaz.

Tutaq ki, maddi nöqtə (elementar kütlə) r radiuslu çevrə boyunca toxunan istiqamətdə yönəlmiş $F \sin \alpha_1$ qüvvənin təsiri ilə fırlanır. Dinamikanın II qanununa görə onun hərəkət tənliyi skalyar şəkildə aşağıdakı kimi olar:

$$m \frac{dv}{dt} = F \sin \alpha$$

Bu düsturun hər tərəfini r -ə vursaq, alarıq

$$\frac{d}{dt}(r \cdot mv) = Fr \sin \alpha \quad \text{və ya} \quad d(r \cdot mv) = Fr \sin \alpha dt \quad (7.7)$$

$$(7.3) \text{ düsturuna görə} \quad Fr \sin \alpha dt = Mdt \quad (7.8)$$

olub, qüvvə momentinin impulsu adlanır və vektorial kəmiyyətdir. Sol tərəfdə olan rmv hasilini impuls momenti adlanır, $\vec{L}$ ilə işarə olunur və vektorial kəmiyyət olub aşağıdakı düsturla tapılır:

$$\vec{L} = [\vec{r}m\vec{v}] \text{ və ya } \vec{L} = [\vec{r}\vec{P}] \quad (7.9.)$$

Axırıncı (7.7) və (7.8) düsturlarını (7.9)-da nəzərə alsaq

$$d\vec{L} = \vec{M}dt \quad (7.10)$$

olar. Bu düstur göstürir ki, **maddi nöqtənin impuls momentinin dəyişməsi xarici qüvvələrin qüvvə momentinin impulsuna bərabərdir**. Əgər sistem qapalı olarsa, yəni xarici qüvvələrin momenti sıfır və ya onların təsir müddəti sonsuz kiçik olarsa, onda $M dt=0$ və

$$dL=0, L=const \quad (7.11)$$

olar. (7.10) və (7.11) düsturları, uyğun olaraq maddi nöqtənin impuls momentinin saxlanma və dəyişmə qanununu ifadə edirlər.

Bərk cismin impuls momentini tapmaq üçün (7.1.) ifadəsini skalyar şəkildə yerinə yazaq və hər tərəfini r_i -yə vuraq. Onda aşağıdakı ifadə alınır:

$$\Delta m_i \frac{d(\omega r_i)}{dt} r_i = F_i r_i \sin \alpha_i$$

Bərk cismin bütün nöqtələrinin bucaq sürətinin eyni olduğunu qəbul edək. Ona görə də ω indeksiz yazılır. Sonuncu ifadənin hər tərəfini dt -yə vurub bütün kütlə üzrə cəmləmə aparırıq. Onda alırıq:

$$d \sum_{i=1}^n (\Delta m_i r_i^2 \cdot \omega) = \sum_{i=1}^n F_i r_i \sin \alpha_i \cdot dt$$

Bu tənliyin sağ tərəfi (3.1) düsturuna görə qüvvə momentinin impulsu, sol tərəfdəki $\sum_{i=1}^n \Delta m_i r_i^2$ isə bərk cismin ətalət momenti olduğundan axırıncı tənlik aşağıdakı şəkildə olar:

$$d(J\omega) = Mdt \quad (7.12)$$

$$\text{Buradan} \quad L = J\omega \quad (7.13)$$

olub, bərk cismin *impuls momenti* adlanır. Əgər sistem qapalı olarsa

$$Mdt=0 \text{ olar və } d(J\omega) = 0, J\omega = const \quad (7.14)$$

7.2. Cihazın təsviri və işin metodikası

Cismin ətalət momentinin təyini və fırlanma hərəkəti üçün dinamikanın əsas qanununun yoxlanması Oberbek rəqqası vasitəsi ilə təyin olunur.

Oberbek rəqqası aşağıdakı hissələrdən ibarətdir (Şəkil 7.4.): dörd ədəd mil -1, ox-2, millərin birləşdirildiyi dairəvi val - 3, şkiiv- 5, millərə keçirilmiş eyni kütləli cisimlər -6.

5 valına dolanmış ipin (8) ucuna m kütləli cisim bərkidilir. Cismin düşərkən getdiyi yol 4 xətkəsi ilə, zaman isə saniyəölçənlə təyin olunur.

Düşən cisim tərəfindən ipdə yaranan gərilmə qüvvəsi F rəqqası fırlanma hərəkətinə gətirir. Bu zaman val ε bucaq təcili alır.

Platformaya yük qoyulur, ip gərilir və fırladıcı moment yaradır:

$$M = Tr,$$

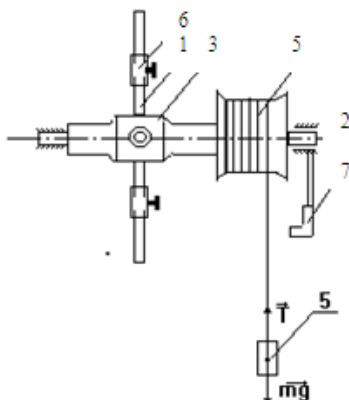
burada T – ipin gərilmə qüvvəsi; r – valın radiusudur.

Platformanın hərəkət tənliyi üçün

$$m\vec{g} + \vec{T} = m\vec{a}$$

Skalyar formada yazsaq:

$$mg + T = ma,$$



Şəkil 7.4.

burada m – platformanın yüklə birlikdə kütləsidir, a – təcildir.

Xətti təcil bucaq təcili ilə əlaqəlidir: $\varepsilon = \frac{a}{r}$

Müqayisə etsək: gərilmə qüvvəsinin momenti üçün alarıq $M = T r = m (g - a) r$.

Rəqqasa sürtünmə qüvvəsi təsir etdiyindən $M_{sür}$ momenti vardır. Momentlərin istiqamətini nəzərə alsaq: $I \varepsilon = m (g - a) r - M_{sür}$.

Son ifadəyə daxil olan təcili zamanı və cismin getdiyi yolu təyin etməklə tapmaq olar:

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

Bu halda:

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

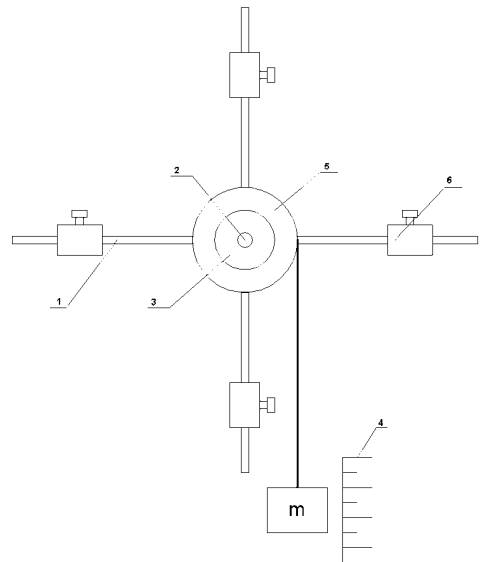
Və ətalət momenti üçün alarıq:
$$I = \frac{m \left(g - \frac{2h}{t^2} \right) r - M_{tp}}{\varepsilon}$$

Bucaq təcili və xətti təcili nəzərə alsaq, yazı bilərik:

$$I = \frac{m \left(g - \frac{2h}{t^2} \right) r - M_{tp}}{\frac{2h}{rt^2}}.$$

Rəqqasın oxu kürəcikli təkər üzərində olduğundan ipdəki gərilmə qüvvəsi valda yaranan sürtünmə qüvvəsindən böyük olacaqdır. Bu səbəbdən sürtünmə qüvvəsini və onun yaratdığı momenti nəzərə almamaq olar.

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



Şəkil 7.5.

7.2.İşin yerinə yetirilməsi alqoritmi.

7.2.1. Tapşırıq 1. Cismın ətalət momentini və sürtünmə qüvvəsinin momentini təyin edin. Bunun üçün

a) verilmiş m_y yükünü rəqqasda müəyyən ($R=10$ sm) məsafədə elə yerləşdirinki, rəqqas tarazlıqda qalsın.

b) hərəkət edən kroynşteynin yerini dəyişməklə hündürlüyü (45-50 sm) təyin edin.

c) ipdə yükü dəyişib, yükün hərəkət müddətini təyin edin,

d) a , ε və M təyin edin:

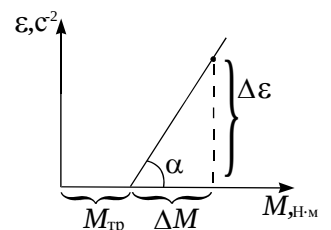
$$a = \frac{2h}{t^2}; \quad \varepsilon = \frac{a}{r}; \quad M = m \left(g - \frac{2h}{t^2} \right) r;$$

e) $\varepsilon = f(M)$ asılılıq qrafikini qurun;

k) qrafikin alınan asılılığında xətti absislə kəsişdirərək, $M_{tsür}$ sürtünmə qüvvəsinin momentini təyin edin;

m) qrafikdən sistemin ətalət momentini təyin edin. Düz xəttin meyli

bucağına görə $\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{I} = \frac{\Delta \varepsilon}{\Delta M}$, onda $I = \frac{\Delta M}{\Delta \varepsilon}$.



7.2.2. Tapşırıq 2. Ətalət momentinin kütlənin oxa nəzərən paylanmasıdan asılılığını tədqiq edin.

Bunun üçün

- düşmə yüksəkliyini $h = 45 \div 50$ sm təyin edin;
- yükləri valın oxundan $R = 10$ sm məsafədə bərkidin;
- ipdən kütləsi $m \approx 90$ q olan yük asın;
- yükün hərəkət müddətini təyin edin;
- millərdəki yüklərin yerini 5 sm dəyişin və təcrübəni təkrar edin;
- hər bir R üçün ətalət momentini aşağıdakı düsturla hesablayın:

$$I = \frac{m(g - \frac{2h}{t^2})r^2 t^2}{2h} ; \quad (a)$$

m) $I = f(R)$ asılılıq qrafikini qurun.

7.3. Sərbəst iş üçün tapşırıq:

a) sürtünmə qüvvəsini nəzərə alaraq, hər bir R üçün ətalət momentini (b) ifadəsi ilə hesablamalı, nəticəni (a) ifadəsi ilə müqayisə etməli:

$$I = \frac{m(g - \frac{2h}{t^2})r - M_{\text{tr}}}{\frac{2h}{rt^2}} ; \quad (b)$$

b) sistemin val, 4 mil və 4 yükəndən ibarət olduğunu bilərək, nəzəri olaraq ətalət momentini hesablamalı:

$$I = I_{\text{val}} + 4I_{\text{mil}} + 4I_{\text{yük}} ,$$

Haradakı: $I_{\text{val}} = \frac{1}{2} m_o r^2$, m_o – valın kütləsidir;

$$I_{\text{mil}} = I_{o \text{ mil}} + m_{\text{mil}} \cdot d^2 ,$$

burada $I_{o \text{ mil}}$ – millərin kütlə mərkəzlərindən keçən oxa nəzərən ətalət momentləridir.

$$I_{o \text{ mil}} = \frac{1}{12} m_{\text{mil}} \cdot l^2 ,$$

l – milin uzunluğudur, d – fırlanma oxundan milin kütlə mərkəzinə qədər olan məsafədir.

$$I_{\text{yük}} = I_{o \text{ yük}} + m_{\text{yük}} \cdot S^2 ,$$

Haradakı: S – yüklərin mərkəzindən fırlanma oxuna qədər olan məsafədir,

$I_{o \text{ yük}}$ – yüklərin öz kütlə mərkəzlərindən keçən oxa nəzərən ətalət momentləridir:

$$I_{o \text{ rp}} = m \left(\frac{l^2}{12} + \frac{R^2 - r^2}{4} \right) ,$$

burada R – silindirin xarici radiusu, r – silindirin daxili radiusu, l – silindirin hündürlüyüdür. Verilmiş ölçülərdə $J_{o \text{ yük}} = m_{\text{yük}} r^2$

Nəzərə alsaq:

$$I = \frac{1}{2} \frac{1}{2} m_o r^2 + 4 \left(\frac{1}{12} m_{\text{mil}} \cdot l^2 + m_{\text{mil}} \cdot d^2 \right) + 4 \left(\frac{1}{3} m_{\text{yük}} \cdot r_{\text{mil}}^2 + m_{\text{mil}} \cdot S^2 \right)$$

c) Tapılan təcrübə qiymətinin nəzəri qiymətdən fərqi təyin edin. %-lə.

2. Təcrübələrin nəticələrini aşağıdakı 7.1. cədvəlində quraraq onu doldurun:



Şəkil 7.7.

Cədvəl 7.1

s№	, m	m, kq	t _i , s	t = <t _i >, s	Δt, s	β = t ⁻² , s ⁻²	Δβ = 2Δt/t ³ , s ⁻²
1							
2							

Cədvəldən istifadə edərək asılılıq qrafikini qurun.

Cədvəl 7.2.

Təcrübənin N	t_1	t_2	$t_{1i} - \langle t_1 \rangle$	$(t_{1i} - \langle t_1 \rangle)^2$	Digər verilənlər
1					$m = \langle m \rangle \pm \Delta m$
2					
3					
·					$g = \dots \pm \dots$
·					$d = \dots \pm \dots$
·					$h = \dots \pm \dots$
7					$\alpha =$
					$t_{\alpha,n} =$
					$\Delta t_1 =$
	$\langle t_1 \rangle =$	$\langle t_2 \rangle =$	$\Sigma(t_{1i} - \langle t_1 \rangle)^2 =$		

a) etibarlıq əmsalı α (0,90 dan 0,97 dək) verin, Styudent əmsalını seçin $t_{\alpha,n}, t_{\alpha,\infty}$, saniyəölçən üçün cihazın Δt_{cihaz} xətasını təyin edin.

b) zamanın ölçülməsində mütləq xətanı qiymətləndirin:

$$\Delta t_1 = \sqrt{t_{\alpha,n}^2 \frac{\sum (t_i - \langle t \rangle)^2}{n(n-1)} + \left(\frac{t_{\alpha,\infty}}{3}\right)^2 (\Delta t_p)^2 + \left(\alpha \frac{\Delta t}{2}\right)^2} ;$$

c) Ətalət momentinin təyininə nisbi xətanı təyin edin (məsələn I_1 üçün)

$$\varepsilon_I = \sqrt{\left(\frac{\Delta m}{\langle m \rangle}\right)^2 + 4\left(\frac{\Delta d}{\langle d \rangle}\right)^2 + \left(\frac{\Delta g}{\langle g \rangle}\right)^2 + 4\left(\frac{\Delta t}{\langle t \rangle}\right)^2 + \left(\frac{\Delta h}{\langle h \rangle}\right)^2}$$

d) Mütləq xətanı tapın:

e) Tam xətanı təyin edin: $\Delta I_{I(2)} = \varepsilon_I \langle I_{I(2)} \rangle$;

k) Nəticələri bu qaydada yazın:

$$I_1 = \langle I_1 \rangle \pm \Delta I, \quad \varepsilon_1 = \dots \%, \text{ olduqda}$$
$$I_2 = \langle I_2 \rangle \pm \Delta I, \quad \alpha = \dots$$

m) Ölçmələri müqayisə edin.

7.4. Özünüyoxlama sualları:

1. Oxa nəzər və nöqtəyə nəzərən maddi nöqtənin ətalət momenti nədir?
2. Ətalət momentinin vahidi nədir?
3. Şteymer teoremi nə üçündür? Onun istifadəsinə aid nümunə göstərin.
4. Qüvvə qolu nədir?
5. Fırlanma oxuna görə impuls momenti nədir? Necə təyin olunur? Ölçü vahidi nədir?
6. Qüvvə momenti ilə impuls momenti arasında əlaqə necədir?
7. Oberbek rəqqası: quruluşu və ətalət momentinin təyin etmək üçün metodu nədən ibarətdir?
8. İşin icra ardıcılığını söyləyin, işin gedişini izah edin. Nəticələr.
9. Bircins silindirin oxundan keçən oxa nəzərən ətalət momenti necə təyin olunur?
10. Laboratoriya işində hansı ölçmələr birbaşa, hansıları dolay yolla ölçülür. ətalət momentini təyin etmək üçün hansı kəmiyyətləri ölçmək zəruridir?
11. Bucaq təcili mexanizmin ətalət momentindən necə asılıdır? Cismnin kütləsindən necə asılıdır?
12. İşdə sisteməlik səhvlərin mənbəyini söyləyin.
13. Hansı kəmiyyətin xətasının əsas olmasını necə bilmək olar?
14. Verilmiş işdə sürtünmə qüvvəsinin momenti necə təyin olunur?
15. Xətti təcillə bucaq təcili arasındakı əlaqə.
16. Hansı qanununau yğunluğa əsasən düşən cismnin təcili təyin olunur?
17. Nə üçün aşağı düşən cismnin yellənməsinə (rəqs etməsinə) imkan vermək olmaz? Bu ölçməyə necə təsir etmiş olar?

7.5 Təhlükəsizlik qaydaları

1. İşə başlamazdan əvvəl qurğunun, iplərin dayanıqlığını, yükləri yoxlayın. Birləşmələrin dayanıqlığına fikir verin.
2. İş zamanı cisimlərin mildən sürüşüb düşməsinə imkan verəyin.
3. İş bitdikdən sonra yükləri ayrılmış yerə qoyun.

Ədəbiyyat:

- 1) Mühazirə materiallarından müvafiq mövzunu öyrənin
- 2) A.Əmiraslanov: "Fizikadan laboratoriya işləri".
- 3) Q.Nurullayev: "Fizikadan laboratoriya işlərinə rəhbərlik".

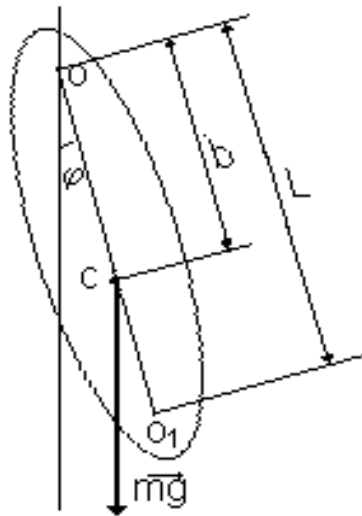
İşin hesabatını hazırlayıb növbəti laboratoriya məşğələsinə qədər təhvil verməyə təqdim edin.

LABORATORİYA İŞİ № 8. FİZİKİ RƏQQASIN ÖYRƏNİLMƏSİ

- **İşin məqsədi:** cisimlərin ətalət momentlərinin təyini metodu ilə tanışlıq,
- **Cihaz və ləvazimat:** tədqiq olunan cisim (ləvhə). Cismin asılması üçün asqı, saniyəölçən, ölçüsü olan xətkəç, riyazi rəqqas.

8.1.Qısa nəzəri məlumat:

Fiziki rəqqas - ağırlıq mərkəzindən keçməyən ox ətrafında ağırlıq qüvvəsinin təsiri ilə rəqs edə bilən bərk cismə deyilir. Fiziki rəqqas rəqsi zamanı cisim sanki O nöqtəsi ətrafında fırlanır. Şəkil.3. Üfüqi fırlanma oxu ilə cismin ağırlıq mərkəzindən keçən xəttin kəsişməsi asqı nöqtəsi adlanır. uyğun olaraq rəqqasın hərəkəti fırlanma hərəkətinin dinamikasının əsas tənliyini ödəyəcəkdir:



Şəkil 8.1

$$\vec{M} = I \vec{\epsilon} \quad \text{və ya} \quad M = I \epsilon, \quad (8.1)$$

M – O oxuna nəzərən cismin ağırlıq qüvvəsinin momentidir; I – bu oxa nəzərən cismin ətalət momenti; $\vec{\epsilon}$ – rəqqasın bucaq təcildir.

Şəkildən göründüyü kimi

$$M = - mgb \sin \varphi, \quad (8.2)$$

burada: m – rəqqasın kütləsi;

$b \sin \varphi$ – mg qüvvəsinin qolu;

b – asqı nöqtəsindən cismin ağırlıq mərkəzi C nöqtəsinə qədər məsafədir.

“ $-$ ” işarəsi fırladıcı M momentinin φ bucağını azaltmaq istiqamətində olduğuna görə yazılır, rəqqasın tarazlıq vəziyyətinə münasibətini xarakterizə edir. Daha ciddi şəkildə “ $-$ ” işarəsi belə izah olunur: $\vec{M}$ qüvvə momenti psevdovektoru ilə tarazlıq vəziyyətindən bucaq dəyişməsi $\vec{\varphi}$ əks

istiqamətdədir. Bucaq təcili $\epsilon = \frac{d^2 \varphi}{dt^2}$ olduğunu

nəzərə alsaq, ifadələri belə yazı bilərik:

$$I \frac{d^2 \varphi}{dt^2} + mgb \cdot \sin \varphi = 0. \quad (8.3)$$

Kiçik meyllərdə (məhz bu halda) $\sin \varphi \approx \varphi$, onda (8.3) münasibəti iki tərtibli diferensial tənlik formasında yazıla bilər:

$$\frac{d^2 \varphi}{dt^2} + \frac{mgb}{I} \varphi = 0. \quad (8.4)$$

$$mgb/I, \text{ kəmiyyətini əvəz edə bilərik: } mgb / I \equiv \omega_0^2 \quad (8.5)$$

onda (8.4) ifadəsi belə yazıla bilər:

$$\frac{d^2 \varphi}{dt^2} + \omega_0^2 \varphi = 0. \quad (8.6)$$

Ümumi həll üsulundan istifadə etsək, alarıq:

$$\varphi = \varphi_0 \cos(\omega_0 t + \alpha). \quad (8.7)$$

Bu onu göstərir ki fiziki rəqqas bu şərtlər daxilində tezliyi ω_0 olan sönməyən harmonik rəqslər icra edir: φ_0 və α - başlanğıc şərtlərdən asılı olan sabitlərdir (amplituda və başlanğıc faza). Fiziki rəqqasın periodu

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgb}}. \quad (8.8)$$

Olacaq. I/m uzunluq vahidi verir. Bu ifadəni L işarəedib, gətirilmiş uzunluq adlandırırlar.

$$L = I / mb \quad (8.9)$$

Beləliklə,

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}. \quad (8.10)$$

Bu ifadəni riyazi rəqqasın dusturu ilə müqayisə etsək, $T = 2\pi \sqrt{l/g}$, burada l - riyazi rəqqasın uzunluğudur, fiziki rəqqasın rəqs periodu, gətirilmiş uzunluqlu riyazi rəqqasın rəqs perioduna bərabərdir. Asanlıqla görmək olarki, $L > b$. Şteyner teoreminə görə $I = I_c + mb^2$, burada I_c – kütlə mərkəzindən keçən ox ədalət momentidir. Uyğun olaraq (8.9) ifadəsindən:

$$L \equiv \frac{I}{mb} = \frac{I_c + mb^2}{mb} = \frac{I_c}{mb} + b, \quad (8.11)$$

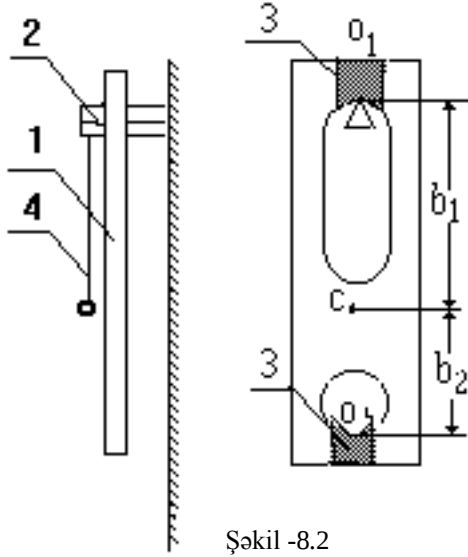
görünür ki $L > b$. Asqı nöqtəsindən L məsafədə olan nöqtədən keçən ox rəqs (yellənmə) oxu adlanır.

8.2. Qurğunun təsviri və işin metodikası.

Tədqiq olunan cisim iki nöqtədən dəşilmiş 1 lövhəsi formasındadır (şəkil 8.3). Rəqs etdirmək üçün cismin bu dəşiklərdən keçirib 2 asqısından asırlar. Sürtünməni azaltmaq üçün asqı xüsusi 3-formasında olur. Asqının sonunda 4 riyazi rəqqası elə asılır ki, uzunluğu ölçülə bilsin.

Laboratoriya işinin gedişində cismin I_1 və I_2 ədalət momentləri O_1 və O_2 oxlarına görə təyin olunur. ədalət momentinin təyini fiziki rəqqasın rəqs periodundan onun tapılmasına əsaslanır (8.8). Beləliklə təcrübədə rəqqasın T periodunu və asqı nöqtəsindən ağırlıq mərkəzinə qədər b məsafəni ölçərək, rəqqasın m kütləsini və sərbəstdüşmə təcilini bilərək, ədalət momentini təyin etmək olar:

$$I = \frac{T^2 mgb}{4\pi^2}. \quad (8.12)$$



Şəkil -8.2

8.3.İşin icra algoritmi

1. Cismın asqı nöqtələrindən ağırlıq mərkəzinə qədər məsafələri: $b_1 = O_1C$ və $b_2 = O_2C$ (şəkil 8.2) təyin edin, ölçmələrdə Δb xətasını qiymətləndirin. Ölçmələri cədvələ yazın. Cədvələ cismın kütləsini və sərbəstdüşmə təcilini qeyd edin.

2. Rəqqası O_1 oxundan asaraq, onu hərəkətə gətirin ($\varphi \leq 8^\circ$) 30-50 (N) tam rəqs üçün t_1 zaman müddətini təyin edin (hesablamanı yaxşılaşdırmaq üçün, cismın bir neçə rəqsindən sonra götürəsiniz). Təcrübəni eyni rəqs sayı üçün ən azı 5 dəfə təkrar edin. Nəticələri cədvələ yazın.

3. Rəqqası götürüb, digər O_2

oxundan asın, təcrübəni təkrar edin.

4. T_1 və T_2 periodlarını hesablayın, orta qiymətlərini tapın. ($\langle T_1 \rangle$ və $\langle T_2 \rangle$).

Cədvəl- 8-1.

№№ s/s	Tam N rəqslərin sayı	O ₁ oxunda rəqs		O ₂ oxunda rəqs			
		t_1	$T_{1,i}$	t_2	$T_{2,i}$	$(T_{2,i} - \langle T_2 \rangle)$	$(T_{2,i} - \langle T_2 \rangle)^2$
1							
2							
·							
·							
			$\sum T_{1,i} =$		$\sum T_{2,i} =$		$\sum (T_{2,i} - \langle T_2 \rangle)^2 =$
			$\langle T_1 \rangle =$		$\langle T_2 \rangle =$		
Digər	$b_1 = \pm$	$m = \pm$	$L_1 =$				
Verilənlər	$b_2 = \pm$	$g = \pm$	$L_2 =$				

5. $\langle I \rangle = \frac{\langle T \rangle^2 \langle m \rangle \langle g \rangle \langle b \rangle}{4\pi^2}$ dusturuna görə ətalət momentlərinin orta qiymətlərini təyin edin. $\langle I_1 \rangle$ və $\langle I_2 \rangle$.

6. I_2 momenti üçün nisbi ϵ_{I2} və mütləq ΔI_2 xətalrı hesablayın (I_1 üçün bu xətalrı eyni qəbul edin).

Bunun üçün: a) hesablayın:

$$T_{2i} - \langle T_2 \rangle, (T_{2i} - \langle T_2 \rangle)^2, \sum_{i=1}^n (T_{2i} - \langle T_2 \rangle)^2 \text{ (cədvələ bax);}$$

b) rəqs periodunun mütləq xətasını hesablayın:

$$\Delta T_2 = \sqrt{t_{\alpha,n}^2 \frac{\sum_{i=1}^n (T_{2i} - \langle T_2 \rangle)^2}{n(n-1)} + \left(\frac{\Delta t_{np}}{N} \cdot \frac{t_{\alpha,\infty}}{3} \right)^2},$$

burada n – ölçmələrin sayı; Δt_{cihaz} – saniyəölçənin cihaz xətası; $t_{\alpha,n}$ – Student əmsalı (α və n -ə görə cədvəllə təyin olunur); N – tam rəqslərin sayı.

c) nisbi xətanı təyin edin;

$$\varepsilon_{I_2} = \sqrt{4 \left(\frac{\Delta T_2}{\langle T_2 \rangle} \right)^2 + 4 \left(\frac{\Delta \pi}{\pi} \right)^2 + \left(\frac{\Delta m}{\langle m \rangle} \right)^2 + \left(\frac{\Delta g}{g} \right)^2 + \left(\frac{\Delta b_2}{\langle b_2 \rangle} \right)^2};$$

d) I_2 üçün mütləq xətanı tapın

$$\Delta I_2 = \varepsilon_{I_2} \langle I_2 \rangle;$$

7. Nəticələri bu formada göstərin: $\alpha =$, $\varepsilon_I =$ % olduqda,

$$I_1 = \langle I_1 \rangle \pm \Delta I_1$$

$$I_2 = \langle I_2 \rangle \pm \Delta I_2$$

8. Rəqqasların L_1 və L_2 uzunluqlarını təyin edin

$$L = \frac{\langle I \rangle}{m \langle b \rangle}.$$

9. Riyazi rəqqas varsa onun uzunluğunu $l = L_1$ (və ya $l = L_2$) götürərək riyazi rəqqasın rəqsi ilə fiziki rəqqasın rəqslərinin sinxron olmasına diqqət yetirin.

8.4.Özünü yoxlama sualları

1. Fiziki rəqqas nədir?
2. Fiziki rəqqasın rəqsinin diferensial tənliyi və onun həlli.
3. Fiziki rəqqasın periodu və tezliyi.
4. Fiziki rəqqasın gətirilmiş uzunluğu nədir.
5. Asqı nöqtəsi və rəqs nöqtəsi nədir?
6. İşdə ətalət momentinin təyin üsulu.
7. İşin icra ardıcılığını söyləyin.

8.5.Təhlükəsizlik qaydaları:

1. Rəqqasın aşmasına imkan yaratmayın.

Ədəbiyyat

1. Əhmədov F.A. Mexanika və molekulyar fizika. Bakı, BDU, 2005, 260 s.
2. Сивухин Д.В. Общий курс физики: Термодинамика и молекулярная физика. Москва, Наука, 2008, 551 с.
3. Mühazirə materialları
4. Əmiraslanov A. Umumi fizika praktikumu, Bakı, Maarif, 1978, 306 s.
5. Гольдина Л.Л. Лабораторные занятия по физике, Москва, 1983, 702 с.

LABORATORİYA İŞİ N 9.

MÜXTƏLİF CİSİMLƏRİN ƏTALƏT MOMENTLƏRİNİN BURULMA RƏQQASI VASİTƏSİ İLƏ TƏYİNİ

- **İşin məqsədi:** düzgün həndəsi formalı müxtəlif cisimlərin ətalət momentinin burulma rəqqası vasitəsi ilə təyini
- **Cihaz və ləvazimat:** burulma rəqqası, müxtəlif cisimlər, xətkəş, saniyəölçən

9.1.Qısa nəzəri məlumat: Əsas anlayış və qanunauyğunluqlar:

Fırlanma hərəkəti bucaq yürdəyişməsi φ , bucaq təcili $\omega = \frac{d\varphi}{dt}$ və bucaq təcili ilə

$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt}$ xarakterizə olunur. Fırlanma zamanı bərk cismin bütün nöqtələri eyni bucaq sürətin və təcilinə malik olur.

$$\text{Cismin cızdığı bucaq: } \varphi = \frac{S}{r} \text{ (radian)} \quad (9.1)$$

$$\text{Bucaq sürəti } \omega = \frac{d\varphi}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{S}{r} \right) = \frac{1}{r} \cdot \frac{dS}{dt} = \frac{\mathcal{G}}{r} \Rightarrow \mathcal{G} = \omega r \quad (9.2)$$

$$\text{Və } \varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{1}{r} \cdot \frac{d\mathcal{G}}{dt} = \frac{a_\tau}{r} \Rightarrow a_\tau = \varepsilon r \quad (3.3)$$

Bərk cismin tərpənməz ox ətrafında fırlanması zamanı onun hər bir Δm_i kütlə eləne9ti müvafiq r_i radius cızır və müxtəlif $\mathcal{G}_i$ xətti sürətə malikdirlər. lakin bütün bu hissələrin bucaq sürəti eynidir. Qəbul edilirki, bərk cisim fırlanma zamanı deformasiya olmur, onda

$$\omega = \frac{\mathcal{G}_1}{r_1} = \frac{\mathcal{G}_2}{r_2} = \dots = \frac{\mathcal{G}_i}{r_i} = \dots = \frac{\mathcal{G}_n}{r_n} \quad (9.4)$$

Fırlanan cismin kinetik enerjisi W_k elementar kütlələrin kinetik enerjilərinin cəmi kimi təyin olunacaq:

$$\begin{aligned} W_k &= \frac{\Delta m_1 \mathcal{G}_1^2}{2} + \frac{\Delta m_2 \mathcal{G}_2^2}{2} + \dots + \frac{\Delta m_i \mathcal{G}_i^2}{2} + \dots + \frac{\Delta m_n \mathcal{G}_n^2}{2} = \\ &= \frac{\Delta m_1 r_1^2 \omega^2}{2} + \frac{\Delta m_2 r_2^2 \omega^2}{2} + \dots + \frac{\Delta m_i r_i^2 \omega^2}{2} + \dots + \frac{\Delta m_n r_n^2 \omega^2}{2} = \quad (9.5) \\ &= \frac{\omega^2}{2} (\Delta m_1 r_1^2 + \Delta m_2 r_2^2 + \dots + \Delta m_i r_i^2 + \dots + \Delta m_n r_n^2) \end{aligned}$$

Elementar Δm_i kütləsinin onun fırlanma radiusu r_i nin kvadratına hasili maddi nöqtənin ətalət momenti adlanır.

$$\Delta I_i = \Delta m_i \cdot r_i^2 \quad (9.6)$$

Bərk cismin fırlanma oxuna nəzərən ətalət momenti elementar kütlələrin bu oxa nəzərən ətalət momentlərinin cəminə bərabərdir: $I = \sum_{i=1}^n \Delta I_i = \sum_{i=1}^n \Delta m_i r_i^2$ (9.7)

Ətalət momentinin vahidi: $\text{kq} \cdot \text{m}^2$.-dir. Daha dəqiq ətalət momenti kəsilməz hal üçün belə təyin olunur: $\Delta m_i \rightarrow 0$: $I = \lim_{\Delta m \rightarrow 0} \sum_{i=1}^n \Delta m_i r_i^2 = \int_V dm r^2 = \int_V \rho r^2 dV$, (9.8)

Burada integrallama cismin bütün həcmi boyu aparılır.

$$(9.5) \text{ və } (9.7) \text{ ifadələrindən bərk cismin kinetik enerjisi: } W_k = \frac{I\omega^2}{2} \quad (9.9)$$

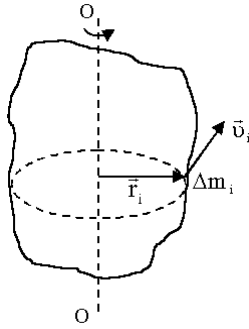
Cismin ətalət momenti fırlanma hərəkətində cismin ətalətini xarakterizə edən əsas fiziki kəmiyyətdir. Ətalət momenti cismin verilən fırlanma oxuna görə səpələnməsindən (paylanması) asılıdır. Cismin formasından və oxla nəzərən yerləşməsindən asılıdır. Bircins düzgün həndəsi formalı bərk cisimlər üçün ətalət momenti simmetriya prinsiplərinə görə asanlıqla hesablanı bilər, bir neçəsinə baxaq:

Fərz edək ki, bərk cisim OO' oxuna nəzərən simmetrik haldadır.

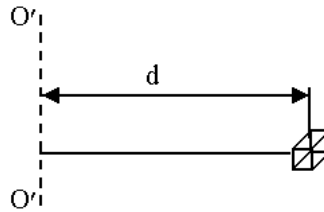
1) ölçüsü oxdan məsafəsindən çox-çox kiçik olan bərk maddi möqtənin oxla nəzərən ətalət momenti (d -oxdan məsafədir) (şəkil 9.2): $I_r = md^2$ (9.10)

2) nazik halqanın, silindirin və halqanın ətalət momentləri OO' oxuna nəzərən ($r_i = R$) (şəkil 9.3): $I_k = \sum_{i=1}^n \Delta m_i r_i^2 = R^2 \sum_{i=1}^n \Delta m_i = mR^2$, (9.11)

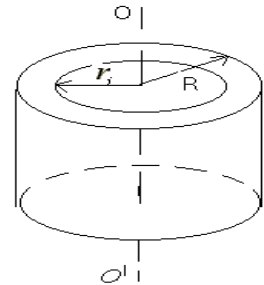
$m = \sum_{i=1}^n \Delta m_i$ – cismin kütləsi; R – onun radiusudur.



Şəkil 9.1.



Şəkil 9.2.



Şəkil 9.3.

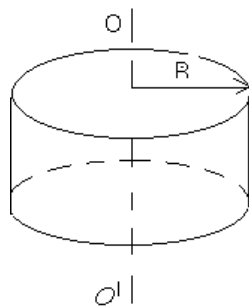
3) bütöv bircins silindirin, diskin OO' oxuna nəzərən ətalət momenti

$$I_o = \int_V dm r^2 = \int_V \rho dV r^2 = \frac{1}{2} mR^2, \quad (9.12)$$

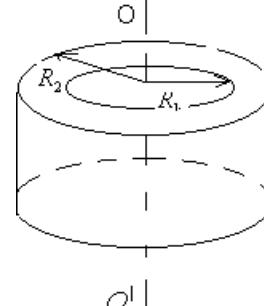
m – diskin kütləsi; R – onun radiusudur.

4) nazik qalınlıqlı halqanın ətalət momenti (şəkil 9.3): $I_k = m \frac{R_1^2 + R_2^2}{2}$, (9.13)

m – halqanın kütləsi; R_1 – halqanın daxili radiusu; R_2 – xarici radius.



Şəkil 9.4.



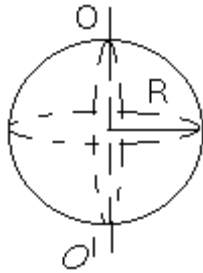
Şəkil 9.5.

5) bircins kürənin ətalət momenti: $I_u = 0,4mR^2$, (9.14)

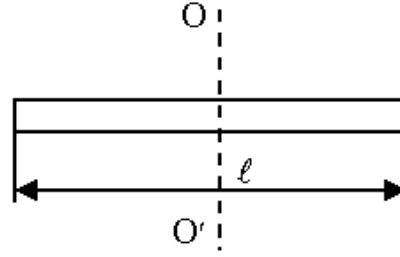
m – kürənin kütləsi; R – kürənin radiusudur. (Şəkil 9.6.)

6) bircins milin, uzunluğuna perpendikulyar olmaqla ortasından keçən oxla nəzərən ətlət momenti: (şəkil 9.7.)
$$I = \frac{1}{12} ml^2, \quad (9.15)$$

m – milin (çubuğun) kütləsi; l – milin uzunluğudur.



şəkil 9.6.

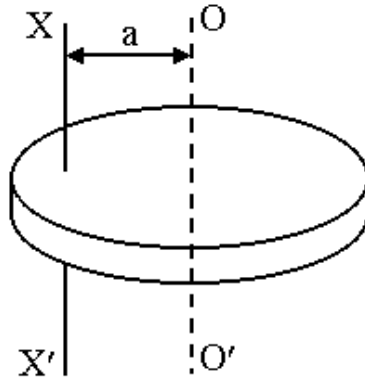


şəkil 9.7.

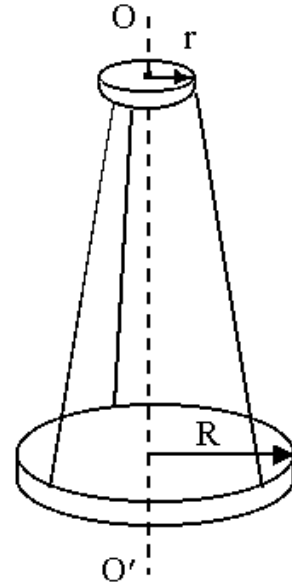
Yuxarıda verilənlərdən aydın olurki. ətlət momentini ağırlıq mərkəzindən keçən oxla nəzərən ümumi şəkildə belə göstərmək olar: $I = \alpha mr^2, \quad (9.16)$

burada α – cismin formasından asılı olan əmsaldır.

Kütləsi m olan cismin ağırlıq mərkəzindən keçən oxla parallel olan istənilən XX' oxuna nəzərən ətlət moment, cismin ağırlıq mərkəzindən keçən OO' oxuna nəzərən J_0 ətlət momenti ilə, kütləsi cismin kütləsinə bərabər verilmiş oxdan cismin ağırlıq mərkəzinə qədər məsafədə yerləşən maddi nöqtənin ma^2 ətlət momentlərinin cəminə bərabərdir (Şəkil 9.8.). Bu Şteyner teoremi və ya paralel oxlar haqqında teorem adlanır: $J = J_0 + ma^2 \quad (9.17)$



Şəkil 9.8



Şəkil 9.9.

3.2 Qurğunun təsviri və işin metodikası

Mürəkkəb formalı cisimlərin ətlət momenti təcrübi yolla təyin olunur. Verilmiş laboratoriya işində trifilyar asqı ilə burulma metodundan istifadə olunur. Bu zaman cismin rəqs periodu onun ətlət momentindən asılı olur.

Trifilyar asqıda rəqqas radiusu R kütləsi M olan dairəviplatforma üç nazik metal mil vasitəsi ilə radiusu $r < R$ olan diskə birləşdirilmişdir (şəkil 9.9.). disk və platformanın oxları eynidir, millər isə oxla nəzərən simmetrikdir.

Diskin müəyyən kiçik φ_0 bucağı qədər meyli zamanı oxla nəzərən kütlə mərkəzi bir qədər qalxır və sistem rəqsi hərəkət icra edirk, rəqs periodu ətlət momentindən asılı olur. Yuxarıdakı disk $\varphi_0 < 5^\circ$ bucaq qədər kəskin dönməsi zamanı platformanın burulma olmayan digər rəqsləri demək olarki itir (platformanın rəqsləri zamanı disk hərəkətsiz olmalıdır).

Periodun dördüdə birində platforma $\Delta h = h_1 - h_2$ yüksəkliyə qalxır, onun potensial enerjisi (şəkil 9.10) dəyişir:

$$\Delta W_p = mg\Delta h \quad (9.18)$$

Periodun sonrakı dördüdə birində potensial enerjinin dəyişməsi kinetik enerjiyə çevrilir və bu enerji ω bucaq sürəti ilə yazıla bilər (ilk bucaq sürəti sıfırdır): $W_k = \frac{I\omega^2}{2}$, (9.19)

Sonrakı mərhələlərdə kinetik enerji potensial enerjiyə və əksinə çevrilir. Enerjinin saxlanma qanununa görə (sürtünmə qüvvəsini nəzərə almırıq): $mg\Delta h = \frac{I\omega_{\max}^2}{2}$, (9.20)

burada $\omega_{\max}$ – tarazlıq vəziyyətindən keçdikdə rəqqasın maksimal bucaq sürətidir.

Bu ifadədən ətalət momentini təyin edə bilərik: $I = \frac{2mg\Delta h}{\omega^2}$ (9.21)

Platforma harmonik burulma rəqsləri icra edir, onun φ dönmə bucağı zamandan periodik asılı olacaqdır: $\varphi = \varphi_0 \sin \frac{2\pi}{T}t$, (9.22)

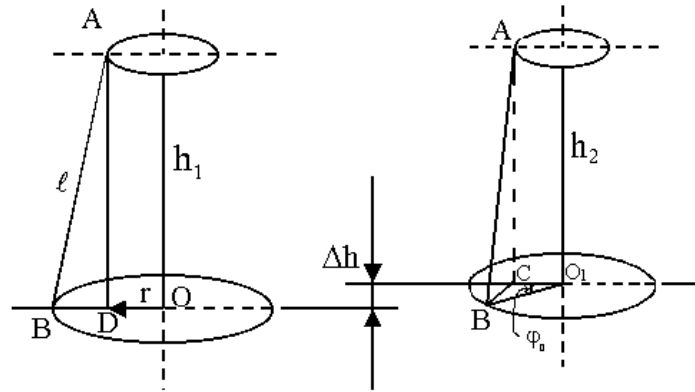
burada φ_0 – burulma rəqslərinin bucaq amplitudasıdır; T – rəqsin tam periodudur.

Dönmə bucağından bir tərtib törəmə alsaq, bucaq sürətini tapmış oluruq:

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt} = \frac{2\pi}{T} \varphi_0 \cos \frac{2\pi}{T}t. \quad (9.23)$$

$$\cos \frac{2\pi}{T}t = 1 \text{ olduqda bucaq sürəti maksimal olur, buradan: } \omega_{\max} = \frac{2\pi}{T} \varphi_0 \quad (9.24)$$

Platformanın φ_0 dönməsi zamanı qalxdığı Δh yüksəkliyi təyin edək:



a – rəqqasın tarazlıq vəziyyəti;

b – rəqqasın maksimal yerdəyişməvəziyyəti.

Şəkil 9.10

$$\text{Şəkil 9.10-dan görünürki, } \Delta h = h_1 - h_2, \text{ və ya } \Delta h = \frac{h_1^2 - h_2^2}{h_1 + h_2} = \frac{h_1^2 - h_2^2}{2l}, \quad (9.25)$$

İşşəraitində $\Delta h \ll h_1$ olduğundan, onda $h_1 + h_2 \approx 2l$, (l – milin uzunluğudur).

h_1 və h_2 ABD və ABC üçbucaqlarından tapa bilərik:

$$\triangle ABD \text{ -dən } h_1^2 = (AD)^2 = l^2 - (R-r)^2 \quad \text{və} \quad \triangle ABC \text{ -dən } h_2^2 = (AC)^2 = l^2 - (BC)^2.$$

BCO üçbucağından tapılan (BC) tərəfi φ_0 qarşı tərəfində olduğuna görə:

$$(BC)^2 = R^2 + r^2 - 2Rr \cos \varphi_0.$$

$$\text{onda } h_2^2 = l^2 - (R^2 + r^2 - 2Rr \cos \varphi_0).$$

$$h_1^2 \text{ və } h_2^2 \text{ ifadələrini nəzərə alsaq, alarıq: } \Delta h = \frac{2Rr(1 - \cos \varphi_0)}{2l} = \frac{2Rr \sin^2 \frac{\varphi_0}{2}}{l}.$$

φ_0 bucağı çox kiçik olduğundan, onda $\sin \frac{\varphi_0}{2}$ təqribən radianla ifadə olunan argumentlə $\frac{\varphi_0}{2}$ əvəz oluna bilər. $\Delta h = \frac{Rr\varphi_0^2}{2l}$. (9.26)

$\Delta h, \omega_{\max}$ ifadələrini (9.20)-də nəzərə alsaq, yüklənməmiş platformanın ətalət momenti üçün alırıq: $I_n = \frac{m_n Rrg}{4\pi^2 l} \cdot T^2 = m_p K T^2$, (9.27)

burada m_p – platformanın kütləsi, $K = \frac{Rrg}{4\pi^2 l}$, R – platformanın radiusu; r – diskin radiusu; l – milin uzunluğudur. (R, r, l, m_p – sabitlərdir, təcrübənin əvvəlində qurğuda verilir).

Tədqiq olunan cisimlərlə platformanın ətalət momenti uyğun olaraq belə olacaqdır:

$$I = \frac{(m_n + m_p) Rrg}{4\pi^2 l} \cdot T^2 = (m_p + m_c) T_1^2 \cdot K, \quad (9.28)$$

burada $(m_p + m_c)$ platformanın cisimlə birgə kütləsidir. m_c - tədqiq olunan cismin kütləsidir.

(9.27) və (9.28) ifadələrindən görünürki. Hər iki halda, neytral platformanın ətalət momentini və platformanın cisimlərlə birgə ətalət momentini təyin etmək üçün rəqqasın periodunu tapmaq lazımdır.

Tədqiq olunan cismin ətalət momenti cisimlə birgə platformanın ətalət momenti ilə neytral platformanın ətalət momentinin fərqinə bərabərdir: $J_c = J - J_n$: (9.29)

Verilmiş laboratoriya işində trifilyar asqıda rəqqas vasitəsi ilə ağırlıq mərkəzindən və digər oxa nəzərən ətalət momentini təyin etmək və Şteyner teoremini yoxlamaq təklif olunur..

9.3 İşin icra alqoritmi

9.3.1 Ağırlıq mərkəzindən keçən oxa nəzərən cisimlərin ətalət momentinin təyini.

a) Yüklənməmiş platformanın I_n ətalət momentinin təyini.

1. Platformaya fırladıcı moment verək: (yuxarıdakı disk kəskin hərəkətlə kiçik $\varphi < 5^\circ$ bucaq meyl etdirilir).

2. N tam rəqsə sərf olan zamanı t təyin edin ($N = 20-30$) və bir rəqs periodunu tapın:

$$T = \frac{t}{N}. \quad (9.30)$$

3. R, r, l, m_p bilərək, (9.27) ifadəsi ilə platformanın ətalət momentini hesablayın və alınan qiyməti nəzəri qiymətlə müqayisə edin. (9.12).

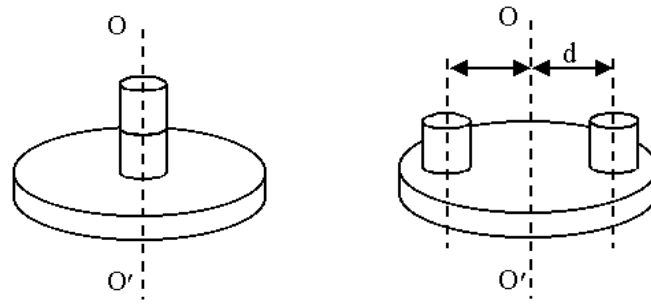
9.3.2 Şteyner teoreminin yoxlanması

1) iki silindirin onların ağırlıq mərkəzindən keçən OO' oxuna nəzərən I_{2m} ətalət momentinin təyini.

Silindirləri bir-biri üzərində platformanın mərkəzində elə yerləşdirinki, oxları üst üstə düşsün (şəkil 9.11a). Sistemin rəqs periodunu təyin edib, (9.28) ifadəsi ilə sistemin I_1 ətalət momentini tapın. silindirlərin ətalət momentini (9.29) ifadəsi ilə, birinin ətalət momentini isə:

$$I_{1y} = \frac{I_1 - I_n}{2} \quad (9.31)$$

Alınan qiyməti nəzəri qiymətlə müqayisə edin (9.12).



Şəkil 9.11.

a)

b)

2) silindirləri OO' oxuna nəzərən simmetrik olmaqla oxdan d məsafədə yerləşdirin (şəkil 9.11b).

Sistemin rəqs periodunu təyin edin. (9.28) ifadəsi ilə ətalət momentini hesablayaraq silindirlərin ətalət momentlərini tapın: $J_{2s} = J_2 - J_n$

Bir silindirin ətalət momentini tapın: $J_{1s} = (J_2 - J_n)/2$.

J_{1s} qiymətini Şteyner teoremindən alınan qiymətlə müqayisə edin: $J_{1s} = J_{1so} + m_s d^2$

Burada J_{1so} – silindirin ağırlıq mərkəzindən keçən oxa nəzərən ətalət momentidir (9.31).

m_s – silindirin kütləsidir.

3) Platfomanın ətalət momenti üçün mütlət və nisbi xəta dusturlarını çıxarın və xətaləri hesablayın.

Bütün ölçmələri 9.1. cədvəlinə yazın

Cədvəl 9.1

Ölçmənin №	Rəqsin №	t	T	Cismin kütləsi m , kq	$I_{təcrübi}$ <i>orta</i>	$I_{nəzəri}$	ΔI	$\Delta I/I_{nəzəri}$
I təcrübə yüklənməmiş platforma								
1								
2								
3								
II silindirlər platfomanın mərkəzində								
1								
2								
3								
III silindirlər fırlanma oxundan d məsafədə								
1								
2								
3								

9.4 Özünü yoxlama sualları

- 1) Ətalət momenti nədir? Ölçü vahidləri nədir?
- 2) İşçi dusturun əsasında hansı qanun durur? İşçi disturu çıxarın
- 3) Buruma rəqqası rəqsləri fiziki rəqqasın rəqslərindən necə fərqlənir?
- 4) Nə üçün trifilyar asqıda millərin gərilməsi eyni olmalıdır?
- 5) Şteyner teoremini ifadə edin.
- 6) Hansı qüvvələrin təsiri ilə trifilyar asqı burulma rəqsləri icra edir?
- 7) Platfomanın ətalətmomentini üçün nicbi xətanın dusturunu çıxarın $\frac{\Delta I}{I}$?

9.5 Təhlükəsizlik texnikası

1. İşə başlamadan əvvəl trifilyar asqının millərini, yuxarı diski və platformanı yoxlayın.
2. İş bitdikdən sonra yükləri platformadan götürün. İş stolunu səliqəyə salın.

Ədəbiyyat

1. Əhmədov F.A. Mexanika və molekulyar fizika. Bakı, BDU, 2005, 260 s.
2. Сивухин Д.В. Общий курс физики: Термодинамика и молекулярная физика. Москва, Наука, 2008, 551 с.
3. Mühazirə materialları
4. Əmiraslanov A. Ümumi fizika praktikumu, Bakı, Maarif, 1978, 306 s.
5. Гольдина Л.Л. Лабораторные занятия по физике, Москва, 1983, 702 с.
6. N.M.Qocayev. Ümumi fizika kursu. Optika. Bakı, -434 səh., 1998.,
7. Qocayev E.M., Ümumi fizika kursu, I hissə BAKI Çaşıoğlu, 1999-366 səh., II hissə, Bakı Ç.-2003-406 səh., Optika- 15 aprel 2009 prN414 – 2009-624 səh – Q043-2009, Molekulyar fizika – 01 aprel 2008, 397 N pr. 433 səh,
8. Mehrabov A.O., Quliyeva C.Ə., Babayev Z.M., Fizika, texniki ali məktəblər üçün dərs vəsaiti- Bakı Çaşıoğlu, 2000, 680 səh.
9. Əliyev B.D., Həsənov Q.T., Ümumi fizika kursu. Bakı, Çaşıoğlu, 2005.
10. Y.Q.Nurullayev, R.F.Babayeva, M.M.Tağıyev, Fizika praktikumu. Bakı, Çaşıoğlu, 2003.
13. Т.И.Трофимова. Курс физики. М.: Высшая школа. 2003.
14. Mehrabov A. Ümumi fizika kursu - 2002 Çaşıoğlu
15. Xudaverdiyev H. Ümumi fizikadan laboratoriya məşğələlərinə rəhbərlik. Dərs vəsaiti. Maarif Bakı 1979. 53-X90, tiraj 5000.
16. Ümumi fizika kursuna dair laboratoriya işlərində xəta nəzəriyyəsi Metodik göstəriş. Sumqayıt 2001. 22 fevral 2001. prN02 tiraj 100
17. Ramazanzadə M.H. Fizikadan laboratoriya işlərinə rəhbərlik . Maarif. 1965

LABORATORİYA İŞİ N 10. KÜRƏLƏRİN TOQQUŞMASININ ÖYRƏNİLMƏSİ

- **İşin məqsədi:** Kürələrin elastiki və qeyri elastiki toqquşma qanunlarının öyrənilməsi, kürələrin sürətləri və kütlələri nisbətini təyin etmək.
- **Cihaz və ləvazimat:** bifilyar asqı, kürələr, şkalası olan xətkəş, saniyəölçən

10.1 Qısa nəzəri məlumat

İmpusun və enerjinin saxlanma qanunlarının tətbiqi kürələrin toqquşmasında özünü göstərir: cisimlərin elastik və qeyri elastik zərbəsi.

Zərbə - (toqquşma) iki və daha çox cismin çox qısa müddət davam edən toqquşmasıdır. Bu zaman cisimlər deformasiyaya uğrayır. Zərbə saniyənin yüzdə biri, mində biri bəlkədə daha qısa müddətdə davam edir. Bu müddətnə qədər kiçik olarsa, deformasiya bir o qədər az olar. Bu zaman impuls maksimal dəyişir və zərbədə yaranan qüvvə böyük olur.

Zərbə prosesi iki fazaya bölünür:

Birinci faza – cisimlərin toqquşma anından onların nisbi sürəti sıfır olana kimi davam edir

İkinci faza- bu son andan cisimlərin toxunması bitənə kimi davam edən hissədir. Cisimlərin toqquşma anından etibarən onlara, toxunma yerlərindən onların sürətinə əks olan qüvvələr təsir edir. Bu zaman mexaniki enerjisinin elastik deformasiya enerjisinə keçidi (zərbənin birinci fazası) baş verir. Zərbənin ikinci fazasında nicbi sürət sıfır olduğu zaman, cismin tam və ya qismən bərpası baş verir: sonra cisimlər uzaqlaşır və zərbə bitir. Bu fazada sistemin elastik qüvvələrin işi hesabına cisimlərin kinetik enerjisi artır.

Real cisimlərdə cisimlərin sürəti toqquşmadan əvvəlki sürət qiymətini ala bilmir. Mexaniki enerjinin bir hissəsi cismin dofermasiyyasına sərf olaraq daxili və digər enerjilərə çevrilir.

Kürələrin və cisimlərin toqquşması. Tutaq ki, kürə formasında olan cisimlər bir-birinə rast gələrək toqquşurlar. Qəbul edək ki, toqquşma zamanı kürələr dəyişmirlər, yəni toqquşmadan sonrakı kürələr toqquşmadan əvvəlki kürələrlə eynidirlər. Fiziki baxımdan iki növ toqquşma - qeyri-elastik və elastik toqquşma ola bilər. *Kürələr onların mərkəzlərini birləşdirən düz xətt üzrə toqquşarsa, belə zərbə mərkəzi zərbə adlanır.* Başqa hallarda qeyri-mərkəzi zərbə olar.

Qeyri-elastik toqquşma. Bu toqquşmada impuls saxlanılır, mexaniki enerji isə sabit qalmır, azalır. Bu toqquşmada toqquşan zərrəciklər bir-birinə yapışırlar və birlikdə hərəkət edirlər. İmpulsun saxlanma qanununa görə kürələrin toqquşmadan əvvəlki impulslarının cəmi toqquşmadan sonrakı impulsa bərabər olar:

$$\vec{P} = \sum_{i=1}^N \vec{P}_i = \sum_{i=1}^N m_i \vec{V}_i = const,$$

$\vec{P}$ – sistemin tam impulsudur,

$m_i \vec{V}_i$ – sistemin i-ci cisminin impulsudur.

$$\text{Elastik toqquşmadan sonrakı sürət } \vec{v} = \frac{m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2}{m_1 + m_2} \quad (10.1)$$

düsturu ilə hesablanır. Buradan görünür ki, qarşı-qarşıya hərəkət edən kürələrin toqquşmadan əvvəlki impulsları ədədi qiymətcə bir-birinə bərabər olarsa, toqquşmadan sonra onlar dayanırlar (onların tam mexaniki enerjisi tamamilə başqa növ enerjiyə, məsələn, istilik, elektromaqnit sahəsinin enerjisinə çevrilir). Kütlələri eyni olan kürələrdən biri sükunətdə olduqda tam mexaniki enerjinin dəyişməsi

$$\Delta E = \frac{E_1}{2}$$

$$\text{Kütlələr müxtəlif olarsa } \Delta E = \frac{m_2}{m_1 + m_2} E_1 \quad (10.2).$$

olar. Burada E_1 -birinci kürənin toqquşmadan əvvəlki kinetik enerjisidir. Məsələn, nüvə reaktorunda neytron sükunətdə olan qrafitlə (karbon atomu ilə) toqquşduqda neytronun kinetik enerjisi 12/13 dəfə, yəni 7,7 faiz azalır.

Elastik toqquşma. Bu toqquşmaya bilyard şarlarının toqquşmasını, topun döşəmə ilə toqquşmasını misal göstərmək olar. Bu toqquşmada həm impulsun və həm də mexaniki enerjinin saxlanma qanunu ödənilir. Bu zərbədə potensial enerji dəyişmir. Zərbə zamanı kürələrin kinetik enerjisi onların elastiki deformasiyasının potensial enerjisinə çevrilir və bu potensial enerji zərbə müddətində kürələrə yenidən kinetik enerji verir. Toqquşmadan sonra cisimlər müxtəlif sürətlə hərəkət edirlər. Elastik zərbə zamanı impuls və enerjinin saxlanma qanunlarından

$$\begin{aligned} \vec{P}_1 + \vec{P}_2 &= \vec{P}_1 + \vec{P}_2 \\ \frac{P_1^2}{2m_1} + \frac{P_2^2}{2m_2} &= \frac{P_1'^2}{2m_1} + \frac{P_2'^2}{2m_2} \end{aligned}$$

yazmaq olar. Mərkəzi zərbədən sonra kürələrin sürətləri üçün aşağıdakı ifadələr alınır:

$$\mathbf{v}_1 = \frac{2m_2\mathbf{v}_2 + (m_1 - m_2)\mathbf{v}_1}{m_1 + m_2}; \mathbf{v}_2 = \frac{2m_1\mathbf{v}_1 + (m_2 - m_1)\mathbf{v}_2}{m_1 + m_2}$$

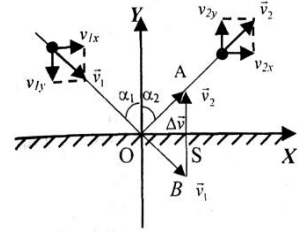
Xüsusi halda kürələrdən biri, məsələn: ikincisi sükunətdə olarsa,

$$\mathbf{v}_1' = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} \mathbf{v}_1; \quad \mathbf{v}_2' = \frac{2m_1\mathbf{v}_1}{m_1 + m_2} \quad (10.1)$$

olar. Burada a) $m_1 > m_2$ olarsa, kürələr zərbədən sonra birinci kürənin zərbədən əvvəlki sürəti istiqamətində hərəkət edəcəkdir, b) $m_1 < m_2$ olarsa, birinci kürə əvvəlki istiqamətinin əksinə, ikinci kürə isə $\mathbf{v}$, istiqamətində hərəkət edəcəkdir, s) $m_1 = m_2$ olarsa, zərbədən sonra birinci kürə toqquşma nöqtəsində qalacaq, ikinci kürə isə birincinin zərbədən əvvəlki sürəti ilə həmin istiqamətdə hərəkət edəcəkdir, d) $m_1 \ll m_2$ (top divarla mərkəzi toqquşur) olarsa $\mathbf{v}_2' = 0$, yəni divar yerində qalır, $\mathbf{v}_1' = -\mathbf{v}_1$ olur, yəni birinci kürə divardan sıçrayaraq zərbədən əvvəlki sürətinə modulca bərabər sürətlə və onun əksinə hərəkət edir. Bu zaman onun impulsunun dəyişməsi $\Delta \vec{P} = -2m_1\mathbf{v}_1$ olur. Divarın da aldığı impuls modulca həmin qədər olur. Zərbə müddəti Δt olarsa, divara təsir edən qüvvə aşağıdakı düsturla hesablanabilir:

$$F_{or} = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{2m_1\mathbf{v}_1}{\Delta t}$$

Bu qüvvə dəyişən olduğu üçün onun orta qiyməti götürülür. İndi isə qeyri-mərkəzi elastik zərbəyə baxaq. Tutaq ki, top α_1 bucağı altında $\vec{v}_1$ sürətilə döşəməyə dəyir və ondan $\vec{v}_2$ sürətilə sıçrayır. Bu sürətləri şəkildə göstəriləyi kimi X və Y istiqamətləri üzrə toplananlara ayıraq. Yuxarıda araşdırdığımız d) bəndinə əsasən $\vec{v}_{2y} = -\vec{v}_{1y}$, impulsun dəyişməsi Y oxu



istiqamətində $\Delta \vec{P} = -2m\vec{v}_{1y}$, döşəməyə təsir edən qüvvə $F_{or} = \frac{2m\vec{v}_{1y}}{\Delta t} = \frac{2m\mathbf{v}_1 \cos \alpha_1}{\Delta t}$ olur.

Döşəməyə təsir edən $\vec{F}_{or}$ qüvvəsinin istiqaməti sürətin dəyişmə istiqamətində olub, döşəmənin səthinə perpendikulyardır. Şəkildən görünür ki, bu halda OAB üçbucağında OS tənbişən olur. Bu isə OAB üçbucağında $|OA| = |OB|$ və ya $|\vec{v}_1| = |\vec{v}_2|$ olduğunu göstərir. Bu tərəflərin X

oxu ilə əmələ gətirdikləri bucaqların bərabərliyindən $\alpha_2 = \alpha_1$ olduğu alınır. Beləliklə, isbat olunur ki, elastik qayıtma zamanı kürəciyin zərbədən sonrakı sürətinin modulu zərbədən əvvəlki sürətin moduluna, qayıtma bucağı isə düşmə bucağına bərabər olur.

Toqquşmada impulsun və mexaniki enerjinin saxlanması qanunu gözlənilir: qapalı sistemdə kinetik, potensial və daxili enerjilərin cəmi cisimlərin toqquşması (qarşılıqlı təsiri) zamanı sabit qalır. $W_k + W_p + Q = \text{const}$, (10.2)

burada W_k – sistemin kinetik enerjisi, W_p – sistemin potensial enerjisi, Q – molekulların istilik hərəkətinin enerjisi (istilik enerjisi).

Toqquşmanın ən sadə halı kürələrin mərkəzi toqquşmasıdır. Kütlələri m_1 və m_2 . Olan kürələrin toqquşmasına baxaq:

Toqquşmadan əvvəlki sürətləri $\vec{V}_1$ və $\vec{V}_2$, toqquşmadan sonrakı sürətləri $\vec{U}_1$ və $\vec{U}_2$ olsun. kürələr üçün impuls və enerjinin saxlanması qanunu yazı bilərik:

$$m_1 \cdot \vec{V}_1 + m_2 \cdot \vec{V}_2 = m_1 \cdot \vec{U}_1 + m_2 \cdot \vec{U}_2, \quad (10.3)$$

$$\frac{m_1 V_1^2}{2} + \frac{m_2 V_2^2}{2} = \frac{m_1 U_1^2}{2} + \frac{m_2 U_2^2}{2} + Q. \quad (10.4)$$

Kürələrin zərbəsi K əmsalı ilə xarakterizə olunur: toqquşmadan sonrakı nisbətən, toqquşmadan əvvəlki nisbi sürətə nisbətini təyin edir. $K = V_{2\text{nisbi}}/V_{1\text{nisbi}}$ (10.5)

$$\text{Nisbi sürətləri yazsaq: } V_{1\text{nisbi}} = V_1 - V_2, \quad V_{2\text{nisbi}} = U_1 - U_2 \quad (10.6)$$

$$\text{Onda kürələrin bərpa əmsalı belə olar: } K = (U_1 - U_2)/(V_1 - V_2) \quad (10.7)$$

Bu əmsal həmişə müsbət götürülür.

Tam mütləq elastik zərbə zamanı mexaniki enerjinin saxlanma qanunu ödənilir: $Q=0$, toqquşmadan əvvəl və sonra kürələrin nisbi sürəti eyni olur: $K=1$.

Mütləq qeyri elastik toqquşma zamanı mexaniki enerji saxlanmır, onun bir hissəsi cisimlərin daxili enerjisinə çevrilir. Cisimlər toqquşduqdan sonra eyni sürətlə hərəkət edir. onların nisbi sürəti sıfıra bərabərdir. $K = 0$. Impulsun saxlanma qanunu bu formada yazıla bilər:

$$m_1 \cdot \vec{V}_1 + m_2 \cdot \vec{V}_2 = (m_1 + m_2) \cdot \vec{U}, \quad (10.8)$$

Burada $\vec{U}$ – cisimlərin qarşılıqlı təsirdən (toqquşmadan) sonra sürətləridir. Enerjinin saxlanma qanunu belə yazılar:

$$\frac{m_1 V_1^2}{2} + \frac{m_2 V_2^2}{2} = \frac{(m_1 + m_2) U^2}{2} + Q. \quad (10.9)$$

(10.9.) ifadəsindən Q –nü tapa bilərik.

Praktikada əsasən $0 \leq K \leq 1$. K nə qədər 1-ə yaxındırsa, mexaniki enerjinin daha az hissəsi daxili enerjiyə çevrilmiş olur. Zərbə elastik zərbə hesab edilə bilər. polad kürələrin bərpa əmsalı $K = 0,8 - 0,9$. Plastik cisimlərdə $K=0$.

Kürələrin kütləsinin eyni olduğu hala baxsaq: $m_1 = m_2 = m$.

əgər kürələrin toqquşmadan əvvəl biri sükunətdə olmuşdursa, $V_2 = 0$:

$$m \cdot \vec{V}_1 = m \cdot \vec{U}_1 + m \vec{U}_2 \quad (10.10)$$

$$\text{Və ya } \vec{V}_1 = \vec{U}_1 + \vec{U}_2. \quad (10.11)$$

$$(10.7) \text{ dən: } K = \frac{U_2 - U_1}{V_1}. \quad (10.12)$$

$$\text{Tənliklər sistemini birgə həll etsək: } U_1 = \frac{(1 - K)V_1}{2}, \quad (10.13)$$

$$U_2 = \frac{(1 + K)V_1}{2}. \quad (10.14)$$

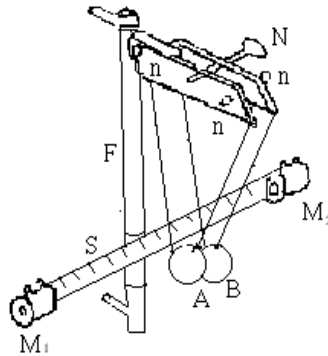
Elastik zərbə zamanı $K = 1$, onda $U_1 = 0$, və $U_2 = V_1$. Kürələr impuls mübadiləsi edəcəklər. mütləq qeyri elastik zərbə zamanı $K = 0$ və $U_1 = U_2 = \frac{V_1}{2}$. (10.15)

10.2 Qurğunun təsviri və işin metodikası

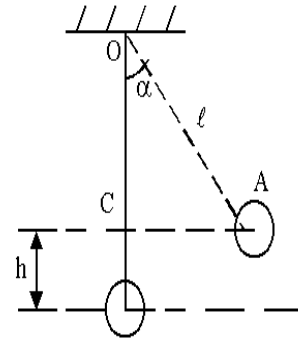
Qurğu F kroynşteynə (ştativə) bərkidilmiş, bifilyar asqılardan asılmış A və B kürələrindən ibarətdir (şəkil 10.1)

Kürələrin asıldığı iplərin uzunluğunu dəyişərək, onların mərkəzi toqquşmasını əldə etmək olar. Qurğuda S şkalası vardır. M_1 və M_2 , maqnitləri ilk halda kürələri meyl etmiş vəziyyətdə saxlamaq üçün istifadə edilir.

Kürə tarazlıq vəziyyətindən meyl edilmiş olsa, o V sürəti alar, enerjinin saxlanma qanunu ilə belə tapılar:



Şəkil 10.1



Şəkil 10.2.

Meyl etmiş vəziyyətdə küre potensial enerjə malikdir (şəkil 10.2). $W_n = mgh$.

OAC üçbucağından h yüksəkliyi tapa bilərik: $OC = l - h = l \cos \alpha$,

$$\text{buradan } h = l(1 - \cos \alpha) = 2l \sin^2 \frac{\alpha}{2}. \quad (10.16)$$

tarazlıq vəziyyətindən keçdikdə küre kinetik enerjijə malik olur:

$$W_k = \frac{I\omega^2}{2}, \quad (10.17)$$

I –kürenin ətalət momenti, ω – tarazlıq vəziyyətindən keçdikdə bucaq sürətidir.

Kürənin R radiusu saəin L uzunluğundan çox kiçik olarsa, onu maddi nöqtə götürmək

olar. Ətalət momentini də $I = ml^2$, yazı bilərik: bucaq sürəti $\omega = \frac{V}{l}$. (10.18)

I və ω nəzərə alsaq, kinetik enerji üçün alarıq:

$$W_k = \frac{mV^2}{2}. \quad (10.19)$$

$$\text{Enerjinin saxlanma qanununa görə: } mgh = \frac{mV^2}{2}, \quad (10.20)$$

$$\text{buradan } V = \sqrt{2gh}. \quad (10.21)$$

$$(10.21)\text{-də } h (10.16) \text{ ifadəsini nəzərə alsaq, alarıq: } V = 2\sqrt{gh} \sin \frac{\alpha}{2}. \quad (10.22)$$

Kürələrin kütlələri nisbətini təyin etmək üçün impulsun saxlanma qanunundan istifadə edəcəyik (fərz edəkki, kürlərdən biri sükunətdədir):

$$m_1 V_1 = m_1 U_1 + m_2 U_2, \quad (10.23)$$

burada $m_1 V_1$ – birinci kürenin toqquşmadan əvvəlki impulsu, $m_1 U_1$ – birinci kürenin toqquşmadan sonrakı impulsu, $m_2 U_2$ – ikinci kürenin toqquşmadan sonrakı impulsudur.

$$(10.23) \text{ ifadəsindən, alarıq } \frac{m_1}{m_2} = \frac{U_2}{V_1 - U_1} \quad (10.24)$$

$$\text{Və ya, (10.22) nəzərə alsaq, alarıq: } \frac{m_1}{m_2} = \frac{\sin \frac{\varphi}{2}}{\sin \frac{\alpha_0}{2} - \sin \frac{\alpha_1}{2}}, \quad (10.25)$$

burada α_0 – birinci kürənin toqquşmadan əvvəlki meyli, α_1 – birinci kürənin toqquşmadan sonrakı meyli, φ – ikinci kürənin toqquşmadan sonrakı meylidir.

Kürələrin bərpa əmsalını təyin etmək üçün kürələri α_0 . qədər meyli etdirirlər. kürələr eyni kütləyə malikdirsə, toqquşmadan əvvəl və sonra eyni sürətlərə malik olacaqlar:

$$V_1 = V_2 = V \quad \text{və} \quad U_1 = U_2 = U.$$

Kürələrin bərpa əmsalı üçün yazı bilirik:

$$K = \frac{|\vec{U}_1 - \vec{U}_2|}{|\vec{V}_1 - \vec{V}_2|} = \frac{2U}{2V} = \frac{U}{V}. \quad (10.26)$$

buradan: $U = KV$.

Uyğun olaraq tənliklər sistemi yazı bilirik:

Birinci zərbədən sonra: $U_1 = KV$. İkinci zərbədən sonra: $U_2 = KU_1$.

Və sair..

n-ci zərbədən sonra: $U_n = KU_{n-1}$.

Hasillərini təyin etsək, alırıq:

$$K = \sqrt[n]{\frac{U_n}{V}}, \quad (10.27)$$

burada V – hər hansı kürənin toqquşmaya qədər sürəti, U_n – həmin kürənin n- ci toqquşmadan sonrakı sürətidir.

(10.27) V və U_n (10.22) də nəzərə alsaq, alırıq:

$$K = \sqrt[n]{\frac{\sin \frac{\alpha_n}{2}}{\sin \frac{\alpha_0}{2}}}, \quad (10.28)$$

α_0 – kürənin toqquşmadan əvvəlki meyli,

α_n – n- ci toqquşmadan sonra kürənin meylidir.

10.3 İşin icra alqoritmi

10.3.1 Toqquşan kürələrin kütlələri nisbətinin təyini

1. Kürələrin mərkəzi toqquşacağını yoxlayın. Kürələri tarazlıq halına gətirin, hər iki kürənin iplərinin vəziyyətini qeyd edin. İp müstəvisini şkalada qeyd edin.

2. A kürəsini tarazlıqdan çıxarın, müəyyən vəziyyətdə maqnit və ya əllə tuturuq vəziyyətini, meyli bucağı α_0 -nı (dərəcə ilə) qeyd edin – şəkil 10.1

3. Maqnitni ayırın (və ya kürəni buraxın) və zərbədən sonra B kürəsinin – φ meylini və A kürəsinin – α_1 meylini qeyd edin. Təcrübəni ən azı 3 müxtəlif α_0 meyli üçün təkrar edin..

4. Eyni təcrübəni B kürəsinin α_0 meyli üçün təkrar edin. Ölçmələri ən azı 3 dəfə təkrarlayın.

5.(10.25) ifadəsi ilə kütlələrin nisbətini təyin edin.

6. Mütləq və nisbi xətlərin dusturlarını çıxarın və hesablayın.

7. Nəticələri 10.1. cədvəlinə yazın

Cədvəl 10.1

Ölçmə №	α_0	φ	α_1	m_1 / m_2	$\langle m_1 / m_2 \rangle$	$\Delta m_1 / m_2$
1						
2						
3						



Şəkil 10.3.

10.3.2 Kürələrin bərpa əmsalının təyini

1. Kürələrin tarazlıq vəziyyətinə gətirməli və şkalada onların ilk vəziyyətini qeyd etməli.
2. Kürələri eyni α_0 bucaq qədər meyl etdirməli.
3. Kürələri buraxıb, toqquşmanı almalı. N zərbədən sonrakı meylbucağını təyin etməli – α_n .
4. Meyl bucağını və zərbələrin sayını dəyişərək təcrübəni ən azı 3 dəfə təkrarlamaq. n- i -2, 3, 4 götürməli.
5. (4.28) ifadəsi ilə K nı hesablamalı
6. K -nın orta qiymətini etməli. $\langle K \rangle$, mütləq və nisbi xətanı tapmalı: $\langle \Delta K \rangle$, $\langle \Delta K \rangle / \langle K \rangle$.
7. Nəticələri cədvələ yazın 4.2.

Cədvəl 4.2

Ölçmə №	α_0	n	α_n	K	$\langle K \rangle$	ΔK	$\langle \Delta K \rangle$	ε
1	5^0	2						
2	5^0	3						
3	5^0	4						
4	7^0	2						
5	7^0	3						
6	7^0	4						

10.3.3 Qeyri elastik zərbədən sonra kürələrin sürətinin təyini

1. Kürələrin tarazlıq vəziyyətinə gətirməli və iplərin vəziyyətini şkalada qeyd etməli.
2. Bir kürəyə plastilin birləşdirinki, kürənin kütləsinə bir o qədər təsir etməsin.
3. Kürələrdən biini tarazlıqdan α_0 qədər meyl etdirin.
4. Kürəni buraxın və kürələrin meyl bucağını qeyd edin: α_1
5. Eyni ilk α_0 meyl bucağı üçün təcrübəni ən azı 3 dəfə təkrarlayın .
6. $U = \frac{V_1}{1 + m_1 / m_2}$ ifadəsi ilə qeyri elastik toqquşmadan sonra kürələrin sürətini hesablayın və nəzərə alıncı, $\frac{m_1}{m_2} \approx 1$ və $V_1 = 2 \sin \frac{\alpha_0}{2} \sqrt{gl}$, l – iplərin uzunluğudur.
7. Son sürətin $\langle U \rangle$ orta qiymətini tapın, mütləq və nisbi xətasını hesablayın.
8. kürələrin toqquşmadan sonrakı son sürətini (4.22) ifadəsi ilə hesablayın və əvvəl alınmış (6 cı bənddə) qiymətlə müqayisə edin.

10.4 Özünü yoxlama sualları

1. Impulsun saxlanma qanununu ifadə edin və riyazi formada yazın.
2. Mexanikada enerjinin saxlanma qanununu ifadə edin və riyazi formada yazın.
3. Elastik və qeyri elastik toqquşma üçün son sürəti dusturunu çıxarın.
4. Kürələrin kütlələri nisbəti üçün işçi dustur alın.
5. Sürətlərin nisbəti üçün dustur alın.
6. Bərpa əmsalı üçün dustur alın.
7. K bərpa əmsalını fiziki mahiyyəti nədən ibarətdir ?
8. Mütləq və nisbi xəta dusturlarını çıxarın.

10.5 Təhlükəsizlik qaydaları

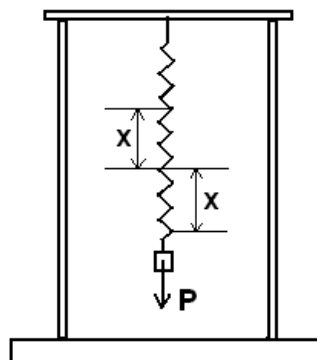
1. Təcrübədən əvvəl qurğunun birləşmələrinin möhkəmliyini yoxlayın.
2. Elektrik dövrəsini müəllim və ya laborantın icazəsi olmadan qoşmayın.

Ədəbiyyat.

1. Əhmədov F.A. Механика və molekulyar fizika. Bakı, BDU, 2005, 260 s.
2. Сивухин Д.В. Общий курс физики: Термодинамика и молекулярная физика. Москва, Наука, 2008, 551 с.
3. Mühazirə materialları
4. Əmiraslanov A. Ümumi fizika praktikumu, Bakı, Maarif, 1978, 306 s.
5. Гольдина Л.Л. Лабораторные занятия по физике, Москва, 1983, 702 с.
6. N.M.Qocayev. Ümumi fizika kursu. Optika. Bakı, -434 səh., 1998.,
7. Qocayev E.M., Ümumi fizika kursu, I hissə BAKI Çaşıoğlu, 1999-366 səh., II hissə, Bakı Ç.-2003-406 səh., Optika- 15 aprel 2009 prN414 – 2009-624 səh – Q043-2009, Molekulyar fizika – 01 aprel 2008, 397 N pr. 433 səh,
8. Mehrabov A.O., Quliyeva C.Ə., Babayev Z.M., Fizika, texniki ali məktəblər üçün dərs vəsaiti- Bakı Çaşıoğlu, 2000, 680 səh.
9. Əliyev B.D., Həsənov Q.T., Ümumi fizika kursu. Bakı, Çaşıoğlu, 2005.
10. Y.Q.Nurullayev, R.F.Babayeva, M.M.Tağıyev, Fizika praktikumu. Bakı, Çaşıoğlu, 2003.
13. Т.И.Трофимова. Курс физики. М.: Высшая школа. 2003.
14. Mehrabov A. Ümumi fizika kursu - 2002 Çaşıoğlu
15. Xudaverdiyev H. Ümumi fizikadan laboratoriya məşğələlərinə rəhbərlik. Dərs vəsaiti. Maarif Bakı 1979. 53-X90, tiraj 5000.
16. Ümumi fizika kursuna dair laboratoriya işlərində xəta nəzəriyyəsi Metodik göstəriş. Sumqayıt 2001. 22 fevral 2001. prN02 tiraj 100
17. Ramazanzadə M.H. Fizikadan laboratoriya işlərinə rəhbərlik . Maarif. 1965

LABORATORIYA İŞİ № 11. YAYLI RƏQQASIN MƏXSUSİ RƏQSLƏRİNİN ÖYRƏNİLMƏSİ

- **İşin məqsədi** yaylı rəqqasın məxsusi rəqslərinin öyrənilməsi və irəliləmə hərəkətində və elastik qüvvənin təsiri altında potensial enerjinin kinetik enerjiyə keçidinin tədqiqi.
- **Cihaz və ləvazimat:** yay və yük dəsti, ştativ, saniyəölçən.



Şəkil 11.1

11.1. Qısa nəzəriməlumat: Elastik qüvvələrin təsiri altında baş verən rəqslər elastik rəqslər adlanır. Belə rəqslər harmonik olur. Elastik rəqslərə nümunə olaraq şaquli yaydan asılmış cismin rəsqin göstərə bilərik: sadə olsun sürtünmə olmayan hala baxaq: rəqslər sönməyən olacaq. Yaydan asılmış cismə təsir edən sürtünmə qüvvəsi onun çəkisində çox çox kiçikdir. Belə rəqslərin tənliyi

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} + kx = 0 \text{ və ya } F_B = -kx, \quad (11.1),$$

burada F_B – elastik qaytarıcı qüvvə; k – yayın sərtlilik əmsalı; m – yükün kütləsi; x – yükün yerdəyişməsidir.

Belə rəqslərin periodu

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}, \quad (11.2),$$

$$\text{Burada } |k| = \frac{F_B}{x} = \frac{P}{x}. \quad (11.3).$$

Rəqs zamanı kinetik enerji potensial enerjiyə və əksinə keçir. Məxsusi rəqslər zamanı sistemin tam enerjisi sabit qalır. Kənar nöqtələrdə yükün potensial enerjisi

$$W = \frac{kA^2}{2}, \quad (11.4),$$

kimi təyin olunur, burada A – rəqsin amplitudasıdır. Tarazlıq hamında isə yük tam enerjiyə bərabər olan maksimal kinetik enerjiyə malik olacaqdır:

$$W = \frac{mV_{MAX}^2}{2}. \quad (11.5).$$

İstənilən digər vəziyyətdə kinetik və potensial enerjilərin cəmi sabitdir

$$W = \Pi + E \text{ və ya } W = \frac{kx^2}{2} + \frac{mV_x^2}{2}, \quad (11.6),$$

x – yerdəyişmə, V_x – yükün enerjisinin təyin olunduğu yerdə yükün sürətidir.

11.2. İşin icra algoritmi

1. Ştativ işə hazır vəziyyətə gətirin.
2. Yay ştativə bərkidin, yük asaraq tarazlıq vəziyyətindən x yerdəyişməsinə təyin edin.
3. Təcrübəni bir neçə yük üçün təkrar edin.
4. Təcrübəni digər iki yay üçün təkrar edin.
5. Hər bir yay üçün asılmış yükü tarazlıq vəziyyətindən çıxararaq 15 tam rəqs üçün zamanı təyin edin.
6. Bu təcrübəni müxtəlif yüklər üçün hər bir yayda təkrar edin.
7. Ölçmələri cədvəl 11.1-ə yazın.

11.3. Təcrübə nəticələrinin hazırlanması

1. (11.3.) ifadəsi ilə yayların sərtliklərini təyin edin.
2. Yaylarda yüklərin məxsusi rəqs periodlarını təyin edin. $T = \frac{t}{n}$.
3. $k_0 = \frac{4\pi^2 m}{T_0^2}$ ifadəsi ilə yayların sərtlik əmsallarını hesablayın. T_0 təcrübədə təyin olunan rəqs periodlarıdır. Nəticələri cədvələ yazın. Sərtlik əmsalları üçün alınan qiymətləri müqayisə edin. .
4. $T^2 = f(m)$ və $T^2 = f(k)$ qrafiklərini qurun. (absisdə 1 ci bölmədə təyin etdiyiniz k – nı götürün).
5. (11.2) ifadəsini analiz edin və onu riyazi rəqqasın rəqs periodu ilə müqayisə edin.

6. İşin nəticəsinə görə periodun yükün kütləsindən və sərtləkdən necə asılı olması nəticəsinə çıxarın.

Cədvəl 11.1.

Yayların sərtlik əmsallarının təyini				k=const olduqda periodun yükün kütləsindən asılılığı					m=const olduqda yaylar üçün periodun sərtlikdən asılılığı			
Yayın №	P, N	x, m	k, N/m	m, kq	t, c	n	T, s	T^2, s^2	k, N/m	T_0, s	T_0^2, s^2	$k_0, N/m$
1												
2												
3												

11.4 Özünüoxlama sualları:

- 1.Yaydan asılmış yük hansı rəqs icra edir?
2. Yükün hərəkətində təcil necə dəyişir?
3. Rəqsi hərəkət zamanı elqstik qüvvə necə dəyişir?
4. Məlum kütləyə görə yayın sərtliyi necə təyin olunur?
- 5.Harmonik rəqsi xarakterizə edən kmiyyətləri sadalayın
6. Rəqsi hərəkətdə enerji zamandan necə asılıdır?
7. Yayın sərtliyi ölçülən kəmiyyətlərdən necə asılıdır?
- 8.Yayda baş verən rəqslərin harmonik olduğunu isbat edin

11.5.Təhlükəsizlik qaydaları

- 1.Yayın ştativə bərkidilməsinə fikir verin: düşməsin.
2. Rəqsə gətirərkən amplitudu elə götürünki, yük sıçrayıb yerə düşməsin.
3. Cihazları stolda elə yerləşdirinki, onların yerə düşmə halı olmasın.11.5.

Ədəbiyyat

1. Əhmədov F.A. Mexanika və molekulyar fizika. Bakı,BDU, 2005, 260 s.
2. Сивухин Д.В. Общий курс физики: Термодинамика и молекулярная физика. Москва, Наука, 2008, 551 с.
- 3.Mühazirə materialları
4. Əmiraslanov A. Umumi fizika praktikumu, Bakı, Maarif, 1978,306 s.
5. Гольдина Л.Л. Лабораторные занятия по физике,Москва, 1983, 702 с.
- 6.N.M.Qocayev. Ümumi fizika kursu. Optika. Bakı, -434 səh.,1998.,
- 7.Qocayev E.M., Ümumi fizika kursu, I hissə BAKI Çaşıoğlu, 1999-366 səh., II hissə, Bakı Ç.-2003-406 səh., Optika- 15 aprel 2009 prN414 – 2009-624 səh – Q043-2009, Molekulyar fizika – 01 aprel 2008, 397 N pr. 433 səh,
8. Mehrabov A.O., Quliyeva C.Ə., Babayev Z.M., Fizika, texniki ali məktəblər üçün dərs vəsaiti- Bakı Çaşıoğlu, 2000, 680 səh.
- 9.Əliyev B.D., Həsənov Q.T., Ümumi fizika kursu. Bakı, Çaşıoğlu, 2005.
- 10.Y.Q.Nurullayev, R.F.Babayeva, M.M.Tağıyev, Fizika praktikumu. Bakı, Çaşıoğlu, 2003.
- 13.T.И.Трофимова. Курс физики. М.: Высшая школа. 2003.
14. Mehrabov A. Ümumi fizika kursu - 2002 Çaşıoğlu
- 15.Xudaverdiyev H. Ümumi fizikadan laboratoriya məşğələlərinə rəhbərlik. Dərs vəsaiti. Maarif Bakı 1979. 53-X90, tiraj 5000.
16. Ümumi fizika kursuna dair laboratoriya işlərində xəta nəzəriyyəsi Metodik göstəriş. Sumqayıt 2001. 22 fevral 2001. prN02 tiraj 100
- 17.RamazanzadəM.H. Fizikadan laboratoriya işlərinə rəhbərlik . Maarif. 1965
18. Y.Nurullayev, R.İsmayılov Fizika kursundan laboratoriya işlərinə rəhbərlik-Bakı-2003. 80 səh.

LABORATORİYA: №12

Riyazi rəqqas vasitəsilə ağırlıq qüvvəsi təcilinin təyini.

➤ **İşin məqsədi:** ağırlıq qüvvəsi, onun təsirlərini öyrənmək, cazibə sahəsi, xassələrini nəzəri tədiq etmək, riyazi rəqqas vasitəsi ilə cazibə sahəsinin intensivliyini təyin etmək

➤ **Cihaz və ləvazimat:** Ştativ. riyazi rəqqas, saniyəölçən, millimetr bölgülü xətkəş, mikrometr.

12.1. İşin nəzəri hissəsi.

Ayın Yer ətrafında, Yerin Günəş ətrafında hərəkəti, cisimlərin Yer səthinə düşməsi hadisələri və Kepler qanunlarının kəşfi cisimlər arasında qarşılıqlı cazibə qüvvəsinin mövcudluğunu sübut edir. Təbiətdə olan bütün cisimlər qarşılıqlı olaraq bir-birini cəzb edirlər. Bu qüvvələr **qravitasiya qüvvələri** adlanır. Qarşılıqlı təsirin təbə olduğu bu qanun **ümumdünya cazibə qanunu** adlanır.

İstənilən iki maddi nöqtə bir-birini kütlələri hasililə düz, aralarındakı məsafənin kvadratı hasililə tərs mütənəsb olan və bu cisimləri birləşdirən düz xətt boyunca yönəlmiş qüvvə ilə cəzb edir:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Burada m_1, m_2 -maddi nöqtələrin kütlələri, r -onlar arsındakı məsafə, G -qravitasiya sabiti adlanır. Qravitasiya sabiti bir-birindən 1 metr məsafədə yerləşmiş və hər birinin kütləsi 1 kq olan iki maddi cisim arasındakı qarşılıqlı təsir qüvvəsinə bərabərdir. Qravitasiya sabitinin qiyməti təcrübədən tapılmışdır və $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}$ -na bərabərdir. Bu qiymət ilk dəfə Kavendiş tərəfindən təcrübi yolla təyin edilmişdir. O, bu məqsədlə burulma tərəzisindən istifadə etmişdir.

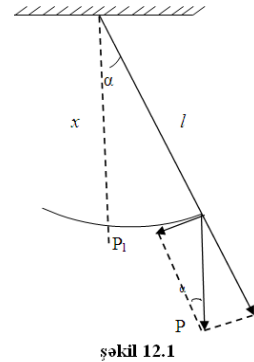
Ümumdünya cazibə qanunu o, zaman dəqiq ödənilir ki, cisimlərin ölçüləri aralarındakı məsafəyə nisbətən çox-çox kiçik olsun. Yerin cisimləri cəzb etdiyi qüvvəyə ağırlıq qüvvəsi deyilir. Havasız mühitdə cisimlərin yalnız ağırlıq qüvvəsinin təsiri altına düşməsi sərbəst düşmə adlanır. Bu zaman yaranan təcil sərbəstdüşmə təcili adlanır və g ilə işarə olunur. Ağırlıq qüvvəsi təcili yer kürəsinin müxtəlif coğrafi en dairələrində müxtəlif qiymətlərə malikdir. Ağırlıq qüvvəsi təcilin dəyişməsinə təsir edən amillər düşən cismin Yerdən olan məsafəsi və Yer in öz oxu ətrafında fırlanması zamanı meydana çıxan mərkəzdənqaçma ətalət qüvvəsidir. Yer səthində cismə təsir edən cazibə qüvvəsindən istifadə edib ağırlıq qüvvəsinin cismə verdiyi təcili dinamikanın II qanununa görə hesablamaq olar:

$$g = \frac{F}{m} = G \frac{M_Y}{R_Y^2}$$

Burada G -qravitasiya sabiti, M_Y -Yer in kütləsi, R_Y -Yer in radiusudur. Bu ifadədən görünür ki, sərbəstdüşmə təcili cismin kütləsindən asılı olmayıb, Yer in kütləsindən və Yer in radiusundan asılıdır. Yer səthindən h hündürlükdə yerləşmiş cisim üçün sərbəstdüşmə təcili həmçinin cismin düşmə hündürlüyündən də asılıdır və

$$g = G \frac{M_Y}{(R_Y + h)^2}$$

ifadəsi ilə təyin olunur. Bu ifadədən görünür ki, h hündürlüyü artdıqca sərbəstdüşmə təcili azalır. Bundan başqa, Yer in sıxlığının müxtəlif yerdə fərqli olması da g -nin qiymətinə təsir göstərir. Bütün bu səbəblərə görə bir coğrafi en dairəsindən digərinə keçdikdə g -nin qiyməti dəyişmiş olur. Eyni bir coğrafi en dairəsində g -nin qiymətinin fərqlənməsi isə Yer in sıxlığının dəyişməsindən asılı olur. Deməli, g -nin müxtəlif coğrafi en dairələrində öyrənilməsi Yer in quruluşunun öyrənilməsinə, faydalı yeraltı sərvətlərin müəyyən edilməsinə



imkan yaradır. 45° -lik coğrafi en dairəsində ağırlıq qüvvəsi təcilinin qiyməti orta hesabla $g_0 = 980,665 \text{ sm/san}^2$ -dir.

Praktiki olaraq $g_0 = 9,81 \text{ m/san}^2$ götürülür. Müəyyən coğrafi en dairəsində sərbəstdüşmə təcilinin qiymətini aşağıdakı düsturdan tapmaq olar:

$$\mathbf{g}_\varphi = \mathbf{g}_0 - \omega^2 \mathbf{r} = \mathbf{g} - \omega^2 R \cos \varphi$$

Burada r -cismin yerləşdiyi coğrafi paralelə uyğun gələn çevrənin radiusu, R -isə həmin paralelə uyğun Yerin radiusudur, ω -Yerin bucaq sürəti, φ - ağırlıq qüvvəsi təcili vektoru ilə ekvator müstəvisi arasındakı bucaqdır. Yerinqütblərinə tərəf getdikcə g -nin qiyməti artır, ekvatora yaxınlaşdıqca isə onun qiyməti azalır.

İşdə sərbəstdüşmə təcili riyazi rəqqas vasitəsi ilə təyin ediləcəkdir (rəqsə aid nəzəri hissəni yaxırda verilən laboratoriya işindən öyrənin) Cazibə sahəsi bütün kütləli cisimlər arasında mövcuddur, superpozisiya prinsipini ödəyir: **sistem cisimlərini yekun cazibə sahəsinin intensivliyi ayrılıqda götürülmüş cisimlərin cazibə sahəsinin intensivliklərinin həndəsi cəminə bərabərdir.**

$$\vec{g} = \sum_{i=1}^n \vec{g}_i, \quad (12.1)$$

$\vec{g}_i$ -i-ci cismin verilmiş nöqtdədə cazibə sahəsinin intensivliyidir.

Cazibə sahəsi potensiallı sahədir: cazibə sahəsinin potensialı φ skalyar kəmiyyət olub, verilmiş nöqtdədə cismin potensial W_p enerjisinin cismin kütləsinə nisbətində bərabərdir.

$$\varphi = W_p / m. \quad (12.2)$$

Sahənin potensialı cismin kütləsindən asılı deyil, koordinatdan asılıdır. Potensialda superpozisiya prinsipi ödəyir.

$$\varphi = \sum_{i=1}^n \varphi_i. \quad (12.3)$$

Sahənin intensivliyi və potensialı arasında əlaqə mövcuddur. m cisminin kiçik $d\vec{r}$ yerdəyişməsi zamanı sahənin gördüyü iş: $\delta A = (\vec{F} d\vec{r}) = m(\vec{g} d\vec{r})$. (12.4)

Digər tərəfdən iş potensial enerjinin dəyişməsidir: $\delta A = -dW_p = -m d\varphi$. (12.5)

İfadələri bərabərləşdirsək, alırıq: $d\varphi = -(\vec{g} d\vec{r}) = -(g_x dx + g_y dy + g_z dz)$, (12.6)

burada $\vec{g} = g_x \vec{i} + g_y \vec{j} + g_z \vec{k}$; $d\vec{r} = dx \vec{i} + dy \vec{j} + dz \vec{k}$.

(12.6) ifadəsindən sahə intensivliyinin x, y, z , koordinat oxları üzrə proyeksiyası

$$g_x = -\frac{d\varphi}{dx}, \quad g_y = -\frac{d\varphi}{dy}, \quad g_z = -\frac{d\varphi}{dz}. \quad (12.7)$$

$$\text{onda } \vec{g} = g_x \vec{i} + g_y \vec{j} + g_z \vec{k} \text{ və } \vec{g} = -\frac{d\varphi}{dx} \vec{i} - \frac{d\varphi}{dy} \vec{j} - \frac{d\varphi}{dz} \vec{k}. \quad (12.8)$$

Yalnız bir ox üzrə baxsaq: $g = -\frac{d\varphi}{dr}$.

$\frac{d\varphi}{dr}$ ifadəsi potensialın qradienti adlanır, ağırlıq qüvvəsi sahəsində vahid

yerdyişmədə potensialın dəyişməsini göstərir.

Ümumi şəkildə x, y, z : $\varphi = f(x, y, z)$. Yaza bilərik:

$$\vec{g} = -\frac{\partial \varphi}{\partial x} \vec{i} - \frac{\partial \varphi}{\partial y} \vec{j} - \frac{\partial \varphi}{\partial z} \vec{k} = -\text{grad} \varphi,$$

burada $\text{grad} \varphi = -(\frac{\partial \varphi}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial \varphi}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial \varphi}{\partial z} \vec{k})$ – φ potensialının qradientidir.

Mənfi işarəsi onu göstərirki, potensial $\vec{g}$ intensivliyi istiqamətdə azalır.

Beləliklə intensivlik əks işarə ilə potensialın qradientinə bərabərdir.

Yerin fırlanması və onun cisimlərin hərəkətinə təsiri. Yeri kürə formasında və kütləsinin sferik paylandığını təsəvvür etsək, m kütləli cisimlə cazibə qüvvəsi Yerin mərkəzinə yönəlməklə belə təyin olunur:

$$F = G \frac{mM_3}{R^2}, \quad (12.9)$$

M_y – Yerin kütləsi, R Yerin mərkəzindən cismə qədər məsafədir.

Nəzərə alaqki, cisimlərin kütləsi Yerin kütləsinə nəzərən çox kiçikdir. Yerin sutkalıq fırlanması onun səthində mərkəzəqaçma təcili yaradır:

$$a_m = \omega^2 r, \quad (12.10)$$

bu vektor bektop fırlanma müstəvisində radiusu r olan çevrə mərkəzinə yönəlir. (şəkil 12.3.) mərkəzə qaçma təcili fırlanma istiqamətindən asılı deyil. (bucaq sürəti ifadəyə kvadratla daxildir). İfadəyə görə təcil maksimal qiymətə akvatorada malik olur. Qütblərdə isə sıfırdır.

Nəticədə cismə təsir edən qüvvə

$$F = ma = F_{\text{grav}} + N, \quad (12.11)$$

$\vec{N}$ yer səthinin reaksiya qüvvəsidir.

Yerin cazibəsi tərəfindən yarana və ona sərbəstdüşmə təcili verən qüvvə ağırlıq qüvvəsidir.

Şəkil 12.3 –dən görünürki, ağırlıq qüvvəsi ədədi qiymətcə N reaksiya qüvvəsinə bərabərdir. Qütblərdə ağırlıq qüvvəsi cazibə qüvvəsinə bərabərdir. Burada mərkəzəqaçma qüvvəsi sıfırdır. $F_{mq} = 0$.

φ coğrafi enlikdə ağırlıq qüvvəsi kosinuslar teoremi ilə təyin olunacaq. Burada mərkəzəqaçma qüvvəsi $F_{mq} = m\omega^2 R \cos\varphi$,

burada R – Yer mərkəzindən səthinə qədər məsafədir. Mərkəzə qaçma qüvvəsi cazibə qüvvəsindən çox çox kiçikdir: ($F_{mq} < 4 \cdot 10^{-2} F_{\text{cazibə}}$), buna görə də ağırlıq qüvvəsində mərkəzəqaçma qüvvəsinin kvadratını nəzərə almamaq olar:

$$F_{ağ}^2 \approx F_{caz}^2 - 2F_{caz}F_{mq}\cos\varphi = F_{caz}^2 \left(1 - \frac{2F_{mq}\cos\varphi}{F_{caz}}\right)$$

buradan

$$F_{ağ} \approx F_{caz} \sqrt{\left(1 - \frac{2F_{mq}\cos\varphi}{F_{caz}}\right)} \quad (12.12)$$

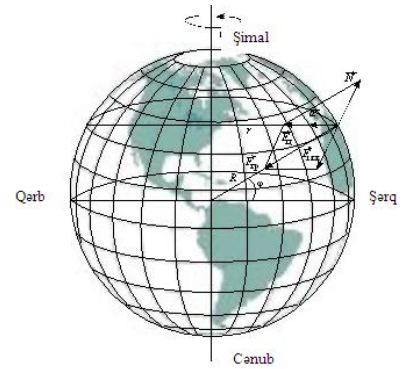
(12.12) ifadəsindən görünürki, Yerin fırlanması cismin ağırlıq qüvvəsinin qiymətinə təsir edir. buna görə də ağırlıq qüvvəsi qravitasiya (cazibə) qüvvəsindən qiymət və istiqamətinə görə fərqlənir. Lakin bu fərq nəzərə alınacaq qədər deyildir.

Faktiki Yer fırlanma ellipsoidi formasındadır. Meridianlar elleps formasındadır. Qütblərdən sıxılmış formadadır. (şəkil 12.4). Qütblərdə diametri $2b$, ekvatorada isə $2a$ -dır.

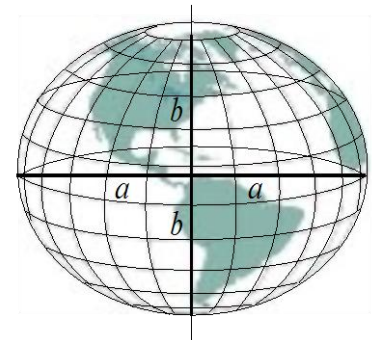
Yerin α sıxılması onun oxlarının nisbətini göstərir:

$$\alpha = 1 - \frac{b}{a}.$$

Süni peyklərdən müşahidələr nəticəsində təyin edilmişdirki: $a = 6378140$ m, $b = 6356755$ m. Onda yer sıxılması $\alpha \approx \frac{1}{298}$ olacaq. Yarımoxların qiymətinə görə Yerin həcmi: $V = \frac{4}{3}\pi a^2 b = 1,0832 \cdot 10^{21} \text{ m}^3$.



Şəkil 12.3. Yer kürəsi və onun fırlanması



Şəkil 12.4. Yerin qütblərdən sıxılması: a – ekvatorial yarım ox; b – qütb yarım oxu

Mərkəzqaçma qüvvəsinin şaquli toplananı Yer in cazibə qüvvəsini azaldır, üfüqi toplananı isə Yer səthinə toxunan olmaqla meridian boyu ekvatora istiqamətdə yönəlir. Ekvatorda Yer in cazibə qüvvəsinin azalması, qütblərə nəzərən 1/288 təşkil edir. ekvatorda sərbəstdüşmə təcili qütblərdəki qiymətdən 200 dəfə kiçikdir.

Biz müəyyən bucaq sürətilə fırlanan hesabət sistemində yerləşən cismə təsiri nəzərdən keçirərkən cismin fırlanan sistemə görə sükunətdə olduğunu qəbul etmişik. Əksər hallarda fırlanan sistemə nəzərən müəyyən irəliləmə hərəkətində iştirak edən cismin hərəkətini öyrənməli oluruq. Belə olduqda qarşımıza təbii bir sual çıxır: fırlanan sistemlərə nəzərən hərəkət edən cisimlərə, məsələn, Yer üzərində hərəkət edən adamlara, nəqliyyat vasitələrinə, axan çaylara mərkəzqaçma ətalət qüvvəsindən əlavə başqa qüvvələrdə təsir edirmi? Bu sualın cavabını ilk dəfə olaraq fransız alimi Koriolis (1795-1843) vermişdir .

Yer in fırlanması, onun üzərində olan cisimlərə Koriolis qüvvəsinin təsiri ilə nəticələnir:

$$\vec{F}_k = 2m[\vec{v} \times \vec{\omega}],$$

burada m – cismi kütləsi; $\vec{v}$ — Yerə nəzərən cismin sürəti; $\vec{\omega}$ — Yer in fırlanmasının bucaq sürətidir.

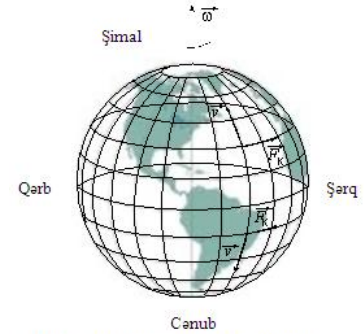
$\vec{\omega}$ fırlanma bucaq sürəti Yer in fırlanma istiqamətində yönəlir (şəkil 12.6.) Koriolis qüvvəsi $\vec{F}_k$ $\vec{v}$ və $\vec{\omega}$ vektorların yerləşdiyi müstəviyə perpendikulyardır. Koriolis qüvvəsinin modulu $F_k = 2m\omega \sin \alpha$ olar, burada α — $\vec{v}$ və $\vec{\omega}$ vektorları arasındakı bucaqdır.

Fərz edək ki cisim meridian üzrə cənubdan şimala hərəkət edir (şəkil 12.6.). Bu halda sürət vektoru $\vec{v}$ və bucaq sürəti $\vec{\omega}$ arasında bucaq $\alpha < 90^\circ$ olacaq. Koriolis qüvvəsi Yer səthinə toxunan olmaqla cismin hərəkət istiqamətinin sağ tərəfinə yönələcəkdir. Cənub yarımkürəsində cismin cənuba hərəkəti zamanı sürət vektoru ilə Yer in bucaq sürəti arasında bucaq 90° -dən böyük olacaqdır (kor bucaq). Koriolis qüvvəsi cismin hərəkət istiqamətinin sol tərəfinə yönələcəkdir.

Yer Günəş ətrafında hərəkətlə yanaşı öz oxu ətrafında da fırlandığından, ona fırlanan sistem kimi baxa bilərik. Belə olduqda Yer üzərində hərəkət edən bütün cisimlərə Koriolis qüvvəsi təsir göstərməli və bu təsirlərin nəticəsi müşahidə edilməlidir. Müşahidələr göstəmişdir ki, həyatda Koriolis qüvvəsi təsir göstərir və bu təsirlərin nəticəsi müşahidə olunur. Çaylar cənub yarımkürəsində cənuba, şimal yarımkürəsində isə şimala axdığından çayın axını istiqamətində baxdıqda cənub yarımkürəsində sol, şimal yarımkürəsində isə sağ sahillərinin nisbətən çox yuyulub aparılması (bu hadisə Bera qanunu adlanır) Koriolis qüvvəsinin təsiri ilə izah olunur. Qatarların hərəkət istiqamətində qütblərə doğru baxdıqda şimalda sağ, cənubda isə sol relslərin daha çox yeyilməsi də Koriolis qüvvəsinin təsiri ilə əlaqədardır.

Koriolis qüvvəsinin təsiri ilə hərəkət edən cisimlər şimal yarımkürəsində şərqə, cənub yarımkürəsində qərbə doğru meyli edir. Mərmə meridian üzrə cənuba doğru hərəkət etdikdə isə əksinə olacaq. Ekvator boyu qərbə doğru hərəkət edən mərmə Koriolis qüvvəsinin təsiri ilə Yerə sıxıldığı halda, şərqə doğru hərəkət zamanı Yerdən uzaqlaşır.

Rəqqasın rəqs müstəvisinə Koriolis qüvvəsinin təsiri elm tarixində mühüm rol oynamışdır. Fransız alimi Fuko 1851-ci ildə uzunluğu 67 m olan riyazi rəqqasla təcrübə apararaq Koriolis qüvvəsinin təsirini nümayiş etdirməklə eyni zamanda Yer in öz oxu ətrafında fırlandığını praktik olaraq təsdiq etmişdir. Fuko, zaman keçdikcə rəqqasın rəqs müstəvisinin Yer in fırlanma istiqamətinin əksinə doğru döndüyünü müşahidə etmişdir. Fuko rəqqasına oxşar rəqqas Leninqrad şəhərində İsaaki kilsəsində saxlanılır. Uzunluğu 98 m olan bu rəqqas vasitəsilə qısa müddətdə rəqs müstəvisinin dönməsini müşahidə etmək olar. Bu məqsədlə rəqqası müəyyən bir müstəvi üzrə rəqsə gətirib, həmin müstəvidən bir qədər



Şəkil 12. 6. Cisimlərə təsir edən Koriolis qüvvəsinin istiqaməti

kənarataxta parçası qoyurlar. Müəyyən vaxt keçdikdən sonra rəqqasın rəqs müstəvisi dönür və yolunda olan taxta parçasına toxunaraq onu itələyir .

Tərpənməz (məsələn , Günəşlə bağlı olan) sisteme görə bu hadisələr çox asanlıqla izah olunur : rəqqas ətalət qanununa görə rəqs müstəvisini dəyişməz saxlayır , Yer öz oxu ətrafında fırlandığından rəqqasın rəqs müstəvisi Yerə nəzərən dönür .

Koriolis qüvvəsi bir çox hərəkətlərdə müşahidə olunur. Yerin şimal yarımkürəsində axan çaylar axın istiqamətinin sağ tərəfə meyl edir və sağ sahilləri daha çox yuyur, selolduqda sağ sahilləri aparır, cənub yarımkürədə isə sol sahillər yuyulur. Koriolis qüvvəsi hava axınlarına da təsir edir, passat və tsiklonların yaranmasına səbəb olur. Bu eyni zamanda artilleriya mərmilərinin uçuşuna təsir edir. Qatarların bir istiqamətdə hərəkəti zamanı şimal yarımkürədə sağ relslərin, cənubda isə sol relslərin aşınması müşahidə olunur.

Bircins cisim bircins cazibə sahəsində yerləşdikdə heç bir deformasiyaya məruz qalmır. Sahə qeyribircins olarsa, onda cismin nöqtələrinə təsir edən qüvvələr eyni olmayacaq, paralel olmadığı üçün cismin deformasiyasına səbəb olacaq. Qeyri bircins cazibə sahəsində cismin hərəkəti zamanı cismi deformasiya etməyə çalışan qüvvələr meydana gəlir. İsbat olunmuşdurki, qeyribircins cazibə sahəsində cazibə qüvvəsi maddi nöqtəni bircins olmayan istiqamətə dartır (deformasiya edir) dartır.

Günəşin cazibə sahəsi Yeri mərkəzlərini birləşdirən düzxət üzrə cazibə qüvvəsi ilə təsir edir. Anoloji olaraq Yer və Ay arasında cazibə bu formadaıdır. Deformasiyanın qiyməti cəzb olunan cisimlərin arasındakı cazibə qüvvəsindən çox, qüvvənin onların arasındakı məsafədən asıl olaraq dəyişməsindən asılı olur.

Kürəşəkilli cisimlərin cazibəsi zamanı qüvvənin qradienti

$$\frac{dF}{dR} = G \frac{mM}{R^3} . \quad (12.13)$$

buradan $\frac{dF}{dR}$ görünürki, məsafənin kübü ilə tərs mütənasibdir. Günəş və Ay üçün bu ifadələri hesablasaq alırıq:

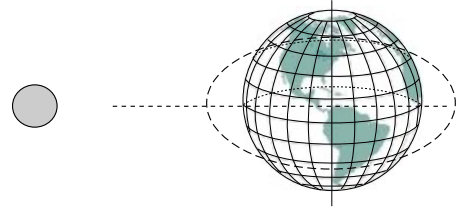
$$G \frac{M_c}{R_c^3} = 0,8 \cdot 10^{-13} \text{ 1/s}^2 \text{ və } G \frac{M_{\text{II}}}{R_{\text{II}}^3} = 1,8 \cdot 10^{-13} \text{ 1/s}^2 ,$$

burada M_c — Günəşin kütləsi; M_{II} –Ayın kütləsi; R_c, R_{II} – uyğun olaraq Yer və Günəş, Yer və Ay arasında məsafədir.

Rəqəmlərdən görünürki, Ay yeri daha çox deformasiya edir (təqribən iki dəfə). Kompensasiya edici deformasiya qüvvələri hesabına kiçik deformasiyalar Yerin üst təbəqələrində demək olarki dəyişiklik yaratmır.

Lakin okeanlarda qeyribircinscazibə qüvvələrinin təsiri altında səthləri əhəmiyyətli dərəcədə, güclü deformasiyaya uğrayır. Sahənin qeyribircinsliyi boyunca yüksəlmələr perpendikulyar istiqamətdə çökmələr yaranır. (şəkil 12.7.).

Yer fırlandığına görə enmə və qalxmalar periodik olaraq bir birini əvəz edir. Okean səviyyəsinin periodik olaraq qalxıb enməsinə səbəb olur. Sahillərdə isə bu qabarma və çəkilmələrlə müşahidə olunur. Hesablamalar göstərirki, Yer səthi bütünlüklə su ilə örtülmüş olsaydı, ay qabarmaları və çəkilmələri zamanı suyun səthi maksimum 0,56m dəyişərdi. Lakin rəliqda bu rəqəm 0-20 m intervalında dəyişir. Sutka ərzində 2 qabarma və 2 çəkilmə müşahidə olunur.



Şəkil 12.7. Yerdə çəkilmə və qabarmalar Ayın cazibə sahəsi ilə əlaqədardır.

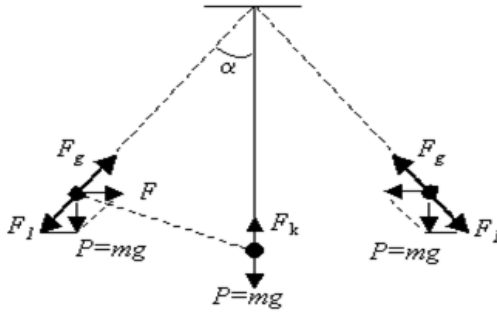
12.2.Cihazın təsviri və işin metodikası

Müəyyən yerdə təcrübə olaraq g-nin qiymətini tapmaq üçün dinamik və statik üsullardan istifadə olunur. Dinamik üsullara ən çox tətbiq olunanı *riyazi rəqqas üsuludur*. Bu üsul rəqqas periodunun ağırırq qüvvəsi təcildən asılı olmasına əsaslanır. Bu asılılıqdan istifadə edərək riyazi rəqqas vasitəsilə ağırırq qüvvəsi təcilini tapmaq olar. Uzanmayan çəkisiz nazik uzun sapdan asılmış maddi nöqtəyə riyazi rəqqas deyilir. Riyazi rəqqası tarazlıq vəziyyətindən kiçik α bucağı qədər uzaqlaşdırsaq o tarazlıq vəziyyəti ətrafında harmonik

rəqs hərəkətdə olacaqdır (şəkil: 1) Tarazlıq vəziyyətindən çıxarılmış rəqqasa təsir edən P ağırlıq qüvvəsini 2 toplanana (normal P_n və tan-gensial P_t) ayıraq toplananlardan yalnız P_t sapa perpendikulyar olub, trayektoriyaya toxunan istiqamətdə yönəlməklə onu tarazlıq vəziyyətinə qaytarmağa çalışır. Bu qüvvəyə kvazielastik qüvvə deyilir. Bu qüvvə rəqqasın tarazlıq vəziyyətindən uzaqlaşma məsafəsi ilə mütənasib olaraq artır. P_n toplananı isə hərəkət trayektoriyasına çəkilən toplanana perpenyuar olub sapın reaksiya (gərilmə) qüvvəsi ilə tarazlaşır. Riyazi rəqqası kiçik α bucağı qədər ($\alpha < 60^\circ$) tarazlıq vəziyyətindən çıxardıqda o, qüvvəsinin təsiri altında rəqs etməyə başlayır.

Şəkildən göründüyü

$$P_t = P \sin \alpha = mg \sin \alpha \quad (12.14) \quad \text{olar.}$$



Şəkil 12.8

Digər tərəfdən α -nın kiçik qiymətlərində $\sin \alpha = \frac{x}{l}$ olduğundan

$$P_t = mg \frac{x}{l} \quad (12.15) \quad \text{alınar.}$$

Burada l - rəqqasın uzunluğu yəni, rəqqasın aldığı nöqtədən kürənin mərkəzinə qədər olan məsafə, x -rəqqasın tarazlıq vəziyyətindən olan meyl məsafəsidir. Yaranan qüvvə kvazielastik olduğundan yazı bilərik : $P_t = -kx$ (12.16).

Burada mənfi işarəsi yerdəyişmə və qüvvənin bir-birinin əksinə yönəldiyini göstərir. (12.12) və (12.14) ifadələrinin bərabərliyindən alırıq ki, $kx = mg \frac{x}{l}$, $k = \frac{mg}{l}$ (12.17)

Əgər $\frac{k}{m} = \omega^2$, $\omega = \frac{2\pi}{T}$ və $k = m \frac{4\pi^2}{T^2}$ olduğunu (12.15)-də nəzərə alsaq onda riyazi rəqqasın rəqs periodu üçün alırıq:

$$\frac{4\pi^2}{T^2} = \frac{g}{l}, \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (12.18)$$

Alınmış (12.18) ifadəsi riyazi rəqqasın rəqs periodunu xarakterizə edən düstur olub, Hüygens *düsturu* adlanır. Burada g -ağırlıq qüvvəsi təcili, T -perioddur (tam bir rəqsə sərf olunan zaman). (12.18)-dən g -ni tapmaq

$$g = \frac{4\pi^2 l}{T^2} \quad (12.19).$$

Təcrübədə rəqsin periodu T və rəqqasın uzunluğu l -i bilavasitə ölçməklə g -ni hesablamaq olar. Rəqqasın uzunluğunu tapmaq üçün kürəciyin asıldığı sapın uzunluğuna (l_1) kürənin radiusunu (r) əlavə etmək lazımdır. Bu halda $l = l_1 + r$ olar.

Təcrübə zamanı rəqqasın uzunluğunu 80sm ilə 120 sm arasında götürmək məsləhətdir.

12.3. İşin icra alqoritmi

1) Riyazi rəqqasın uzunluğunu l təyin etməli. Bunun üçün sapın uzunluğuna (l_1) kürəciyin radiusunu (r) əlavə etmək lazımdır.

2) Rəqqası rəqsə gətirməli. 3-4 rəqsdən sonra saniyəölçəni işə salaraq 10-15 rəqs üçün sərf olunan zamanı (t) ölçməli. $T = \frac{t}{n}$ düsturuna əsasən n rəqsə sərf olunan t zamanını rəqslərin sayına bölərək rəqs periodunu tapmalı.

3) Əvvəl tapılan qiymətləri (6) ifadəsində yerinə yazıb, g -ni tapmalı.

4) Rəqqasın uzunluğunu dəyişməklə təcrübəni 3-4 dəfə təkrar etməli. g üçün orta qiyməti tapıb, mütləq və nisbi xətanı hesablamaq.

12.4.Özünüoxlama sualları

- 1.Qravitasiya qarşılıqlı təsirin xassələrini söyləyin.
- 2.Ümumdunya cazibə qünunun söyləyin. Onun mahiyyəti nədir?
- 3.Hansı qravitasiya sahəsi stasionar, mərkəzi, potensiallı və bircins adlanır? qravitasiya sahəsinin intensivliyi və potensialı nədir? Onlar arasında əlaqə necədir?
- 4.Sübut edinki, qravitasiya sahəsi potensiallı sahədir. Potensiallı sahənin xassələrini söyləyin.
- 5.Intensivlik və potensial üçün superpozisiya prinsipini ifadə edin.
- 6.Yerin fırlaması onun cazibə sahəsinə və formasına necə təsir edir?
- 7.Koriolis qüvvəsi necə hesablanır? Hansı təbiət hadisələrində o müşahidə olunur?
- 8.Yerdə qabarma və çəkilmələr nə ilə bağlıdır?
- 9.Riyazi rəqqas nəir və onun periodu necə təyin olunur?
- 10.Fiziki rəqqas nədir? Gətirilmiş uzunluq nədir?
- 11.Riyazi rəqqas vasitəsi ilə sərbəstdüşmə təcilini necə təyin etmək olar?
- 12.Riyazi və fiziki rəqqasla sərbəstdüşmə təcilinin təyinində xətlər nə ilə bağlıdır?
- 13.Çevirmə rəqqası ilə ölçmə metodu nəyə əsaslanmışdır?

12.5.Təhlükəsizlik qaydaları

1. Cihazları elə yerləşdirinki, rəqqasın hərəkətinə mane olmasın.
2. Cihazları masada elə yerləşdirinki, düşmə halı olmasın.

Ədəbiyyat

- 1.Детлаф, А.А./ А.А. Детлаф, Б.М. Яворский. Курс физики: – М., 1979.
- 2.Савельев, И.В. Курс общей физики. Механика. Молекулярная физика и термодинамика/ И.В. Савельев. – М., 2003.
- 3.Михайлов, А.А. Земля и ее вращение/ А.А. Михайлов. – М., 1984.
- 4.Mühazirə materiallarından müvafiq mövzunu öyrənin
- 5.A.Əmiraslanov: “Fizikadan laboratoriya işləri”.
- 6.Y.Nurullayev: “Fizika kursundan laboratoriya işlərinə rəhbərlik”.Bakı 2003
- 7.Михайлов, А.А. Земля и ее вращение/ А.А. Михайлов. – М., 1984.

İşin hesabatını hazırlayıb növbəti laboratoriya məşğələsinə qədər təhvil verməyə təqdim edin.

LABORATORİYA İŞİ N 13. MAYELƏRİN ÖZLÜLÜK ƏMSALININ TƏYİNİ.

- **İşin məqsədi:** özlü mayedə cismin hərəkətinin öyrənilməsi, stoks üsulu ilə mayenin özlülük əmsalının təyini
- **Cihaz və ləvazimat:** Tədqiq olunan maye ilə doldurulmuş silindrik şüşə qab, termostat, termometr, Vestfal tərəzisi, saniyəölçən, Mir-1 mikroskop, xətkəş, müxtəlif diametrlili (1-2 mm) müxtəlif cinsli kürələr.

13.1.Qısa nəzəri məlumat:

Boruda axan mayenin müxtəlif molekulyar təbəqələrinin sürəti müxtəlif olur. Mərkəzi təbəqənin sürəti ən böyük, boru divarlarına yaxınlaşdıqca təbəqələrin sürəti kiçilir. Mayenin böyük sürətlə hərəkət edən edən təbəqələri qonşu kiçik sürətlə hərəkət edən təbəqələrə təsir edərək onların sürətini artırmağa, əksinə kiçik sürətlə hərəkət edən təbəqələr isə qonşu böyük sürətli təbəqələrə təsiredərək onların sürətini azaltmağa çalışır. Beləliklə, mayenin müxtəlif sürətlə hərəkət edən təbəqələri bir-birinə müəyyən qüvvələrlə təsir edirlər. Bu qüvvələr daxili sürtünmə qüvvələri adlanır. Daxili sürtünmə qüvvəsi mayenin iki qonşu təbəqəsindəki molekulaların qarşılıqlı cazibəsi nəticəsində yaranır. Təcrübələr nəticəsində müəyyən etmişlər ki, mayenin bir-birinə toxunan iki molekulyar təbəqələri arasında yaranan daxili sürtünmə qüvvəsi (onu f ilə göstərək), təbəqələrin səthinin sahəsi ilə və sürət qradienti ilə (uyğun olaraq ΔS və $\frac{\Delta v}{\Delta x}$ kimi işarə edilir) düz mütənasibdir:

$$f = \eta \cdot \frac{\Delta v}{\Delta x} \cdot \Delta S \quad (13.1)$$

Bu tənlik daxili sürtünmə üçün Nyuton tənliyi adlanır. Burada η -mütənasiblik əmsalı olub, mayenin daxili sürtünmə, və ya özlülük əmsalı adlanır. $\Delta v = v_2 - v_1$ ifadəsi isə bir-birindən Δx məsafədə yerləşən iki maye təbəqəsinin sürətləri fərqi göstərir. Onda $\frac{\Delta v}{\Delta x}$ kəmiyyəti sürət vektoruna perpendikulyar istiqamətdə sürətin vahid uzunluqda dəyişməsi olub, sürət qradienti adlanır.

Qeyd edək ki, f qüvvəsi isə mayenin qonşu təbəqələrinin sürtünən səthlərinə toxunan istiqamətdə yönəlir. (13.1) tənliyindən aşağıdakı tənliyi ala bilərik:

$$\eta = \frac{f}{\frac{\Delta v}{\Delta x} \Delta S} \quad (13.2)$$

(13.2) düsturuna əsasən mayenin daxili sürtünmə əmsalının fiziki mahiyyətini müəyyən edə bilərik. Doğrudan da $\Delta v / \Delta x = 1$ və $\Delta S = 1$ olarsa, onda $\eta = f$ alırıq. Deməli, mayenin daxili sürtünmə əmsalı (yaxud özlülük əmsalı) ədədi qiymətcə sürət qradienti və səthlərinin sahəsi vahid olan mayenin iki qonşu molekulyar təbəqəsi arasında yaranan daxili sürtünmə qüvvəsinə bərabərdir. Biz (13.2) düsturundan özlülük əmsalının vahidini görə bilərik. Yəni,

$$[\eta] = \frac{[f]}{\left[\frac{\Delta v}{\Delta x}\right][\Delta S]} = \frac{\frac{N}{m}}{\frac{m}{s \cdot m} m^2} = \frac{N}{m^2} \cdot s = Pa \cdot s$$

13.2.Cihazın təsviri və işin metodu:

İndi də mayelərin özlülüynün təyin edilməsi üçün mövcud olan üsullardan biri ilə - **Stoks üsulu** ilə tanış olaq. Stoks göstərmişdir ki, mayedə düşən bərk cismin kiçik sürətlərində meydana çıxan müqavimət qüvvəsi, onun sürəti, cismin xarakterik xətti ölçüsü l və mayenin özlülük əmsalı ilə düz mütənasib olur:

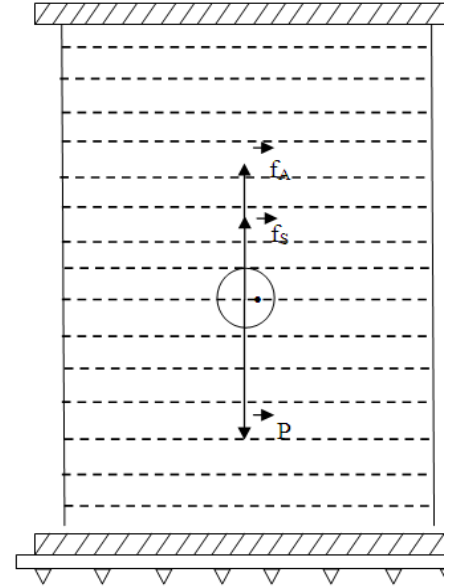
$$f_s \sim \eta l v \quad (13.3)$$

Konkret olaraq əgər mayedə düşən cisim r radiuslu kürə olarsa, onda $l=r$ olduğundan mütenasiblik əmsalı 6π -yə bərabər olar və bu zaman (13.3) ifadəsi aşağıdakı kimi olar:

$$f_s = 6\pi\eta rv \quad (13.4)$$

(13.4) düsturu ilə təyin olunan qüvvəyə **Stoks** qüvvəsi deyilir.

Mayelərin özlülük əmsalını təyin etmək üçün istifadə olunan Stoks üsulu maye daxilində yavaş hərəkət edən sferik formalı kiçik cisimlərin düşmə sürətinin ölçülməsinə əsaslanır. Sükunətdə olan özlü mayedə konkret olaraq qurğuşun kürənin sərbəst düşməsinə baxaq. Özlü mayedə sərbəst düşən kürəyə üç qüvvə-şaquli aşağı yönələn P ağırlıq qüvvəsi, onun əksinə yönələn f_A -arximed qüvvəsi və hərəkətin müqavimət f_s –Stoks qüvvəsi təsir edir. (şəkil 13.1) Həmin qüvvələr uyğun olaraq aşağıdakı kimidir:



$$P = mg = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_1 g \quad (13.5)$$

$$P = \rho_2 v g = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_2 g \quad (13.6)$$

Burada r -kürənin radiusu, ρ_1 -kürənin sıxlığı, ρ_2 -mayenin sıxlığı, v -maye təbəqəsinin hərəkət sürətidir. Qeyd edək ki, burada əsas rol oynayan kürə ilə maye arasındakı sürtünmə qüvvəsi deyil, maye təbəqələri arasında təsir göstərən daxili sürtünmə qüvvəsidir. Bərk cisim mayeyə salınarkən, bərk cisim və maye molekulları arasındakı qarşılıqlı cazibə qüvvəsi nəticəsində maye molekulları bərk cismə yapışır. Bununla da bərk cisim ona yapışan maye molekullarının yaratdığı maye təbəqəsi ilə örtülür. Bərk cismə yapışan maye təbəqəsi bərk cismin sürətinə bərabər sürətlə, onunla birlikdə hərəkət edir. Bu maye təbəqəsi, təbəqələr arasında təsir edən molekulyar cazibə qüvvəsi hesabına yaxın qonşu maye təbəqəsini özü ilə hərəkət etməyə məcbur edir və.s.

Mayedə düşən kürənin diametri və hərəkət sürəti kiçik olarsa, onda onun mayedə hərəkəti burulğan yaratmır. Buzaman k ürəyə təsir edən qüvvələrin əvəzləyicisi

$$R = P - (f_A + f_s) \quad (13.7)$$

ifadəsi ilə hesablanır. Düsturdan görünür ki, kürə əvvəlcə təcillə hərəkət edir, sürəti artır. Kürənin sürəti artdıqca müqavimət qüvvəsi də artır və elə bir an gəlir ki, P ağırlıq qüvvəsi, itələyici və Stoks qüvvələrinin cəmi ilə tarazlaşır, əvəzləyici qüvvə isə sıfır olur. Yəni,

$$R = P - (f_A + f_s) = 0 \quad (13.8)$$

olur. Bu andan başlayaraq dinamikanın I qanununa əsasən kürə mayedə müəyyən sabit sürətlə hərəkət edir. (13.4), (13.5) və (13.6) ifadələrini P , $f_{itələyici}$ və f_s qüvvələrinin qiymətlərini (8)-də yerinə yazıb, alınan tənliyi η -ya görə həll etsək, mayenin özlülük əmsalı üçün aşağıdakı düsturu alarıq:

$$\eta = (2/9)(\rho_1 - \rho_2) \frac{gr^2}{v_0} \quad (13.9)$$

Təcrübə qurğusu iərisində tədqiq olunan maye doldurulmuş şüşədən hazırlanmış silindrik qabdan ibarətdir. Silindir üzərinə bir-birindən l məsafəsində yerləşən iki həlqə qoyulur. Yuxarı həlqənin vəziyyəti dəyişdirilə biləndir və o, maye səviyyəsindən $6 \div 8$ sm

(ən azı) aşağıda yerləşdirilmişdir. Qurğuşun kürə yuxarı həlqəyə çatanda müəyyən sabit v_0 sürətinə malik olur. Silindrə santimetrlik şkalalı xətkəş bərkidilir.

13.3. İşin icra alqoritmi:

- 1) Kürənin diametrini mikrometr və ya ştangerpərgarlarla təyin edin.
- 2) Silindir üzərindəki yuxarı və aşağı həlqələr arasındakı l məsafəsini ölçməli.
- 3) Pintset vasitəsilə qurğuşun kürə mayeyə buraxılır. Kürə yuxarı mühərrik həlqəyə çatanda saniyəölçən işə salınır və aşağı həlqəyə çatanda saniyəölçən dayandırılır. Saniyəölçənin göstərişi ilə kürənin l məsafəsini getməsinə sərf olunan zaman (t) təyin olunur.
- 4) Təcrübəni yuxarı həlqənin müxtəlif vəziyyətlərində müxtəlif diametrli kürələr üçün beş dəfə təkrar etməli.
- 5) Polad kürənin mayedəki sabit sürətini $v_0 = l/t$ düsturu ilə tapmalı.
- 6) Hər bir təcrübə üçün özlülük əmsalının qiymətini (13.9) vasitəsilə hesablamalı və onun orta qiymətini təyin etməli.
- 7) Daxili sürtünmə əmsalı temperaturdan kəskin asılı olduğu üçün təcrübə aparılarda mayenin temperaturunu tapmalı.
- 8) Təcrübənin mütləq və nisbi xətlərini hesablamalı. Cədvəl tərtib edərək ora yazın.

13.4 Özünüoxlama sualları

1. Daxili sürtünmə nədir?
2. Özlü mayenin axını üçün tənlik yazın.
3. Mayenin özlülüyü temperaturdan necə asılıdır?
4. Puazeyl dusturunu çıxarın.
5. Özlülüyn təyin olunması üçün dustur çıxarın.
6. Cismin mayədə bərabərsürətli hərəkətini necə bilmək olar?
7. Ölçmələrə qabın diametri təsir edirmi?
8. Sisteməlik və təsadüfi xətlər hansı səbəbdən yaranır?
9. Özlülüyn molekulyar kinetik nəzəriyyəsini verin.
10. Özlülüyn fiziki mahiyyəti nədir?
11. Özlülük hansı parametrlərdən və necə asılıdır?
12. Dinamik və kinematik özlülük hansı vahidlərlə təyin olunur?
13. Nisbi və mütləq xətlər üçün dusturlar çıxarın.

13.5. Təhlükəsizlik qaydaları.

1. İşin icrası yalnız müəllimin göstərişindən sonra aparılır.
2. Şüşəməmulatların sınınmaması üçün iş vaxtı çox ehtiyatlı olmalısınız.
3. İş bitirdikdən sonra cihaz və detalları əvvəlki olduğu yerlərinə qoyun.

Ədəbiyyat:

- 1) Mühazirə materiallarından müvafiq mövzunu öyrənin
2. A.Əmiraslanov: "Fizikadan laboratoriya işləri".
3. Y.Nurullayev: "Fizika kursundan laboratoriya işlərinə rəhbərlik". Bakı 2003
4. R.Məmmədov "Mayələrdə səthi gərilmə və daxili sürtünmə hadisələri" Bakı 2007
5. Pənahov M.M., Ömərzadə T.M., Həmidov Ş.Q., Elektrostatika Bakı Kür- 2000 – 115 səh.
7. Qocayev E.M., Ümumi fizika kursu, I hissə BAKI Çarşıoğlu, 1999-366 səh., II hissə, Bakı Ç.-2003-406 səh., Optika- 15 aprel 2009 prN414 – 2009-624 səh – Q043-2009, Molekulyar fizika – 01 aprel 2008, 397 N pr. 433 səh,
8. Əliyev B.D., Həsənov Q.T., Ümumi fizika kursu. Bakı, Çarşıoğlu, 2005.

- 9.Y.Nurullayev,R.Babayeva,M.Tağıyev,Fizika praktikumu.Bakı,Çaşıoğlu,2003.
- 10.T.И.Трофимова. Курс физики. М.: Высшая школа. 2003.
11. Mehrabov A. Ümumi fizika kursu - 2002 Çaşıoğlu
12. Əmiraslanov A. Ümumi fizikadan laboratoriya praktikumu. Maarif 1978
- 13.Xudaverdiyev H. Ümumi fizikadan laboratoriya məşğələlərinə rəhbərlik. Dərs vəsaiti. Maarif Bakı 1979. 53-X90, tiraj 5000.
14. Ümumi fizika kursuna dair laboratoriya işlərində xəta nəzəriyyəsi Metodik göstəriş. Sumqayıt 2001. 22 fevral 2001. prN02 tiraj 100
- 15.RamazanzadəM.H. Fizikadan laboratoriya işlərinə rəhbərlik . Maarif. 1965
- 16.Əsgərov B. M. Termodinamika və statistik fizika. Bakı 2010, 605 səh. 11 aprel 2003, pr N273. BDU. Ə1604030000-07-658(07)-0100-2005 tiraj 1000.
- 17.Д.В.Сивухин. Общий курс физики. Т.IV,V-1,V-2. М.: Высшая школа. 1987.

İşin hesabatını hazırlayıb növbəti laboratoriya məşğələsinə qədər təhvil verməyə təqdim edin.

LABORATORİYA İŞİ № 14.

ADİABAT GENİŞLƏNMƏ ÜSULU İLƏ QAZIN XÜSUSİ İSTİLİK TUTUMLARININ NİSBƏTİNİN HESABLANMASI (KLEMAN DEZORM ÜSULU)

- **İşin məqsədi:** adiabat prosesin öyrənilməsi, adiabat əmsalının (xüsusi istilik tutumlarının-Puasson əmsalının) təyini
- **Cihaz və avadanlıq:** Qapalı şüşə qab, manometr, nasos

14.1.İşin qısa nəzəriyyəsi:

Termodinamikanın 1 qanunu istilik proseslərində enerjinin saxlanma qanununu ifadə edir. Bu qanuna görə qazın daxili enerjisinin dəyişməsi ΔU qaza verilən istilik miqdarı Q ilə xarici qüvvələrin qaz üzərində gördükləri işin A cəminə bərabərdir:

$$\Delta U = Q + A \quad (14.1)$$

Əgər qaz xarici qüvvələrə qarşı iş görərsə $A' = -A$ olduğunu nəzərə alaraq (14.1) ifadəsini aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$\Delta U = Q + A' \quad (14.2)$$

Bu isə o deməkdir ki, qaza istilik miqdarı verdikdə onun bir hissəsi qazın daxili enerjisinin artmasına, qalan hissəsi isə xarici qüvvələrə qarşı görülən işə sərf olunur.

Bu qanunun sabit-kütləli qazlarda gedən müxtəlif proseslərə tətbiqinə baxaq:

1) İzotermik prosesdə $T = \text{const}$ olduğundan daxili enerji $U = \text{const}$ olur və (14.2) düsturundan $Q = A'$ alınır, yəni izotermik prosesdə qaza verilən istilik miqdarı tamamilə qazın iş görməsinə sərf olunur.

2) İzoxorik prosesdə $V = \text{const}$ olduğu üçün $A' = 0$ olur və (14.2) düsturundan $Q = \Delta U$ alınır, yəni izoxorik prosesdə qaza verilən istilik miqdarı tamamilə qazın daxili enerjisinin artmasına sərf olunur. $Q = C\Delta T$ -dir. Onda $\Delta U = C\Delta T$ olar. Proses izoxorik olduğu üçün bu düstura daxil olan istilik tutumu *sabit həcmdə istilik tutumu* adlanır və C_1 ilə işarə olunur. Onda izoxorik prosesdə daxili enerjinin dəyişməsi belə olar:

$$\Delta U = C_1 \Delta T \quad (14.3)$$

3) İzobarik prosesdə $P = \text{const}$ olduğundan qaza verilən istilik miqdarı həm qazın daxili enerjisinin artmasına, həm də onun gördüyü işə sərf olunur. Termodinamikanın birinci qanununa görə:

$$Q = \Delta U + P \Delta V \quad (14.4)$$

İzobarik prosesdə istilik tutumu C_p ilə işarə olunur və *sabit təzyiqdə istilik tutumu* adlanır. İstilik miqdarı üçün yazı bilərik:

$$Q = C_p \Delta T \quad (14.5.)$$

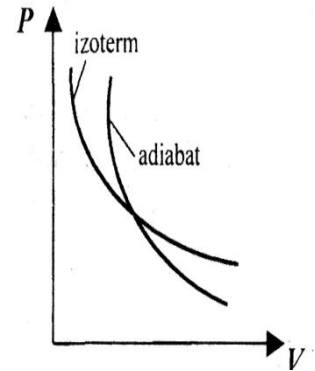
şəklində yazılır. (14.3) və (14.4) düsturlarına və Mendeleyev-Klapeyron tənliyinə əsasən yazılmış $P \Delta V = \nu R \Delta T$ ifadəsini bir mol üçün nəzərə alsaq:

$$C_p \Delta T = C_p \Delta T + R \Delta T \quad \text{və ya} \quad C_p = C_p + R \quad (14.6.) \quad \text{alırıq.}$$

Biratomlu qaz üçün sərbəstlik dərəcəsinin $i=3$ olduğundan $C_p = \frac{3}{2}R$, $C_p = \frac{3}{2}R + R = \frac{5}{2}R$ olduğu alınır. İkiatomlu qaz

üçün $i=3$ olduğundan $C_p = \frac{5}{2}R$ və $C_p = \frac{7}{2}R$ olur. Təcrübədən bu

istilik tutumlarının nisbətini doğrudan da $\frac{C_p}{C_p} = 1,4$ olduğu alınır.



Adiabatik proses və bu prosesdə görülmüş iş. *Xarici nüvə ilə istilik mübadiləsi olmadan gedən proses adiabatik proses adlanır, yəni $Q=0$ olur.* Prosesin ayrı-ayrı mərhələlərində xarici mühitlə istilik mübadiləsi ola bilər, lakin tam prosesdə istilik mübadiləsinin yekunu sıfıra bərabər olmalıdır. Bu proses üçün termodinamikanın I qanunu aşağıdakı kimi yazılır:

$$0 = C_p \Delta T + P \Delta T \quad \text{və ya} \quad 0 = C_p dT + RT \frac{dV}{V}$$

Bu düsturun hədlərini C_v -yə bölsək, alırıq:

$$\frac{dT}{T} + (\gamma - 1) \frac{dV}{V} = 0$$

Aldığımız ifadəni integralladıqdan sonra alırıq: $TV^{\gamma-1} = \text{const}$

Bu düstur adiabatik prosesdə qazın həcmi ilə onun temperaturu arasında asılılığı müəyyən edir. Burada $T = \frac{PV}{R}$ olduğunu nəzərə alsaq, alırıq:

$$PV^\gamma = \text{const} \quad (14.7)$$

Bu ifadə *adiabat tənliyi* adlanır. Şəkil -də müqayisə üçün PV diaqramında izoterm və adiabat əyriyələri göstərilmişdir. Adiabat əyrisi izotermə nəzərən daha kəskin dəyişir: $\gamma > 1$ -dir.

Termodinamikanın I qanununu adiabatik proses üçün tətbiq etdikdə $Q=0$ olduğunu nəzərə alsaq, alırıq:

$$A' = -dU \quad (14.8)$$

Buradan görünür ki, adiabatik prosesdə qaz iş gördükdə onun daxili enerjisi azalır, qaz soyuyur. Bu nəticə aydındır. Həqiqətən qaz kənardan istilik almadıqda öz daxili enerjisi hesabına iş görür. Bir mol qazın bu prosesdə gördüyü işi hesablayaq. Bunun üçün (14.2) və (14.4) düsturlarını axırıncı düsturda nəzərə alaq. Onda

$$\begin{aligned} A' &= -C_v \Delta T = -C_v (T_2 - T_1) = \frac{R}{\gamma - 1} (T_1 - T_2) = \\ &= \frac{RT_1}{\gamma - 1} \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) = \frac{P_1 T_1}{\gamma - 1} \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \end{aligned}$$

olar. Burada adiabat tənliyini də nəzərə alsaq, alarıq:

$$A' = \frac{P_1 T_1}{\gamma - 1} \left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} \right] \text{ və ya } A' = \frac{P_1 T_1}{\gamma - 1} \left[1 - \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right]$$

Bu düsturlar adiabatik prosesdə qazın gördüyü işi ifadə edirlər.

Yuxarıda müxtəlif proseslər üçün qazın təzyiqi ilə onun həcmi arasında asılılıqlara baxdıq. Onları ümumiləşdirərək göstərilən kəmiyyətlər arasındakı asılılığı aşağıdakı kimi yazmaq olar: $PV^n = \text{const}$. Burada

$n=0$ olduqda $P = \text{const} \rightarrow$ izobarik proses,

$n=1$ olduqda $PV = \text{const} \rightarrow$ izotermik proses,

$n=\gamma$ olduqda $PV^\gamma = \text{const} \rightarrow$ adiabatik proses,

$n=\pm\infty$ olduqda $V = \text{const} \rightarrow$ izoxorik proses olur.

Bu proseslərin ümumi adı *politrop proses*, n - *isə politrop dərəcəsi* adlanır.

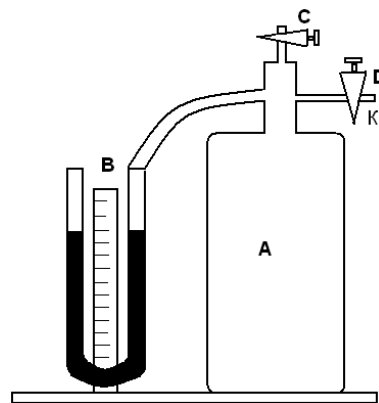
Tarazlıq halında olan adiabat proses üçün aşağıdakı Puasson tənlikləri ödənilir:

$$\begin{aligned} pV^\gamma &= \text{const}, \\ TV^{\gamma-1} &= \text{const}, \\ T^\gamma p^{1-\gamma} &= \text{const}, \end{aligned} \quad (14.9),$$

burada $\gamma = \frac{C_P}{C_V} = \frac{c_P}{c_V} > 1$ (14.10)- adiabat göstəricisi və ya Puasson əmsalı adlanır.

14.2. Qurğunun təsviri və işin metodikası.

Puasson əmsalını eksperimental olaraq təyin etmək olar. Eksperimental qurğu şüşə A balonundan (şəkil 14.1), onunla birləşdirilmiş B manometrindən və nasosa birləşdirilmiş K borusundan ibarətdir.



Şəkil 14.1

Nasos şəkildə göstərilməmişdir. Bilavasitə C kranı vasitəsilə balonda olan qaz atmosferlə əlaqəli ola bilər. Nasos vasitəsi ilə balona hava vurulduqda balonda havanın miqdarı artacaq, uyğun olaraq qazın təzyiqi və temperaturu artar. Bir müddət sonra xarici mühitlə əlaqəli olduğuna görə temperatur azalmağa başlayacaqdır. Müəyyən vaxtdan sonra havanın temperaturuna bərabərləşəcəkdir. $t=t_1$ olacaq.

Balonda qərarlaşmış təzyiq belə olar:

$$p_1 = H + h_1, \quad (14.11),$$

burada H -atmosfer təzyiqidir, h_1 – manometrin göstərişinə görə təyin olunan əlavə təzyiqdir. Beləliklə hazırda balonda olan qazın halı -I halı qeyd edək və bu hal aşağıdakı kəmiyyətlərlə xarakterizə olunur:

$$p_1 = H + h_1; V_1 \text{ və } t_1.$$

C kranını qısa bir müddət balondakı qaz genişlənər. Bu genişlənməni adiabat genişlənmə hesab etmək olar. Qabdakı qazın təzyiqi atmosfer H təzyiqinə bərabər olacaq. Temperatur isə t_2 kimi azalacaq, həcmi V_2 olacaqdır. Uyğun olaraq prosesin axırında parametrlər II hal üçün belə olar: $H; V_2$ və $t_2 < t_1$.

I və II hal üçün adiabat prosesi tətbiq etsək, alırıq:

$$(H + h_1)V_1^\gamma = HV_2^\gamma, \quad (14.12)$$

$$\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^\gamma = \frac{H}{H + h_1}.$$

Adiabat genişlənmədən sonra qaz soyuyur, amma bir müddət sonra qaz xarici mühitin temperaturuna kimi t_1 -ə kimi qızır və qazın təzyiqi artır:

$$p_2 = H + h_2, \quad (14.13)$$

burada h_2 –manometrin növbəti göstərişidir. Qazın həcmi bu zaman dəyişmir V_2 -ə bərabərdir.

Beləliklə, qazın bu III halı üçün xarakterik parametrlər belə olar:

$$p_2 = H + h_2, V_2 \text{ və } t_1.$$

I və III halda qaz eyni temperatura malk olduğu üçün izotermik prosesin Boyl Mariot qanunu tətbiq edə bilərik: ($pV = \text{const}$)

$$(H + h_1)V_1 = (H + h_2)V_2, \quad (14.14)$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{H + h_2}{H + h_1}.$$

Ifadəni γ qüvvətinə yüksəltsək:

$$\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^\gamma = \left(\frac{H + h_2}{H + h_1}\right)^\gamma \quad (14.15)$$

və yuxarıdakı dusturlardan istifadə etsək, alırıq:

$$\frac{H}{H + h_1} = \left(\frac{H + h_2}{H + h_1}\right)^\gamma. \quad (14.16)$$

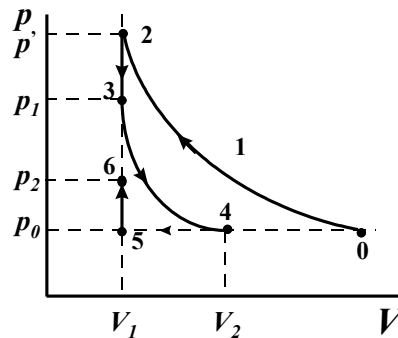
Alınan ifadənin hər tərəfindən loqarifma alaqvə alınan ifadədən γ -nı tapaq:

$$\gamma = \frac{\lg(H + h_1) - \lg H}{\lg(H + h_1) - \lg(H + h_2)}. \quad (14.17)$$

Atmosfer təzyiqi H , $(H + h_1)$ və $(H + h_2)$ çox az fərhləndiklərindən təqribi dürturlardan istifadə etsək, alırıq:

$$\gamma = \frac{(H + h_1) - H}{(H + h_1) - (H + h_2)} = \frac{h_1}{h_1 - h_2}. \quad (14.18).$$

Prosesi pV dioqramında göstərək (şəkil 14.2):



Şəkil. 14.2

1. 0-1-2 ayrısı qazın adiabatik sıxılmasını (qaz balona doldurularkən) göstərir. Bu zaman qazın temperaturu artır.
2. Bağlı qabda qazın həcmi dəyişmədən temperaturun qərarlaşması – otaq temperaturuna tarazlaşma prosesi gedir. Bu dioqramın 2-3 hissəsi- qazın izoxor soyuma prosesi olacaq.
3. 3-4 hissəsində K kranın aşıldığı zaman adiabat genişlənmə baş verir. Qazın həcmi V_1 dən V_2 kimi artacaq, təzyiq atmosfer təzyiqinə kimi azalacaq, temperatur düşəcəkdir.

14.3.İşin icra algoritmi

1. C kranının kip bağlı olduğunu yoxlayın. Nasos vasitəsi ilə ehtiyatla balona o qədər hava vurunki, manometrin göstərişi 60...100 mm olsun.
2. Qadbakı təzyiq tam qərarlaşdıqdan sonra (manometrde mayenin səviyyəsi daha dəyişmədiyi hal) manometrden göstərişlərin fərqi h_1 qeyd edin.
3. C kranını tez açıb, manometrde maye səviyyələrinin bərabərləşməsinə təmin edin və cəld bağlayın.
4. Qabdakı təzyiq tam qərarlaşandan sonra manometrdeki maye səviyyələrinin fərqi h_2 təyin edin. (h_2 .)
Təcrübəni (h_1 –i dəyişməklə) 5-7 dəfə təkrarlayın.
Təcrübədən alınan qiymətləri cədvələ yazın.

14.4.Təcrübənin nəticələrinin aparılması.

1. Hər bir təcrübə üçün Puasson γ əmsalını hesablayın.
 2. Ölçmələrin mütləq xətasını hesablayın.
 3. Puasson əmsalının alınmış təcrübə üyümətini yazmalı.
Hesablamaları cədvələ qeyd etməli(cədvəl 14.1).
- Təcrübə rəqəmlərinə görə Puasson əmsalının balondakı qazın təzyiqindən asılılığını araşdırın.

Cədvəl.14.1

Təcrübənin №	Ölçmələr		hesablamalar		
	h_1 , mm	h_2 , mm	γ	$\Delta\gamma$	$\gamma = \bar{\gamma} \pm \Delta\bar{\gamma}$
Orta qiymət	-	-			

14.5.Özünüyoxlama üçün suallar:

- 1.Nə üçün qazın istilik tutumu onun qızdırılma formasından və üsulundan asılıdır?
- 2.Hansı proses adiabat proses adlanır?
- 3.Verilmi proses nə üçün tam adiabat deyildir?
- 4.Hansı proses politropik proses adlanır?
- 5.Puasson əmsalının hava üçün ozitermik, politropik və adiabat proseslərdə qiymətini tapın.
- 6.Izobar prosesdə istilik tutumu nə üçün izoxor prosesdə istilik tutumundan böyükdür?
- 7.Adiabat prosesdə temperatur necə dəyişir?
- 8.Nə üçün bu işdə manometr spirtlə doldurulur, civə ilə yox?
- 9.Termodinamikanın I qanunu və onun müxtəlif izoproseslərə tətbiqi.
- 10.Daxili enerji nədir və necə təyin olunur?
11. c_p və c_v , C_p və C_v . necə təyin olunur?
- 12.Hansı böyükdür və nə üçün?
- 13.Molyar istilik tutumları arasında əlaqə necədir? Mayer dusturu

14.6. Təhlükəsizlik qaydaları

1. Kranın burulması zamanı çox güc tətbiq etməyin.
2. Balona hava vurarkən diqqət yetirinki, manometrdən maye qalxıb tökülməsin (aşmasın).

Ədəbiyyat

1. Детлаф, А.А./ А.А. Детлаф, Б.М. Яворский. Курс физики: – М., 1979.
2. Савельев, И.В. Курс общей физики. Механика. Молекулярная физика и термодинамика/ И.В. Савельев. – М., 2003.
3. Михайлов, А.А. Земля и ее вращение/ А.А. Михайлов. – М., 1984.
4. Mühazirə materiallarından müvafiq mövzunu öyrənin
5. A.Əmiraslanov: “Fizikadan laboratoriya işləri”.
6. Y.Nurullayev, R.İsmayılov Fizika kursundan laboratoriya işlərinə rəhbərlik-Bakı-2003. 80 səh.
7. Tahirov V.İ. Molekulyar fizika. Bakı, Elm, 1999, 257s.
8. Əhmədov F.A. Mexanika və molekulyar fizika. Bakı, BDU, 2005, 260 s.
9. Abasəzadə A. Molekulyar fizika və istilik. Bakı, Maarif, 1967, 346 s.
10. Кикоин А.К., Кикоин И.К. Молекулярная физика. Москва, Наука, 1976, 478 с.
11. Сивухин Д.В. Общий курс физики: Термодинамика и молекулярная физика. Москва, Наука, 2008, 551 с.
12. Матвеев А.Н. Молекулярная физика. Москва, Высшая школа, 2009, 356 с.

LABORATORIYA İŞİ №15.

KAPİLYAR BORUDA QALXMASINA GÖRƏ MAYENİN SƏTHİ GƏRİLMƏ ƏMSALININ TƏYİNİ.

- **İşin məqsədi:** Katetometri tətbiq edərək, kapilyar boruda qalxmasına görə mayenin səthi gərilmə əmsalının təyini
- **Cihaz və ləvazimat:** KM-10 katetometri, kapilyar borular dəsti, maye üçün stəkan, ştaiv, tutğac, termometr.

15.1. İşin qısa nəzəriyyəsi:

Bərk cisim yaxınlığında maye səthini əyir: maye səthi maye molekulaları ilə bərk cisim molekulaları arasında qarılıqlı təsirdən asılı olaraq qabarıq və çökük ola bilər. səthi gərilmə qüvvələri səthin qabarıq və çökük olmasından asılı olmadan çökük hissəsinə istiqamətlənmiş səthi gərilmə qüvvəsi ilə təsir edir. Bu qüvvə ixtiyari əyri səth altında təzyiqlər fərqi yaradır:

Sferik səthdə əlavə təzyiq belə təyin olunur:

$$\Delta p = \frac{2\sigma}{R}, \quad (15.1)$$

Δp – əlavə təzyiq, R – əyri səth radiusu, σ – səthi gərilmə əmsalıdır.

Meniskin ayrılıyına görə yaranan təzyiqlər fərqi maye səthinin qalxmasına və ya enməsinə səbəb olur. Maye kapilyar boruda statik təzyiqin əlavə təzyiqə bərabər olması həddində qalxır yada enir. Bu mayenin isladan və ya islatmayan olmasından asılıdır. Maye tam isladan olarsa, r daxili radiuslu kapilyar boruda R əyrilik səthi yaradarsa, onda

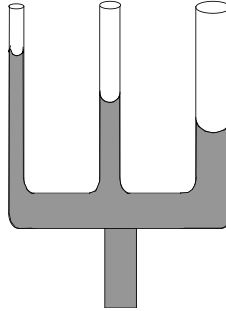
$$\Delta p = \frac{2\sigma}{r} = \rho gh, \quad (15.2)$$

burada ρ – mayenin sıxlığı, g – sərbəstdüşmə təcili, h – kapilyarda qalxma yüksəkliyi.

15.2. Qurğunun təsviri və işin metodikası.

Radiusu, mayenin sıxlığını və onun kapilyar boruda qalxma yüksəkliyini bilərək mayenin səthi gərilmə əmsalını təyin etmək olar.

İşdə üç kapilyar boru dəsti istifadə olunur. (Şəkil 15.1). Onlardan ikisi işçi boru hesab olunur. Biri isə digər ikisini doldurmaq üçün istifadə olunur.



Şəkil 15.1

Kapilyarlara maye töküldükdən sonra onların hər birində müəyyən yüksəklik səviyyəsi yaranır. Daha böyük en kəsikli mayenin səviyyəsinə nəzərən digər ikisində mayenin qalxma yüksəklikləri ölçülməlidir:

$$h_1 = \frac{2\sigma}{r_1 \rho g}, \quad h_2 = \frac{2\sigma}{r_2 \rho g}.$$

Buradan

$$h_1 - h_2 = \frac{2\sigma}{\rho g} \left(\frac{r_2 - r_1}{r_1 r_2} \right). \quad (15.3)$$

Səthi gərilməni təyin etmək üçün işçi dustur alırıq:

$$\sigma = \frac{\rho g r_1 r_2}{2(r_2 - r_1)} (h_1 - h_2). \quad (15.4)$$

Eksperimentin əsas cihazı katetometrdir. Katetometr şərait olmayan yerlərdə şaquli məsafələri təyin etmək üçün istifadə olunan cihazdır. Onun quruluşu və iş prinsipi ilə müstəqil tanış olun (cihazın pasportundan oxuyun).

15.3. İşin icra alqoritmi:

1. Katetometrin sənədə görə təyini, quruluşunu və iş metodunu öyrənin.
2. Ştativdə kapilyar boru dəstini üfüqi yerləşdirin. Katetometr vasitəsi ilə hər bir kapilyarın daxili diametrini üç müxtəlif kəsik üçün təyin edin. Kapilyarların diametri üçün orta qiymət tapın.
3. Kapilyar boru dəstini açıq hissələri yuxarı olmaqla şaquli vəziyyətdə yerləşdirin. Boruların şaquli vəziyyətdə olduğuna əmin olun (şaquldan istifadə etməklə).
4. Dəməcləndirici vasitəsi ilə böyük en kəsikli borudan kapilyarlara tədqiq olunan maye daxil edin. 5. Hər bir boruda mayenin qalxma səviyyəsini təyin edin. Bu zaman səviyyənin sıfırı kimi böyük borunun səviyyəsi qəbul edilməlidir. Böyük borunun səviyyəsi katetometrin sıfır vəziyyəti götürülür. Yüksəkliklərin səviyyəsi meniksin aşağı hissəsindən götürülür.
6. Təcrübəni ən azı üç dəfə müxtəlif səviyyələr üçün təkrar edin.
7. ρ və g -nin dəqiq qiymətlərindən istifadə edərək σ , σ_{cp} , $\Delta\sigma$ ni hesablayın.

8.Təyin etdiyiniz rəqəmlər cədvəl 15.1-ə yazın:

Cədvəl 15.1

		$r_1 =$ mm,	$r_2 =$ mm		
Təcrübənin №	h_1 , mm	h_2 , mm	Δh , mm	σ , N/m	$\Delta\sigma$, N/m
1					
2					
3					
				$\sigma_{orta} =$	$\Delta\sigma =$

9.Ölçmələrin nəticələrini aşağıdakı formada yazın:

$$\sigma = \sigma_{cp} \pm \Delta\sigma \text{ (N/m)}.$$

15.4.Özünü yoxlama sualları:

1. Səthi gərilmə qüvvələrin təbiəti nədir?
2. Səthi gərilmə əmsalının vahidi nədir?
3. Kapilyar hadisələr necə yarahır? Təbiətdə bu hadisələrə misal göstərin, onlar praktikada necə istifadə olunur?
4. Kapilyar boruda mayenin qalxma yüksəklik dusturunu çıxarın.
5. Yaş şüşələr arasında bir birinə toxundurda əlavə qarşılıqlı qüvvə nədən yaranır?
6. Katetometr nə üçün istifadə olunur?

15.5. Təhlükəsizlik qaydaları

- 1.Ölçmələrdən əvvəl borular təmiz yuyulub və qurudmalıdır.
- 2.Şüşə cihazların birləşməsi və yerləşməsi zamanı onların sınma hallarına yol verməyin.

Ədəbiyyat:

- 1.Mühazirə materiallarından müvafiq mövzunu öyrənin
2. A.Əmiraslanov: "Fizikadan laboratoriya işləri".
3. Y.Nurullayev, R.İsmayılov Fizika kursundan laboratoriya işlərinə rəhbərlik-Bakı-2003. 80 səh.
4. R.Məmmədov "Mayələrdə səthi gərilmə və daxili sürtünmə hadisələri" Bakı 2007
5. Tahirov V.İ. Molekulyar fizika. Bakı, Elm, 1999, 257s.
6. Əhmədov F.A. Mexanika və molekulyar fizika. Bakı,BDU, 2005, 260 s.
7. Abaszadə A. Molekulyar fizika və istilik. Bakı, Maarif,1967, 346 s.
8. Кикоин А.К., Кикоин И.К. Молекулярная физика.Москва, Наука, 1976, 478 с.
9. Сивухин Д.В. Общий курс физики: Термодинамика и молекулярная физика. Москва, Наука, 2008, 551 с.
10. Матвеев А.Н. Молекулярная физика. Москва,Высшая школа, 2009, 356 с.

LABORATORİYA İŞİ № 16.

SUYUN XÜSUSİ İSTİLİK TUTUMUNUN ELEKTRİKKALORİMETR ÜSULU İLƏ TƏYİNİ

- **İşin məqsədi:** kalorimetrin su ekvivalentinin və suyun xüsusi istilik tutumunun təyini.
- **Cihaz və ləvazimat:** elektrik kalorimetri, termometr, voltmetr, ampermetr, birləşdirici məftillər, açar, naməlum maye, saniyəölçən, lupa.

16.1.Qısa nəzəri məlumat:

Daxili enerjisi üç halda dəyişir: 1) iş görüldükdə, 2) istilik mübadiləsində, 3) kütlə mübadiləsində. Birinci hal iş görülərkən sistemin enerjisinin dəyişməsinə ekvivalentdir. İkinci halda soyuq cismi isti cisim olan yerə qoyduqda (təxundurduqda) onlar arasında istilik mübadiləsi yaranır: isti cisim soyuyur, soyuq cisim isə qızır. Bu proses cisimlərin temperaturu bərabərləşənə qədər davam edir. İstilik mübadiləsi - istilikvermə üç üsulla yaranır: *istilikkeçirmə, konveksiya və şüalanma*. İstilik mübadiləsində olan cisimləri elə qabda yerləşdirirlər ki, onlara kənardan heç bir istilik müdaxilə etməsin. Belə qab *termostat* adlanır. Termoslatda yerləşdirilmiş cisimlərin temperaturu bir müddətdən sonra bərabərləşir. Bu temperatur *istilik tarazlığı* temperaturu adlanır, θ ilə işarə olunur. Tutaq ki, soyuq cismin ilk temperaturu T_1 , isti cismin ilk temperaturu T_2 -dir. Onda onların temperaturlarının dəyişməsi uyğun olaraq $(\theta - T_1) = \Delta T_1$, $(T_1 - \theta) = \Delta T_2$ olar. Təcrübə göstərir ki, eyni materialdan olan cisimlərin temperatur dəyişmələrinin nisbəti onların kütlələrinin tərs nisbətinə bərabərdir:

$$\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} = \frac{m_2}{m_1}$$

Müxtəlif materiallardan olan bərabər kütləli cisimlər eyni qabda, eyni zamanda qızdırıldıqda, onların temperaturlarının dəyişməsi müxtəlif olur. Buradan görünür ki, cisimlərin temperaturlarının dəyişməsi onların kütləsindən və materialından asılıdır:

$$\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} = \frac{C_2}{C_1} \text{ və ya } C_1 \Delta T_1 = C_2 \Delta T_2$$

Burada C - cismin *istilik tutumu*, onun vahid kütləyə düşən qiyməti *xüsusi istilik tutumu* (c ilə işarə olunur, $c = \frac{C}{m}$), $C \Delta T$ hasilı isə *istilik miqdarı* adlanır, Q ilə işarə olunur:

$$Q = C \Delta T = cm \Delta T \quad (6.6)$$

$$\text{İstilik miqdarı Coulla ölçülür, onda } C = \frac{Q}{\Delta T}, \quad c = \frac{Q}{m \Delta T}$$

$$\text{düsturlarından görünür ki, istilik tutumu } \frac{C}{K}, \text{ xüsusi istilik tutumu isə } \frac{C}{\text{kg} \cdot K} \text{ vahidləri}$$

ilə ölçüləcəkdir. Cisimlərin istilik tutumunu təyin etmək üçün istifadə olunan cihaz kalorimetr adlanır.

16.2.Eksperimental qurğunun təsviri və işin metodu:

Mayenin xüsusi istilik tutumunun təyini üçün kalorimetrik üsuldən də istifadə olunur: kalorimetr (ikidivərli qab) və onun içərisinə tökülmüş mayedən ibarət termodinamik sistemə müəyyən istilik miqdarı verilir. Nəticədə sistemin temperaturu artır. Bu hal üçün istilik balans tənliyi belə olar:

$$Q = mc \Delta T + W \Delta T + Q', \quad (16.1)$$

burada: Q – sistemə verilən istilik miqdarı, c – mayenin xüsusi istilik tutumu, m – mayenin kütləsi, W – kalorimetrin su ekvivalenti (kalorimetrin istilik tutumu kimi təyin olunur), ΔT – temperaturun dəyişməsi, Q' – istilik itgisidir.

Verilmiş işdə sistemə istilik miqdarı Coul- Lens qanununa əsasən, elektrik qızdırıcısı tərəfindən verilir:

$$Q = Iut, \quad (16.2)$$

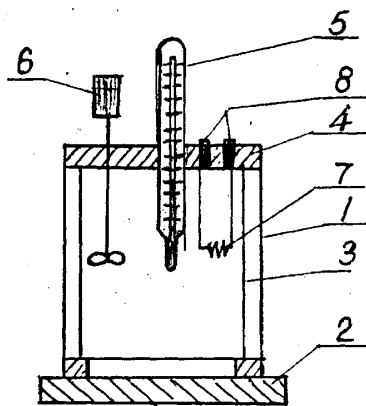
Burada U – gərginlik, I cərəyan şiddəti, t - zamandır.

16.3.Qurğunun təsviri və işin metodikası:

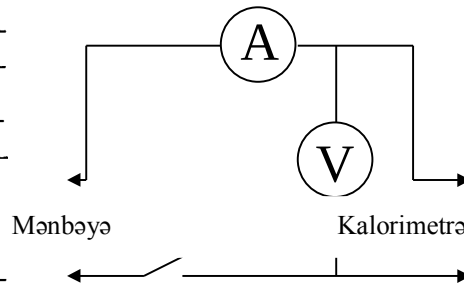
Digər kəmiyyətləri bilərək (16.1) ifadəsindən C istilik tutumunu təyin etmək olar.

Ölçmə iki dəfə aparılır: birinci dəfə məlum maye ilə aparılır : birinci dəfə kalorimetrimin su ekvivalenti təyin olunsun, ikinci dəfə naməlum mayenin istilik tutumunu təyin etmək üçün aparılır.

Elektrik kalorimetri (Şəkil 16.1.) daxili stəkandan-1, oturacaqdan -2, xarici ikinci stəkan -3, qapaqdan -4, termometrdən -5, qarışdırıcıdan -7, qızdırıcını işə salmaq üçün sıxaclardan -8 ibarətdir. Qızdırıcı 8 sıxacları vasitəsi ilə sxemdə göstərilən formada cərəyan mənbəyinə qoşulur (Şəkil 16.2).



Şəkil. 16.1.



Şəkil. 16.2.

(16.1) ifadəsindən istilik itgisinin hesablanması aşağıdakı kimi aparılır:

-maye azca (3-5 dərəcə) qızdırılır.

-su ekvivalentini və xüsusi istilik tutumunun təyini eyni şərtlər daxilində aparılır. Bu zaman istilik itgiləri hər iki halda eyni olacaqdır və onlar ekvivalentin hesablanmasında nəzərə alınır. Birinci halda:

$$J_1 U_1 t_1 = m_{su} c_{su} \Delta T_1 + W \Delta T_1, \quad (16.3)$$

buradan

$$W = (J_1 U_1 t_1 - m_{su} c_{su} \Delta T_1) / \Delta T_1 \quad (16.4)$$

burada c_s və m_s –suyun xüsusi istilik tutumu və kütləsidir.

İkinci hal üçün

$$J_2 U_2 t_2 = mc \Delta T_2 + W \Delta T_2, \quad (16.5)$$

buradan

$$c = \frac{J_2 U_2 t_2 - W \Delta T_2}{m \Delta T_2}, \quad (16.6)$$

c və m – naməlum mayenin xüsusi istilik tutumu və kütləsidir.

16.3.İşin icra alqoritmi

1. Qapaqla, oturacaq, termometr və qarışdırıcı ilə birlikdə içi boş kalorimetrimin m_0 kütləsini təyin edin. Ən azı 3 dəfə ölçüb orta qiymət götürmək lazımdır.
2. Kalorimetmə həcmnin 3/4 qədər su tökün. m_1 kütləsini təyin edin.
3. Termodinamik tarazlıq almaq üçün 5 dəqiqə hərdən bir qarışdırıcı ilə mayeni qarışdıraraq Lupadan istifadə edərək T_1 temperaturunu təyin edin.
4. Kalorimetri qurğuya qoşun, (mənbənin gərginliyi 42 V aşmasın). T_1 temperaturunu ölçün və həmin an saniyəölçəni işə salın və dövrəni qapayın. U_1 və I_1 qiymətlərini qeydə alın.

5. 7-8dəqiqə sonra dövrəni ayırın və saniyəölçəni dayandırın. t_1 . Təyin edin. T_1' temperaturunu təyin etməmişdən əvvəl mayeni hərdən qarışdıraraq 5 dəq gözləyin.
 6. Alınan rəqəmləri cədvələ yazın və W hesablayın.
 7. Suyu naməlum maye ilə vəz edərək, təcrübəni təkrar edin. Və alınan rəqəmləri cədvələ yazın.
- Qeyd:** Daha çox yayılmış mayelərin istilik tutumları suyun istilik tutumundan 2 dəfə kiçik olduğunu nəzərə alsaq, ikinci ölçmə zamanı zaman birinci ölçmədəkindən 2 dəfə kiçik götürülməlidir. $t_2 = t_1/2$, bu halda enerji itgiləri hər iki halda eyni olacaqdır.
8. (16.6) dusturu ilə C -ni hesablayın.
 9. Cihaz xətalari və ölçmə xətalari üçün dustur çıxarın. ΔW və Δc . Xətalari hesablayın.
 10. İş bitirdikdən sonra mayeni stəkandan boşaldın, mənbəni ayırın, kalorimetri yuyun, qapağı qoyun.

Cədvəl 16.1

m_1 (kq)	m_b (kq)	T_1 (°C)	T_1' (°C)	t_1 (s)	U_1 (V)	I_1 (A)	W (C/dərəcə)	ΔW (C/dərəcə)

Cədvəl 16.2

m_2 (kq)	m (kq)	T_2 (°C)	T_2' (°C)	t_2 (s)	U_2 (V)	I_2 (A)	c (C/Kkq)	Δc (C/Kkq)

Informasiya: otaq temperaturunda suyun xüsusi istilik tutumu $c_b = 4183$ (C/Kkq).

Ampermetrin bölgüsü.....0,025 A/bölgü., Voltmetrin bölgüsü (ölçü həddi3V) 0,04 V/bölgü.

16.4.Özünü yoxlama sualari:

- 1.Eyni şərtlər daxilində itginin eyni olduğunu göstərin.
2. İstilik tutumu, xüsusi istilik tutumu nədir?
- 3.Nə üçün qarışdırıcıdan istifadə edərkən, kalorimetri əldə tutmaq olmaz?
- 4.Coul Lens qanununu ifadə edin
5. Ampermetr və voltmetr dövrəyə necə qoşulur? Bu cihazlarla ölçmə necə aparılır?

16.5.Təhlükəsizlik qaydaları:

- 1.Müəllim icazəsi olmadan işə başlamayın.
- 2.Müəllimin icazəsi olmadan elektrik dövrəsini qoşmayın.
- 3.Mayeni qarışdırarkən kalorimetri əldə saxlamaq olmaz, bu ölçmədə xəta yaradacaqdır.
4. Qarışdırıcıdan istifadə edərkən, onu elə hərəkət etdirinki, termometrə toxunmasın.

Ədəbiyyat

- 1.Детлаф, А.А./ А.А. Детлаф, Б.М. Яворский. Курс физики: – М., 1979.
- 2.Савельев, И.В. Курс общей физики. Механика. Молекулярная физика и термодинамика/ И.В. Савельев. – М., 2003.
- 3.Mühazirə materiallarından müvafiq mövzunu öyrənin
- 4.Qocayev E.M., Ümumi fizika kursu, I hissə BAKI Çaşıoğlu, 1999-366 səh., II hissə, BAKI Ç.-2003-406 səh.,
5. Mehrabov A.O., Quliyeva C.Ə., Babayev Z.M., Fizika, texniki ali məktəblər üçün dərs vəsaiti- BAKI Çaşıoğlu, 2000, 680 səh.
- 6.Əliyev B.D., Həsənov Q.T., Ümumi fizika kursu. BAKI, Çaşıoğlu, 2005.
- 7.Y.Q.Nurullayev, R.F.Babayeva, M.M.Tağıyev, Fizika praktikumu. BAKI, Çaşıoğlu, 2003.
- 8.Т.И.Трофимова. Курс физики. М.: Высшая школа. 2003.

9. Əmiraslanov A. Ümumi fizikadan laboratoriya praktikumu. Maarif 1978
10. Xudaverdiyev H. Ümumi fizikadan laboratoriya məşğələlərinə rəhbərlik. Dərs vəsaiti. Maarif Bakı 1979. 53-X90, tiraj 5000.
11. Ümumi fizika kursuna dair laboratoriya işlərində xəta nəzəriyyəsi Metodik göstəriş. Sumqayıt 2001. 22 fevral 2001. prN02 tiraj 100
12. Ramazanzadə M.H. Fizikadan laboratoriya işlərinə rəhbərlik. Maarif. 1965
13. Əsgərov B. M. Termodinamika və statistik fizika. Bakı 2010, 605 səh. 11 aprel 2003, pr N273. BDU. Ə1604030000-07-658(07)-0100-2005 tiraj 1000.
14. Y. Nurullayev, R. İsmayılov Fizika kursundan laboratoriya işlərinə rəhbərlik-Bakı-2003. 80 səh.

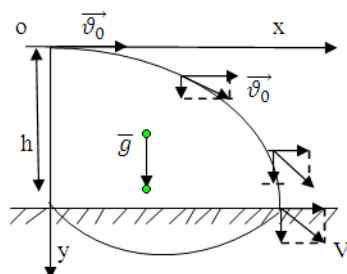
LABORATORİYA İŞİ № 17.

ÜFÜQİ ATILMIŞ CİSMİN SÜRƏTİNİN TƏYİNİ.

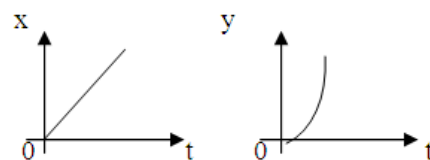
- **İşin məqsədi:** Ağırılıq qüvvəsi təsiri altında hərəkətin öyrənilməsi, üfüqi atılmış cismin başlanğıc və son sürətinin təyini
- **Cihaz və ləvazimat:** Yaylı tapança, mərmilər, ştativ, ölçü lenti.

17.2. Qısa nəzəriməlumat:

Müəyyən hündürlükdən başlanğıc sürətlə atılan cismin Ox oxu istiqamətində bərabərsürətli hərəkətdə, Oy oxu istiqamətində isə sərbəstdüşmə hərəkətində iştirak edir. Bu iki hərəkətin nəticəsində cisim parabolanın bir budağı üzrə hərəkət edir.



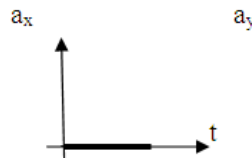
Şəkil 17.1



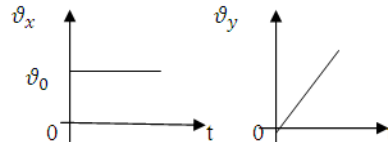
Şəkil 17.2

Belə hərəkətdə cismin koordinatlarının düsturları zamandan asılılıq qrafikləri.

$$x = L = v_0 t, \quad y = h - \frac{gt^2}{2}, \quad (17.1)$$



Şəkil 17.3.



Şəkil 17.4.

Təcilin koordinat oxları üzrə proyeksiyaları və zamandan asılılıq qrafikləri: $a_x=0$
 $a_y=g$

Sürətin üfüqi və şaquli toplananları və zamandan asılılıq qrafikləri:

$$v_x = v_0 = \text{const} - \text{sürətin üfüqi toplananı}$$

$$v_y = gt = \sqrt{2gh} - \text{sürətin şaquli toplananı}$$

Üfüqi atılmış cisim ağırlıq qüvvəsinin təsiri altında şaquli istiqamətdə bərabərtəcilli yeyinləşən hərəkət edir. İstənilən bərabər zaman fasiləsində cismin sürəti eyni qədər dəyişərsə, belə hərəkət bərabərtəcilli hərəkət adlanır.

$$a = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}$$

Burada $\vec{a}$ -cismin hərəkət təcili, $\vec{v}_0$ -cismin başlanğıc sürəti, $\vec{v}$ -istənilən tanındakı sürəti, $\vec{v} - \vec{v}_0$ isə t zaman müddətində sürətin dəyişməsidir. Bərabərtəcilli hərəkətdə təcil qiymət və istiqamətcə dəyişmir. $\vec{v}_0$ və $\vec{a}$ vektorları eyni istiqamətdə yönəldikdə hərəkət bərabəryeyinləşən, əksinə yönəldikdə isə bərabəryavaşayan adlanır. $\vec{v} = \vec{v}_{0x} + \vec{a}t$, $v_{0x} = 0$ olduqda hərəkət bərabəryeyinləşəndir: $\vec{v} = \vec{a}t$

Üfüqi atılmış cismin sürətinin üfüqi proyeksiyası- (sürətin bu proyeksiyası ağırlıq qüvvəsinin istiqamətinə perpendikulyar olduğuna görə qüvvə bu istiqamətdə sürətin qiymətini dəyişə bilmədiyüçün) üfüqi istiqamətdə cismin sürəti sabit qalır. Cismin üfüqi uçuş yolu $l = v \cdot t$, cismin h yüksəklikdən sərbəstdüşmə vaxtı

$$t = \sqrt{\frac{2g}{h}}, \text{ buradan } v = l \cdot \sqrt{\frac{2g}{2h}}$$

Cismin istənilən t anındakı sürətinin modulu:

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{v_0^2 + (gt)^2} = \sqrt{v_0^2 + 2gh} \quad (17.2.)$$

Cismin Yer səthindən olan h atılma hündürlüyü və Yerə düşmə müddəti (uçuş müddəti) aşağıdakı düsturla hesablanır.

$$h = \frac{gt^2}{2} \quad t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

Cismin düşmə müddəti t ancaq h hündürlüyündən asılıdır, v_0 - sürətindən isə asılı deyildir. Cismin l uçuş məsafəsi (və ya üfüqi istiqamətdə maksimum yerdəyişməsi) v_0

sürətindən və h hündürlüyündən asılıdır: $l = v_0 t = v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}} \quad (17.3.)$

Zərbə anında cismin sürəti və sürətin şaquli toplananı:

$$v = \frac{v_0}{\cos \alpha}; \quad v_y = v_0 = \text{tg } \alpha$$

α -sürətin üfüqlə əmələ gətirdiyi bucaqdır.

17.3. Qurğunun təsviri və işin metodikası

Ştativdə tutğac vasitəsi ilə tapancanı bərkidib, tapancanın lüləsini üfüqi vəziyyətə gətirin. Mərmə tapancanın lüləsində olan boşluğa yerləşdirilir, sıxılır. Nəticədə orada olan yay sıxılır. Mərmə üzərində olan fiksə edici yarıq tapancanın tıxacına keçir. Tapanca hər iki tərəfə atəş edə bildiyi üçün bir istiqamətdə onun mərmisi bərkidilir. Atəşin açılması üçün tapanca üzərində olun tətik sıxılır. Mərminin lüləsindən düşməyə qədər h məsafəsini təyin etmək

lazımdır. Döşəmədə mərminin ilk düşdüyü yerdən yüksəklik təyin olunan yerə kimi üfüqi uçuşməsafəsi ölçülür.

17.4.İşin icra alqoritmi:

- 1) Yaylı tapançanı ştativə bərkidib lüləsini üfüqi saxlayın, ştativə bərkidin.
- 2) Tapança lüləsinin döşəmədən olan yüksəkliyini tapın.
- 3) Mərmini atdıqdan sonra, onun üfüqi uçuş yolunu tapın.
- 2) Təcrübəni 4-5 dəfə təkrar edib, müxtəlif hündürlüklərdən atılmış cismin başlanğıc və son sürətini tapın.
- 5) Mütləq və nisbi xəta üçün ifadələr çıxarın
- 6) Alınmış nəticələr üçün mütləq və nisbi xətləri tapmalı.
- 7) Ölçmələri və nəticələri cədvəl tərtib edib ora yazın.

17.5. Özünüyoxlama sualları

1. Ağırlıq qüvvəsinin verdiyi təcil hansı istiqamətdə yönəlir?
2. Ağırlıq qüvvəsi nədən asılıdır?
3. Ağırlıq qüvvəsinin təsiri altında hərəkətlərin trayektoriyasının tənliyini yazın.
4. Üfüqi atılmış cismin son sürətinin üfüqlə əmələ gətirdiyi bucağı təyin edin.
5. Nə üçün üfüqi atılmış cismi düşmə müddəti onun başlanğıc sürətindən asılı deyil.

17.5. Təklükəsizlik qaydaları

1. Müəllimin icazəsi olmadan işə başlamayın
2. Yaylı tapançanın ştativə yaxşı bərkidilməsini yoxlayın
3. Tapançanın lüləsini boş hissəyə yönəldin.
4. Divara qədər 2-3m məsafə saxlayın
5. Atəş zamanı tapançanın tərpənməsinə imkan yaratmayın.
6. Ölçmələri bitirdikdən sonra cihazları əvvəlki yerinə yerləşdirin.

Ədəbiyyat:

1. Mühazirə materiallarından müvafiq mövzunu öyrənin
2. A.Əmiraslanov: "Fizikadan laboratoriya işləri".
3. Y.Nurullayev, R.İsmayılov Fizika kursundan laboratoriya işlərinə rəhbərlik-Bakı-2003. 80 səh.
4. Z.E.Rüstəмова, S.S.Rüstəmov, A.S.Rüstəmov "Fizika".
5. Qocayev E.M., Ümumi fizika kursu, I hissə BAKI Çaşıoğlu, 1999-366 səh., II hissə, Bakı Ç.-2003-406 səh., Optika- 15 aprel 2009 prN414 – 2009-624 səh – Q043-2009, Molekulyar fizika – 01 aprel 2008, 397 N pr. 433 səh,
6. Mehrabov A.O., Quliyeva C.Ə., Babayev Z.M., Fizika, texniki ali məktəblər üçün dərs vəsaiti- Bakı Çaşıoğlu, 2000, 680 səh.
7. Əliyev B.D., Həsənov Q.T., Ümumi fizika kursu. Bakı, Çaşıoğlu, 2005.
8. Y.Q.Nurullayev, R.F.Babayeva, M.M.Tağıyev, Fizika praktikumu. Bakı, Çaşıoğlu, 2003.
9. Т.И.Трофимова. Курс физики. М.: Высшая школа. 2003.
10. Ramazanzadə M.H. Fizikadan laboratoriya işlərinə rəhbərlik . Maarif. 1965

İşin hesabatını hazırlayıb növbəti laboratoriya məşğələsinə qədər təhvil verməyə təqdim edin.

LABORATORİYA İŞİ №18.

SÜRTÜNMƏ ƏMSALININ TƏYİNİ

- **İşin məqsədi:** sürtünmə qüvvəsinin təsiri altında hərəkəti öyrənmək, sürüşmə sürtünmə əmsalının təyini
- **Cihaz və ləvazimat:** sürtünmə əmsalı təyin olunacaq səth, cisimlərdəsti, blok, ip, tərəzi gözü, Tribometr, tərəzi gözü, çəki daşları və sürtünmə əmsalı təyin olunacaq düzbucaqlı formasında müxtəlif cisimlər. dinamometr

18.1. İşin nəzəri hissəsi.

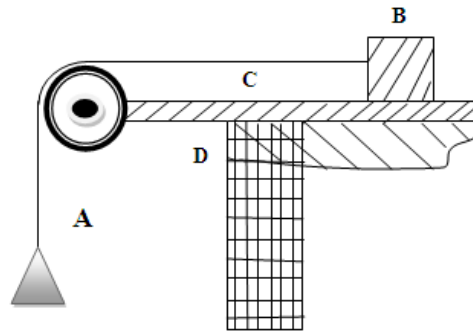
Bir cisim digər cisim üzərində hərəkət edərkən , yaxud sükunətdə olarkən onlar arasında əmələ gələn qüvvə sürtünmə qüvvəsi adlanır. Bu cür qüvvənin 3 növü vardır :

- 1) sürüşmə sürtünməsi 2) sükunət sürtünməsi 3) diyirlənmə sürtünməsi

Bir cisim digər cisim üzərində sürüşsə , meydana çıxan belə sürtünmə sürüşmə sürtünməsi adlanır. Səth üzərindəki cisim sükunətdə isə buna səbəb olan sürtünməyə sükunət sürtünməsi deyilir. Bir cisim digər cisim üzərində sürüşməyərək diyirlənmə , belə hərəkətdə meydana çıxan sürtünməyə diyirlənmə sürtünməsi deyilir.

18.2. Qurğunun təsviri və işin metodikası.

Sürüşmə sürtünməsini şəkil:18.1-də göstərilən qurğunun köməyi ilə təyin etmək olar.



Şəkil 18.1.

Stol üzərinə qoyulmuş B cismi hərəkət edərkən cisimlə müstəvinin toxunan səthi arasında sürtünmə qüvvəsi əmələ gətirir. B cisminin C səthi üzərində bərabərsürətli hərəkətini təmin etmək üçün tərəzi gözü (A) tədricən çəki daşları qoymaq lazımdır. B cisminin bərabərsürətli hərəkəti alındıqda A tərəzisi və ona qoyulan çəki daşlarının çəkisi elə səthlər arasında meydana çıxan sürtünmə qüvvəsinə bərabər olar. Təcrübə göstərir ki, B cisminin çəkisi böyük olduqda sürtünmə qüvvəsi də artır. Yəni, sürüşən cismin çəkisi və ya təzyiq qüvvəsi artdıqca sürtünmə qüvvəsi də onunla mütənasib olaraq artır. Sürüşmə sürtünməsi həmçinin sürtünən cisimlərin növündən və onların səthlərinin hamarlıq dərəcəsiindən asılıdır.

Sürtünmə qüvvəsi sürtünmə əmsalı ilə xarakterizə olunur. Sürtünmə qüvvəsinin təzyiq qüvvəsinə olan nisbəti sürtünmə əmsalı adlanır və “ μ ” ilə işarə olunur:

$$\mu = \frac{F}{P} \quad (18.1)$$

Burada F-sürtünmə qüvvəsi (Yəni, tərəzi gözü və ona qoyulmuş çəki daşlarının birlikdə çəkisi deməkdir. P-isə təzyiq qüvvəsi olub sürüşdürülən cismin çəkisinə bərabərdir.

18.3. İşin icra alqoritmi:

- 1) Sürtünmə əmsalı təyin olunacaq cismin çəkisini təyin edib , onu 1 müstəvi səthi üzərinə qoymalı.
- 2) Tərəzi gözünün yüksüz çəkisini təyin edib , onu ip vasitəsilə B cisminə birləşdirməli.
- 3) Tərəzi gözüne çəki daşları qoyaraq B cisminin bərabərsürətli hərəkətinə nail olmaq.

- 4) Sürtünmə qüvvəsinin tapılması üçün tərəzi gözüne qoyulmuş çəkidaşlarının (f_1) çəkisini tapmalı: $F=f_1+f_2$
- 5) Alınmış qiymətləri (1) ifadəsində yerinə yazaraq sürtünmə əmsalını hesablamalı.
- 6) B cismini dəyişərək müxtəlif cisimlər üçün sürtünmə əmsalının orta qiymətini, nisbi və mütləq xətalrı hesablamalı.

Tapşırıq:

1. Mail müstəvidə sürüşən cisim üçün Nyutonun ikinci qanununu tətbiq edin
2. Cismnin aşağı təcilli və bərabər sürətli hərəkətini araşdırın.
3. Mail müstəvidə cismnin aşağı bərabərsürtüli hərəkəti zamanı müstəvinin meyl bucağı ilə sürtünmə əmsalı arasında əlaqə tapın.
4. Aldığınız ifadədən istifadə etməklə sürtünmə əmsalını necə təyin etmək olar?

18.4. Özünüoxlama sualları

1. Sürtünmə qüvvəsi nədir? Yaranma səbəsi hansılardır?
2. Sürtünmənin növləri hansılardır?
3. İşdə bilavasitə və dolaylı ölçülən kəmiyyətlər hansılardır?
4. İşin mütləq və nisbi xətası necə təyin olunur?

18.5. Təhlükəsizlik qaydaları

1. Cihaz və ləvazimatları stol üzərində elə yerləşdirinki, onların düşmə halları olmasın.
2. Yükləri elə qoyunki, hərəkətin sürəti idarəolunan olsun.
3. İşləyərkən cisimlərin aşmamasına diqqət edin.

Ədəbiyyat:

1. Mühazirə materiallarından müvafiq mövzunu öyrənin
2. A. Əmiraslanov: "Fizikadan laboratoriya işləri".
3. Y. Nurullayev, R. İsmayilov Fizika kursundan laboratoriya işlərinə rəhbərlik-Bakı-2003. 80 səh.
4. Pənahov M.M., Ömərzadə T.M., Həmidov Ş.Q., Elektrostatika Bakı Kür- 2000 – 115
5. Qocayev E.M., Ümumi fizika kursu, I hissə BAKI Çarşıoğlu, 1999-366 səh., II hissə, Bakı Ç.-2003-406 səh., Optika- 15 aprel 2009 prN414 – 2009-624 səh – Q043-2009, Molekulyar fizika – 01 aprel 2008, 397 N pr. 433 səh,
6. Mehrabov A.O., Quliyeva C.Ə., Babayev Z.M., Fizika, texniki ali məktəblər üçün dərs vəsaiti- Bakı Çarşıoğlu, 2000, 680 səh.
7. Əliyev B.D., Həsənov Q.T., Ümumi fizika kursu. Bakı, Çarşıoğlu, 2005.
8. Y.Q. Nurullayev, R.F. Babayeva, M.M. Tağıyev, Fizika praktikumu. Bakı, Çarşıoğlu, 2003.
9. Т.И. Трофимова. Курс физики. М.: Высшая школа. 2003.
10. Mehrabov A. Ümumi fizika kursu - 2002 Çarşıoğlu
11. Əmiraslanov A. Ümumi fizikadan laboratoriya praktikumu. Maarif 1978
12. Xudaverdiyev H. Ümumi fizikadan laboratoriya məşğələlərinə rəhbərlik. Dərs vəsaiti. Maarif Bakı 1979. 53-X90, tiraj 5000.
13. Ümumi fizika kursuna dair laboratoriya işlərində xəta nəzəriyyəsi Metodik göstəriş. Sumqayıt 2001. 22 fevral 2001. prN02 tiraj 100
14. Ramazanzadə M.H. Fizikadan laboratoriya işlərinə rəhbərlik . Maarif. 1965
15. Əsgərov B. M. Termodinamika və statistik fizika. Bakı 2010, 605 səh. 11 aprel 2003, pr N273. BDU. Ə1604030000-07-658(07)-0100-2005 tiraj 1000.
16. Sadıxov F.S. Kvant mexanikasına giriş. Bakı 2003- I c. -296 səh., 2004-II cild -246 səh. Lizenziya AB 022062 -tiraj 1000
17. Д.В. Сивухин. Общий курс физики. Т.IV, V-1, V-2. М.: Высшая школа. 1987.
18. Волькенштейн В.С. сборник задач по общему курсу физики М. Наука 1979

İşin hesabatını hazırlayıb növbəti laboratoriya məşğələsinə qədər təhvil verməyə təqdim edin.

LABORATORİYA İŞİ № 19.

SUYUN SƏTHİ GƏRİLMƏ ƏMSALININ DAMCI ÜSULU İLƏ TƏYİNİ

- **İşin məqsədi:** Mayenin səthinin xassələrinin tədqiqi, səthi gərilmə əmsalının təyini
- **Cihaz və ləvazimat:** Aşağısında kranı olan və həcmə görə dərəcələnməmiş silindrik şüşə boru (buretka), su, qıf, stəkan, lupa, tərəzi və çəki daşları, pipekta, ştangerpərgar, damcılar yığmaq üçün tutum.

19.1.Qısa nəzəri məlumat.

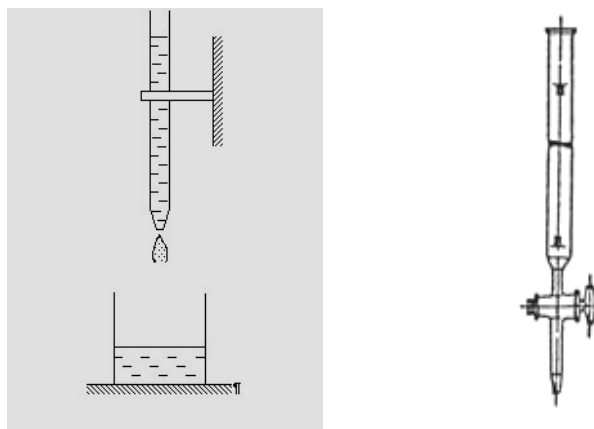
Mayenin səth təbəqəsi gərilmiş nazik elastiki pərdəyə oxşayır. Belə elastiki pərdə öz səthini həmişə kiçiltməyə çalışdığı kimi, maye də molekulyar qüvvələrin təsiri altında öz səthini kiçiltməyə çalışır. Mayenin səthinə toxunan olmaqla onun sərhəd xəttinə normal olaraq maye səthini gərən qüvvəyə səthi gərilmə qüvvəsi deyilir. Məlumdur ki, həcmələri eyni olan həndəsi cisimlərdən ən kiçik səthə malik olanı kürədir. Təcrübələr göstərir ki, maye damcılarla axarkən (damcıların çəkisi onu deformasiya etdirməyəcək dərəcədə kiçik olduqda) xarici qüvvələrin təsirindən azad olduqda sferik forma alır. Məsələn su ilə spirtin sıxlığa görə elə qarışığını almaq olar ki, içərisinə əlif yağı saldıqda yağ damcısı qarşılıqlı üzər və kürə şəklini alar. Bunun səbəbi səthi gərilmə qüvvələridir.

Tutaq ki, mayenin səth təbəqəsini kəsən l uzunluqda xəyali düz xətt çəkilmişdir. Səthi gərilmə qüvvəsinin təsiri ilə maye səthi bu xəttə perpendikulyar istiqamətdə hər tərəfdən dartılaraq kiçiltməyə çalışır. Buxətt uzun olduqda səthi gərilmə qüvvəsi də böyük olur. Mayenin səth təbəqəsini kəsən xətt əvəzinə səth təbəqəsini əhatə edən konturun uzunluğunu da götürmək olar. Onda bu kontura təsir edən səthi gərilmə qüvvəsi $F = \sigma l$ olacaq.

Burada , F -səthi gərilmə qüvvəsi, l -qüvvə tətbiq olunan konturun uzunluğu, σ -səthi gərilmə əmsalındır. Mayenin səth konturunun hər vahid uzunluğuna düşən səthi gərilmə qüvvəsi ilə xarakterizə olunan kəmiyyətə səthi gərilmə əmsalı deyilir. Səthi gərilmə əmsalının ölçü vahidi $\frac{N}{m}$ -dir. Temperatur artdıqca səthi gərilmə qüvvəsi azalır.

19.2. Qurğunun təsviri və işin metodikası

Bu işdə səthi gərilmə damcı metodu ilə təyin olunur. Bu etod stalagmetrik metod adlanır (stalagma –damcı, metron –ölçü). Müftası və tutğacı olan ştativə buratkanı bərkidirlər.



Şəkil 19.1

Şaquli vəziyyətdə qoyulmuş buretkadan maye yavaş-yavaş axarkən damcılar əmələ gəlir. Hər bir damcının ağırlıq qüvvəsi həmin mayenin səthi gərilmə qüvvəsinə bərabər olduqda damcı borudan qoparaq düşür. Mayenin temperaturu dəyişmədiyi halda düşən damcılarının çəkilişi təqribən bir-birinə bərabər olur. Bir damcının ağırlıq qüvvəsi P olsa, bu

damcının səth pərdəsinə təsir edən səthhi gərilmə qüvvəsi $F=2\pi r\sigma$ olar. Damcının qopma şərtinə görə $P=F$ olduğundan

$$P=2\pi r\sigma \quad (19.1)$$

düsturunu alırıq. Burada r - damcının qırıldığı yerdə daralmış boğazın radiusudur. (19.1) ifadəsinə əsasən səthi gərilmə əmsalını həm mütləq həm də nisbi üsulla təyin etmək olar.

$$1) \text{MÜTLƏQ ÜSUL. } P=2\pi r\sigma \text{ ifadəsindən alırıq: } \sigma = \frac{P}{2\pi r} = \frac{mg}{2\pi r} \quad (19.2)$$

Burada m -bir damcının kütləsidir. Bir damcının kütləsini tapmaq üçün 50-100 sayda damcını tərəziyə töküb kütləsini tapıb sonra, damcıların sayına bölmək lazımdır. r -i təyin etmək üçün okulyarı mikrometrlə təchiz edilmiş baxış borusundan istifadə edilir. Damcının qırılma anındakı r radiusu, borunun xarici R radiusu ilə əlaqələndirilir.

Divarın qalınlığı 1 mm olan borular (nazik şüşə) üçün $r=0,62R$ qəbul edilir. (19.2) düsturundan belə hesablanır:

$$\sigma = \frac{mg}{1,24 \pi R} \quad (19.3)$$

2) NİSBİ ÜSUL. Bu üsulla etalon mayeyə nəzərən ixtiyari mayenin səthi gərilmə əmsallarını tapmaq olar. Bu məqsədlə əvvəlcə eyni həcmdə, sonra isə tədqiq olunan mayenin büretkadan eyni sürətlə damcılamaq lazımdır. Fərz edək ki, büretkadan eyni sürətlə damcılamaq lazımdır. Fərz edək ki, büretkadakı a və b bölgüləri arasındakı həcm V , etalon mayenin verə biləcəyi damcıların sayı n və hər damcının kütləsi m olsun. V həcmdəki etalon mayenin çəkisi

$$V\rho_1 g = n_1 m_1 g$$

$$\rho_1 - \text{etalon mayenin sıxlığıdır. Bir damcının çəkisi } P_1 = m_1 g = \rho_1 V g / n_1 \quad (19.4)$$

Bunu (19.1) ilə müqayisə etsək alırıq:

$$2\pi r\sigma_1 = \rho_1 V g / n_1$$

$$\rho_1 V g$$

$$\sigma_1 = \frac{2\pi r n_1}{2\pi r n_1} \quad (19.5)$$

alırıq. Həmin qayda ilə eyni cihazda təcrübəni su ilə təkrar etsək yazmaq olar:

$$\rho_2 V g$$

$$\sigma_2 = \frac{\rho_2 V g}{2\pi r n_2} \quad (19.6)$$

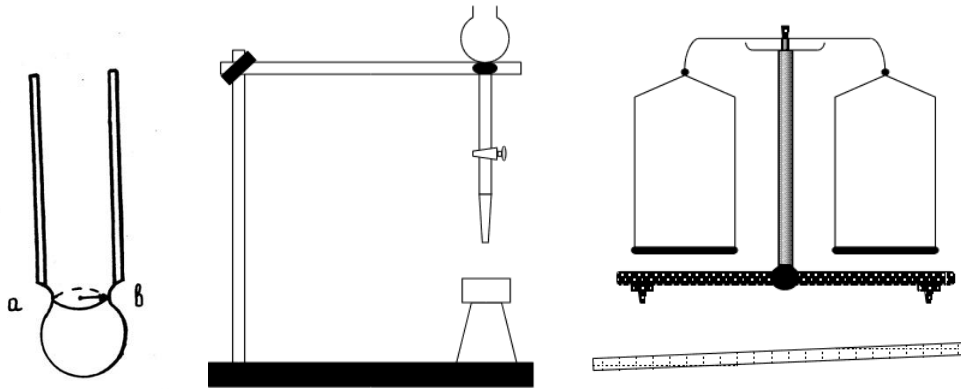
n_2 –suyun verdiyi damcının sayı, ρ_2 -suyun sıxlığıdır.

(19.6) ifadəsini (19.5) –yə bölərək σ_2 -ni tapırıq:

$$n_2 \rho_2$$

$$\sigma_2 = \sigma_1 \frac{n_2 \rho_2}{n_1 \rho_1} \quad (7)$$

n_1 və n_2 təcrübədən tapılır. ρ_1, ρ_2 və σ_1 isə cədvəldən götürülür.



Şəkil 19.2.

19.3. İşin icra alqoritmi:

- 1) Səthi gərilmə əmsalını mütləq üsulla təyin etmək üçün təmiz yuyulub , qurudulmuş stəkanın kütləsini dəqiq təyin etməli.
- 2) Büretkaya su töküüb. Stəkana 50-100 damcı yığmaq lazımdır.
- 3) Stəkani su ilə birlikdə çəkib, suyun kütləsini tapmalı.
- 4) Suyun kütləsini damcıların sayına bölərək bir damcının m kütləsini tapmalı.
- 5) Damcının qırıldığı anda boğazının r radiusunu baxış borusu ilə 5-6 dəfə ölçüb , orta qiyməti əldə etməli. Böyük dəqiqlik tələb olunmadıqda $r=0,62R$ götürmək olar.
- 6) r və m üçün tapılan qiymətləri (19.2) və ya (19.3) –də yazıb sonra σ -nı tapmalı.
- 7) Sonra mütləq və nisbi xətaləri hesablamaq. Təcrübəni 3-4 dəfə təkrar edib, orta qiymət tapmalı.
- 8) Səthi gərilmə əmsalını nisbi üsulla təyin edərkən büretkanı təmiz yuyub qurutduqdan sonra ona müəyyən səviyyə etalon maye töküüb, kranı tədricən açmaqla damcıların qərarlaşmış axınıni əldə etməli. Büretkada a səviyyəsindən b səviyyəsinə gələnə qədər axan damcılarının sayını (n_1) müəyyən etməli.
- 9) Büretkanı yenidən yuyub təmiz su ilə doldurmalı.
- 10) Yenə də a səviyyəsindən b səviyyəsinə gələnə qədər damcılarının sayını (n_2) tapmalı.
- 11) Hər iki maye üçün sıxlıqları (ρ_1 və ρ_2) etalon maye üçün σ_1 -i (uyğun temperaturda) cədvəldən götürülür.
- 12) Tapılan qiymətləri (19.7)-də yazıb σ_2 -ni tapmalı.
- 13) Təcrübəni eyni maye üçün 3-4 dəfə təkrar edib səthi gərilmə əmsalı üçün orta qiymət tapmalı və mütləq üsulla alınan nəticə ilə müqayisə etməli.
- 14) Təcrübənin mütləq və nisbi xətalərini hesablamaq.
- 15) Cədvəl tərtib edib, ölçmələri və nəticələri cədvələ yazın.

19.4. Özünüoxlama sualları

1. Səthi gərilmə nədir?
2. Səthi gərilmə qüvvəsinin yaranma səbədi nədir?
3. Səthi gərilmə əmsalı nəyi xarakterizə edir, nədən asılıdır?
4. Damcının qopma şərtini izah edin.
5. İşdə hansı kəmiyyətlər birbaşa, hansılardolayı ölçülür?
6. Kapilyar boruda mayenin səviyyəsinin dəyişməsinə ilə bağlıdır?
7. Səthi gərilmə hesabına ölçü cihazlarının göstərişlərində hansı düzəlişlər etmək lazım gəlir? Nümunə göstərin.
8. Kapilyar boru nədir və mayeyə daxil edilmiş kapilyar boprudə maye səviyyəsi necə dəyişir, bu nədən asılıdır?
9. Kapilyar boruda maye səviyyəsinin fərqi necə təyin olunur?
10. Bu ifadədən istifadə edərək mayenin səthi gərilmə əmsalını təyin etməyə çalışın əlaqədar olaraq sizə hansı avadanlıq lazım olacaq?
11. Nisbi və mütləq metodu fərqləndirin.

12.Nəticənin hesablanması nisbi və mütləq xəta üçün dustur çıxarın

19.5 Təhlükəsizlik qaydaları

- 1.Müəllimin icazəsi olmadan işə başlamayın.
- 2.Cihazı ştativə elə bərkidinki, sınma halı olmasın.
- 3.Kranı ehməlcə açıb bağlayın, sərt burduqda sına bilər.
- 4.Şüşə cihazlarla sınımaya qarşı ehtiyatlı olun.
- 5.Cihaz və avadanlığı stol üzərində elə yerləşdirinki, onların düşmə halı olmasın.
- 6.İş bitdikdən sonra cihazları silib- qurululayıb yerinə qoyun.

Ədəbiyyat:

- 1.Mühazirə materiallarından müvafiq mövzunu öyrənin
2. A.Əmiraslanov: "Fizikadan laboratoriya işləri".
3. Y.Nurullayev, R.İsmayılov Fizika kursundan laboratoriya işlərinə rəhbərlik-Bakı-2003. 80 səh.
- 4.R.Məmmədov "Mayelərdə səthi gərilmə və daxili sürtünmə hadisələri" Bakı 2007

İşin hesabatını hazırlayıb növbəti laboratoriya məşğələsinə qədər təhvil verməyə təqdim edin.

LABORATORİYA İŞİ №20.

YAYLI RƏQQAS VASİTƏSİİLƏ STATİK VƏ DİNAMİK ÜSULLA SƏRTLİK ƏMSALININ TƏYİNİ

- **İşin məqsədi:** cismin deformasiyasını öyrənmək, yayda elastik qüvvənin təsiri altında hərəkəti tədqiq edib, yayın sərtliyini müxtəlif üsullarla təyin etmək.
- **Cihaz və ləvazimat:** *Statik üsula aid olan ləvazimatlar:* yaylar və yüklər dəsti, ştativ, xətkəş; *Dinamik üsula aid olan ləvazimatlar:* yaylar və yüklər dəsti, ştativ, saniyəölçən

20.1. İşin nəzəri hissəsi.

Gərilmə deformasiyası zamanı yaranan elastiki qüvvə, deformasiya olunan cismin mütləq uzanması ilə mütənasibdir. Cismin deformasiyası zamanı əmələ gələn və cismin hissəciklərinin yerdəyişməsinin əks istiqamətində yönələn qüvvəyə *elastiki qüvvə* deyilir. Həmin qüvvə Huk qanununa görə ($k=F/x$) aşağıdakı düsturla təyin olunur:

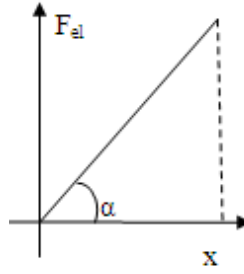
$$F_{el} = -kx.$$

Burada, k -elastiklik sabiti, yaxud yayın sərtliyi, x -cismin və ya yayın uzanmasıdır.

Sərtlik cismin hazırlandığı materialdan və cismin ölçülərindən asılıdır: $k = \frac{F}{x}$. BS-də vahidi $\frac{N}{m}$ -dir. Huk qanunu belə ifadə olunur: *Cismin deformasiyası zamanı meydana çıxmış elastiki qüvvə cismin və ya yayın uzanması ilə mütənasib olub, istiqamətcə cismi təşkil edən hissəciklərin deformasiyasında yerdəyişmənin əksinə yönəlir.*

Qrafikdən (şəkil20.1) görünür ki, k sərtlik sabiti, α bucağının tangensini göstərir.

Yəni, $k = \frac{F_{el}}{x} = tg\alpha.$



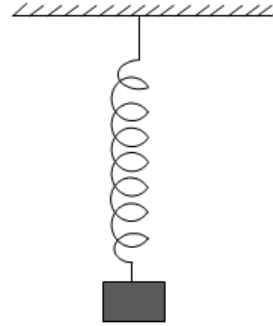
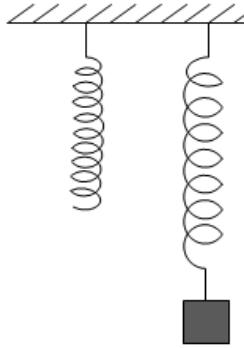
Şəkil 20.1.

$$F_{el} = -kx \quad (20.1)$$

$$P = k\Delta l \quad (20.2)$$

Burada P -cismın çəkisidir. Sonuncu bərabərliyin hər iki tərəfini S -sahəsinə bölək. Yəni, $\frac{P}{S} = \frac{k}{S} \Delta l$ (20.3) və ya $\frac{P}{S} = \frac{k l_0}{S} \frac{\Delta l}{l_0}$

Buradan $\frac{k l_0}{S} = E$, E -Yunq moduludur. Onda (3)-ü aşağıdakı kimi yazmaq olar:



$$\sigma = \frac{P}{S} = E \frac{\Delta l}{l_0}.$$

σ -yayın sərtliyi adlanır. Buradan da çıxır ki, $\sigma = E \frac{\Delta l}{l_0}$

$\frac{\Delta l}{l_0} = \frac{\sigma}{E}$ və ya $\frac{\Delta l}{l_0} = \frac{1}{E} \cdot \frac{P}{S}$ olur. Burada $\frac{\Delta l}{l_0}$ - nisbi uzanma adlanır.

Deməli, elastiklik çərvəsində nisbi uzanma ($\frac{\Delta l}{l_0}$) yayın gərginliyi (σ) ilə mütənasibdir.

Əgər $\Delta l = l_0$ olarsa onda $1 = \frac{1}{E} \cdot \frac{P}{S}$ $E = \frac{P}{S} = \sigma$ olardı. Yəni, Yunq modulu gərginliyə bərabər olardı.

Bundan sonra yaydan asılmış yükün gərilməsini ölçərək sərtlik əmsalını tapmaq olar:

$$F = P = mg \quad k = \frac{P}{\Delta l} = \frac{mg}{\Delta l} \quad (20.4)$$

Bu üsullar sərtlik əmsalının tapılması üçün statik üsullardır.

20.2. Qurğunun təsviri və işin metodikası

Ştativə yayı bərkidib, dayanıqlığını yoxlayın. Yaydan asılmış cisim ağırlıq qüvvəsinin nəticəsində yayda elastik qüvvə yaradacaqdır. Cisim tarazlıqda qalanda dinamikanın birinci qanuna görə qüvvələrin kompensasiyası yaranacaqdır. Rəqsi hərəkətə gəldikdə isə yaylı rəqqas kimi müəyən perioda malik olacaqdır. Kiçik rəqslərdə rəqsləri harmonic qəbul, edib periodunu hesablamaq olar.

Sərtlik əmsalının tapılmasının dinamik üsulu aşağıdakı kimidir:

İşdə yaydan asılmış rəqqasın sönməyən məxsusi rəqslərinə baxılır.

Havada rəqslərin kiçik sayda, onları sönməyən qəbul etmək olar. Bu halda rəqslərin

tənliyi $m \frac{d^2 x}{dt^2} + kx = 0$ və ya $F = -kx$ olar. k -yayın sərtlik əmsalıdır.

Rəqsi hərəkətdə təcilin anı qiyməti $a = \omega^2 x$ olduğunu nəzərə alsaq $\omega^2 = \frac{k}{m}$ olar.

Buradan da $k = \frac{4\pi^2 m}{T^2}$ (20.5) alırıq.

20.3. İşin icra alqoritmi:

Dinamik üsulla yayın sərtliyinin təyini-işin ardıcılığı:

- 1) Verilmiş yayı ştativə bərkidin;
- 2) Yük dəstəyindən yük götürərək yaya bərkidib 10-15 rəqsə sərf olunan zamanı tapın;
- 3) Rəqs periodunu hesablayaraq, yayın sərtliyini (5) düsturu ilə tapın;
- 4) Təcrübəni 4-5 dəfə təkrar edib, nisbi və mütləq xətalara hesablayın.

Statik üsulla yayın sərtliyinin təyini- işin ardıcılığı:

- 1) Yay ştativə bərkidib sərbəst halda l0 uzunluğunu təyin edin;
- 2) Yüklər dəstindən götürülmüş yükləri yaydan asaraq, hər dəfə yay son uzunluğunu təyin edin;
- 3) Aparılan təcrübələrdə mütləq uzanmanı taparaq, sərtlik əmsalını (4) düsturu ilə təyin edin;
- 4) Təcrübəni 4-5 dəfə təkrar edib nisbi və mütləq xətalara hesablayın.

20.4.Özünüyoxlama sualları

- 1.Eləstik qüvvənin təbiəti nədir?
- 2.Rəqs nəyə deyilir?
- 3.Yaylı rəqqasın periodunun düsturunu çıxarın
- 4.Dinamik və statik metodun mahiyyəti nədir?

20.5.Təhlükəsizlik qaydaları

1. Cizimləri elə yerləşdirinki düşmə halları olmasın.
2. Rəqs zamanı amplitudun kiçik olmasına fikir verin: rəqqas (yük) sıçrayıb düşməsin.
3. Ştativi elə yerdə bərkidinki, rəqslərin icrasına mane olmasın.

Ədəbiyyat:

1. Mühazirə materiallarından müvafiq mövzunu öyrənin
2. Y.Nurullayev, R.İsmayılov Fizika kursundan laboratoriya işlərinə rəhbərlik-Bakı-2003. 80 səh.
- 3.Qocayev E.M., Ümumi fizika kursu, I hissə BAKI Çarşıoğlu, 1999-366 səh., II hissə, BAKI Ç.-2003-406 səh.,
4. Mehrabov A.O., Quliyeva C.Ə., Babayev Z.M., Fizika, texniki ali məktəblər üçün dərs vəsaiti- Bakı Çarşıoğlu, 2000, 680 səh.
- 5.Y.Q.Nurullayev, R.F.Babayeva, M.M.Tağıyev, Fizika praktikumu. Bakı, Çarşıoğlu, 2003.
- 6.Т.И.Трофимова. Курс физики. М.: Высшая школа. 2003.
7. Mehrabov A. Ümumi fizika kursu - 2002 Çarşıoğlu
8. Əmiraslanov A. Ümumi fizikadan laboratoriya praktikumu. Maarif 1978
- 9.Xudaverdiyev H. Ümumi fizikadan laboratoriya məşğələlərinə rəhbərlik. Dərs vəsaiti. Maarif Bakı 1979. 53-X90, tiraj 5000.
10. Ümumi fizika kursuna dair laboratoriya işlərində xəta nəzəriyyəsi Metodik göstəriş. Sumqayıt 2001. 22 fevral 2001. prN02 tiraj 100
- 11.RamazanzadəM.H. Fizikadan laboratoriya işlərinə rəhbərlik . Maarif. 1965

İşin hesabatını hazırlayıb növbəti laboratoriya məşğələsinə qədər təhvil verməyə təqdim edin.

LABORATORİYA İŞİ N 21.

AVQUST PSİXROMETRİ VASİTƏSİ İLƏ HAVANIN NİSBİ RÜTUBƏTİNİN TƏYİNİ

- **İşin məqsədi:** doymuş və doymamış buxarın xassələrini öyrənmək, havanın nisbi və mütləq rütubət anlayışları, onların təyin olunması
- **Cihaz vələvazimat:** Avqust psixrometri, barometr, saniyəölçən, termometr, doymuş su buxarının təzyiqinin vəsıxlığının temperaturdan asılılıq cədvəli, psixrometrik cədvəl.

21.1.Qısa nəzəri məlumat:

Mayenin səthindən molekulların çıxması buxarlanma, buxarın mayeyə çevrilməsi isə kondensasiya adlanır. İstilik hərəkətinin enerjisi böyük olan molekul mayenin səthinə çıxır və onun səthini tərk edir. Bu zaman molekul maye daxilindəki başqa molekullarla qarşılıqlı təsir və səthi gərilmə qüvvələrinə qarşı iş görür. Bu iş çıxış işi adlanır. Ədədi qiymətcə bu işə bərabər kinetik enerjiyə malik olan molekul öz mayesi ilə əlaqəsini kəsir, xaricə çıxır və onun səthi yaxınlığında dayanır. Oradan uzaqlaşmaq üçün də molekul iş görməlidir. Deməli, molekulun mayeni tərk edərək onun səthindən uzaqlaşması üçün kinetik enerjisi çıxış işindən böyük olmalıdır. Buradan görünür ki, mayenin buxarlanması zamanı hər bir çıxan molekul mayenin daxili enerjisini ən azı çıxış işi qədər azaldır. Ona görə də buxarlanma zamanı maye soyuyur. Mayenin buxarlanma intensivliyi onun növdən, açıq səthinin sahəsindən, mayenin səthinə düşən təzyiqdən, maye səthindəki qaz (buxar) axınının sürətindən və mayenin temperaturundan asılıdır. Buxarlanma intensivliyini təyin edən şərtlər sabit qalarsa verilmiş müddətdə mayeni tərk edən molekulların sayı da sabit qalacaqdır. Temperaturu sabit saxlamaq üçün mayeyə kənardan istilik vermək lazımdır. Sabit temperaturda 1 kq mayeni buxara çevirmək üçün mayeyə verilən istilik miqdarına ədədi qiymətcə bərabər olan kəmiyyətə xüsusi buxarlanma istiliyi deyilir. Bu şəraitdə mayenin bütün kütləsini buxara çevirmək üçün lazım olan istilik miqdarı buxarlanma istiliyi adlanır. Mayedəki molekulların sayı N , onların çıxış işi A_C olarsa, mayeni tamamilə buxarlandırmaq üçün ona ən azı NA_C qədər istilik miqdarı vermək lazımdır. Buxarlanma istiliyini tapmaq üçün bu işə buxarın genişləndiyi zaman gördüyü işi də $(P\Delta V)$ əlavə etmək lazımdır. Beləliklə, buxarlanma istiliyini aşağıdakı düsturla hesablamaq olar:

$$Q = NA_C + P(V_b - V_m) \quad (21.1)$$

Burada P -buxarlanma yaranan təzyiq, V_b -buxarın, V_m -mayenin həcmidir.

Bu ifadədən buxarlanma istiliyinin mayenin səthindəki təzyiqdən asılılığı görünür.

Qeyd etdik ki, molekulun mayedən çıxış işi mayedaxili qarşılıqlı təsir və səthi gərilmə enerjilərinin cəminə bərabər olan kəmiyyətdir. Təcrübədən buxarlanma istilik miqdarını, doyma halına qədər buxarın təzyiqini, onun və mayenin həcmi taparaq mayələrin hal funksiyaları və qarşılıqlı təsirin xarakteri haqqında məlumat əldə etmək olar.

Buxarlanan mayenin səthi bağlı olarsa bir müddətdən sonra mayenin həcmi dəyişməyəcəkdir. Bu o demək deyildir ki, buxarlanma yoxdur. Buxarlanma davam edir, lakin mayedən çıxan molekulların sayı ona qayıdan molekulların sayına bərabər olur, yəni maye ilə buxar arasında dinamik tarazlıq yaranır. Öz mayesi ilə dinamik tarazlıqda olan buxar doymuş buxar adlanır. Molekullar mayedən çıxdıqda nə qədər enerji aparmışsa, mayeyə qayıtdıqda da həmin qədər enerji gətirir. Ona görə də dinamik tarazlıq halında mayenin temperaturu sabit qalır. Doymuş buxar öz mayesi ilə ikifazlı sistem yaradır. Doymuş buxarın təzyiqi bu ikifazlı sistemin temperaturundan asılı olur, ancaq həcmdən asılı deyildir. Temperatur artdıqda doymuş buxarın təzyiqinin kəskin artması (ideal qazlardan fərqli olaraq) konsentrasiyanın kəskin artması ilə izah olunur.

Doymuş buxarın təzyiqinin temperatur asılılığını riyazi göstərmək üçün (21.1) tənliyinin hər tərəfini Q -yə bölək. Onda alırıq

$$1 = \frac{NA_c}{Q} + \frac{P(V_b - V_m)}{Q} \quad (21.2)$$

Doymuş buxar və mayedən ibarət ikifazlı sistemə Karno siklini tətbiq edək. Qəbul edək ki, qızdırıcının və soyuducunun temperaturları bir-birindən çox az fərqlənir. Onda təzyiqin də dəyişməsinə çox az götürmək olar. Bu halda (21.2) düsturunda $\frac{NA_c}{Q} = \frac{T_2}{T_1}$ və

$P \rightarrow \Delta P$ yazaraq, alırıq

$$1 = \frac{T_2}{T_1} + \frac{P(V_b - V_m)}{Q} \quad (21.3)$$

Burada Q -buxarlanma istiliyi olub, mayenin kütləsi ilə mütənasibdir

$$Q = Lm \quad (21.4)$$

L - xüsusi buxarlanma istiliyi adlanır və ədədi qiymətcə sabit temperaturda 1 kq mayeni buxara çevirmək üçün lazım olan istilik miqdarına bərabərdir, (21.4) düsturunu

(21.3)-də yerinə yazıb, $\frac{V_b - V_m}{m} = v_B - v_m$ (buxarın və mayenin

xüsusi həcmələri) işarələməsinə qəbul etsək (21.3) düsturu aşağıdakı şəkildə olar:

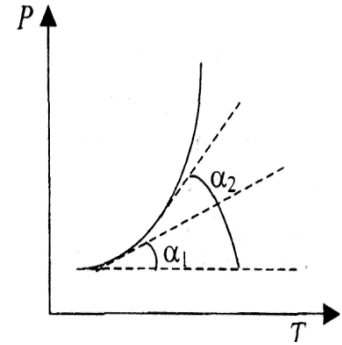
$$1 = \frac{T_2}{T_1} + \frac{\Delta P(v_B - v_m)}{L}$$

Bu düsturda $\Delta T = T_2 - T_1$ olduğunu nəzərə alsaq

$$\frac{\Delta T}{T_1} = \frac{\Delta P(v_B - v_m)}{L}$$

olar. Buradan

$$\frac{dP_B}{dT_B} = \frac{L}{T_B(v_B - v_m)} \quad (21.5)$$



alınar. Bu ifadə Klaperyon-Klauzius tənliyi adlanır. Tənliyin sol tərəfi doymuş buxarın təzyiqinin temperaturdan asılılığının bucaq əmsalını göstərir. Bu əmsal ilk baxışda (21.5) düsturuna görə T ilə tərs mütənasibdir. Ancaq nəzərə almaq lazımdır ki, temperatur artdıqca doymuş buxarın konsentrasiyası o qədər artır ki, onun xüsusi həcmi kəskin azalır və ona görə də kəsrin qiyməti temperatur yüksəldikcə artır. Görürük ki, Klaperyon-Klauzius düsturu doymuş buxarın təzyiqinin temperaturdan asılılığını araşdırmağa imkan verir. Doymuş buxarın təzyiqi maye səthinin ayrılıyından da asılıdır. Bu onunla izah olunur ki, qabarıq və çökük səthlər altında olan maye molekullarının mayedən çıxış işləri müxtəlif olur. Qabarıq səthin təpəsində olan molekulun qarşılıqlı təsir dairəsində olan molekulların sayı az, çökük səthin aşağı nöqtəsində olan molekulun qarşılıqlı təsir dairəsində olan molekulların sayı çox olur (mərkəzləri bir-birindən r məsafədə olan iki r radiuslu çevrələrin ayırdıqları sahələr eyni deyildir. Qabarıq səthlərlə əhatə olunmuş sahə, yəni ortada qalan sahə kənarlarda qalan sahədən kiçikdir). Ona görə də qabarıq səth altında olan molekulun çıxış işi çökük səth altında olan molekulun çıxış işindən az olacaqdır. Odur ki, qabarıq səthdən buxarlanan molekulların sayı çox olacaq və buna uyğun doymuş buxarın təzyiqi də böyük olacaqdır. Beləliklə söyləmək olar ki, islatmayan mayenin doymuş buxarının təzyiqi böyük, isladan mayenin doymuş buxarının təzyiqi isə kiçik olur. İfrat doymuş buxarın alınması doymuş buxarın təzyiqinin səthinin ayrılıyından asılılığı ilə izah olunur.

Mayenin səthində və daxilindəki qabarcıqlarda intensiv buxarlanma qaynama adlanır. Bu zaman qabarcıqların daxilindəki doymuş buxarın təzyiqi mayenin səthinə düşən təzyiqə bərabər və ondan böyük olur. Maye daxilində həmişə həll olmuş qaz (məsələn, hava) olur.

Həll olmuş qaz maye daxilində kiçik qabarcıqlardan ibarətdir. Mayeni qızdırdıqda qabarcıqların səthindən onların daxilində maye buxarlanır, qabarcığın daxilində maye molekulalarının konsentrasiyası artır, yəni təzyiqi yüksəlir və uyğun olaraq həcmi genişlənir. Qabarcığa təsir edən Arximed qüvvəsi artır və qabarcıq mayenin səthinə qalxır. Qabarcığın daxilindəki doymuş buxarın təzyiqi mayenin səthinə düşən təzyiqdən böyük olduqda qabarcıqlar mayenin səthində partlayırlar. Onların daxilindəki buxar çölə çıxır və beləliklə, mayenin həm səthində, həm də daxilində intensiv buxarlanma yaranır, yəni maye qaynayır. Maye qabarcığı səthə doğru hərəkət etdikcə maye sütununun qabarcığa göstərdiyi hidrostatik təzyiq azalır, ona görə də qabarcığın həcmi daha da genişlənir, onun daxili səthindən buxarlanma intensivliyi daha da artır.

Mayenin səthindən h dərinlikdə olan qabarcığın daxili təzyiqi üç təzyiqin - mayenin səthindəki P_o , maye səthinin hidrostatik təzyiqinin P_h və sfera formasında olan səthinin yaratdığı təzyiqin ΔP cəmindən ibarət olur:

$$P = P_o + P_h + \Delta P \quad (21.6)$$

Burada $\Delta P = \frac{2\sigma}{r}$ olub, r radiuslu sferik qabarcığın səthi gərilmə hesabına yaratdığı təzyiqdir. Bu təzyiq qabarcığın radiusu artdıqca azalır və mayenin səthinə çıxan qabarcıqlar üçün kiçik olur. Su üçün bu təzyiqləri müqayisə edək. Suyun sıxlığı 10^3 kq/m^3 , səthi gərilmə əmsalı $7,3 \cdot 10^{-2} \text{ N/m}$, sərbəst düşmə təcili 10 m/san^2 -dir. Tutaq ki, açıq qabda su adi şəraitdədir. Onun səthinə hava atmosferi təzyiq göstərir, yəni $P_o = 1 \text{ atm} = 10^5 \text{ Pa}$ -dir. Fərz edək ki, qabarcıq suyun səthindən $0,1 \text{ m}$ dərinlikdədir. Ona təsir edən hidrostatik təzyiq $P_h = \rho gh = 10^3 \cdot 10 \cdot 0,1 = 10^3 \text{ Pa}$ olur. Qabarcığın radiusu $1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m}$ olarsa, $\Delta P = \frac{2\sigma}{r} = \frac{2 \cdot 7,3 \cdot 10^{-2}}{10^{-3}} = 146 \text{ Pa}$ olar. Bu misal göstərir ki, qabarcığın radiusu böyük olduqca onun səthinin yaratdığı əlavə təzyiqi nəzərə almamaq olar. Əgər qabarcığın radiusu $r = 1 \text{ mk} = 10^{-6} \text{ m}$ olarsa $\Delta P = 1,46 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, yəni əyri səthin yaratdığı təzyiq atmosfer təzyiqindən təqribən 1,5 dəfə böyük olur.

Qabarcığın daxili təzyiqi göstərilən təzyiqlərin cəmindən kiçik olarsa o, sıxılaraq partlayır və içindəki qaz (buxar) mayeyə çevrilir. Ona görə də kiçik radiuslu qabarcıqlar olan mayədə ΔP əlavə təzyiq praktik olaraq olmur və qaynama aşağı temperaturalarda baş verir. Qabarcıqları olmayan və ya qabarcıqlarının radiusu çox kiçik olan mayələrin qaynaması üçün onların temperaturu daha yüksək olmalıdır. Belə mayenin temperaturu qaynama temperaturundan yüksək olmasına baxmayaraq qaynama hələ baş vermir. Belə maye ifrat qızmış maye adlanır. Mayenin ifrat qızmış halında onun daxilində buxar əmələ gəlmə mərkəzi (məsələn, toz) düşərsə, maye həmin anda yüksək intensivliklə qaynamağa başlayır. Bu səbəbdən qaynamış suyu yenidən qaynatdıqda qaynama daha yüksək temperaturda yaranır.

Yuxarıdakı misal göstərdi ki, hidrostatik təzyiq də çox dərin olmayan qablarda atmosfer təzyiqindən (baxdığımız misalda 100 dəfə) kiçik olur. Odur ki, bu təzyiqi də nəzərə almamaq olar. Beləliklə, qaynama şərti olaraq $P \geq P_o$ qəbul olunur, yəni qabarcığın daxili təzyiqi mayenin açıq səthinə düşən təzyiqdən böyük və bərabər olduqda qaynama başlayır. Bu təzyiqlərin bərabərliyinə uyğun temperatur qaynama temperaturu adlanır. Buradan görünür ki, qaynama temperaturu xarici təzyiqdən asılıdır: xarici təzyiq çox olduqda qaynama temperaturu yüksək, kiçik olduqda - aşağı olur. Yer səthindən yuxarı qalxdıqca barometrik düsturuna görə təzyiq azalır. Ona görə də atmosferin yuxarı qatlarında qaynama temperaturu aşağı düşür.

Mütləq rütubət 1 m^3 həcmdə olan su buxarının miqdarı başa düşülür: s_y buxarının sıxlığıdır. β ilə işarə edək, vahidi q/m^3 olar.

Nisbi rütubət verilmiş temperaturda doymamış su buxarının təzyiqinin (sıxlığının), həmin temperaturda doymuş su buxarının təzyiqinə (sıxlığına) nisbəti kimi hesablanır.

$$\varphi = \beta/\beta_{\text{doym}} \quad (21.7)$$

və ya

$$\varphi = (\beta/\beta_{\text{doym}}) 100\% \quad (21.8)$$

Nisbi rütubət havadakı su buxarının doyma dərəcəsini xarakterizə edir. Doymuş buxarın yəni öz mayesi ilə dinamik tarazlıqda olan buxarın təzyiqi, sıxlığı yalnız temperaturdan asılıdır. Asılılıq əlavələrdə verilmişdir. Cədvəldən görünürki, temperatur artdıqca, buxarın təzyiqi sürətlə artır. uyğun olaraq temperatur artdıqca nisbi rütubət daha da aşağı düşür, azalır. Doymamış buxarın β sıxlığı temperaturdan asılı deyil. Nisbi rütubət 0 dan 100%-dək dəyişə bilər.

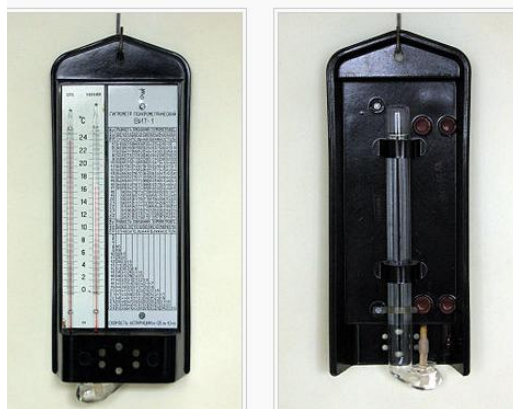
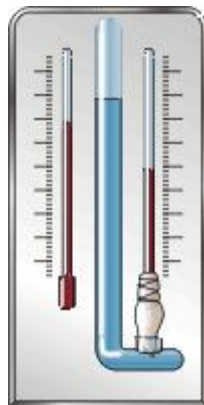
21.2. Qurğunun təsviri və işin metodikası.

Nisbi rütubəti təyin edən psixrometr iki termometrdən ibarətdir. Onların birinin rezervuarı yaş tənzif burunərk nəm saxlanılır. Həmişə buxarlanma olduğundan nəm termometrin göstərişi quru termometrin göstərişindən az göstərir. Termometrlərin göstərişləri fərqi və psixrometrik cədvəldən istifadə edərək nisbi rütubət təyin edilir.

21.2.İşin icra alqoritmi.

- 1.Otaq temperaturda termometrdən quru termometrin göstərişi təyin edilir.
- 2.Psixrometrdən nəm termometrin göstərişi götürülür. Bu zaman termometrin rezervuarının nəm olmasına diqqət yetirilməlidir.

$$3. \rho_{\text{n}} = \frac{\varphi \rho_{\text{H}}}{100\%} \text{ ilə otaqda doymamış buxarın sıxlığını təyin edin.}$$



Şəkil 21.1.

Tapşırıq:

- 1.Otağın sxemini şəkin, 3 müxtəlif yerdə nisbi rütubəti təyin edin.
- 2.Olduğunuz mərtəbənin sxemini şəkin. Dəhlizdə və boş otaqlarda nisbi rütubəti təyin edin.
- 3.Alınan qiymətlərin nədən fərqli olduğunu izah etməyə çalışın.
- 4.Aldığınız qiyməti bu gün üçün hava məlumatı ilə müqayisə edin. Fərqi izah edin.
- 5.Laboratoriya otağında nisbi rütubət üçün aldığınız qiymət boş auditoriyada apardığınız ölçmə qiymətindən necə fərqlənir? Niyə?
- 6.Apardığınız təcrübə müddətində otaqda və dəhlizdə mütləq rütubəti qiymətləndirin.
- 7.İşdə aldığınız nəticələri istifadə edərək, nisbi xətanın $\Delta\varphi = 10\%$ dəyişməsi zamanı auditoriyada havada olan su buxarının kütlə fərqi təyin edin.
8. Otağın və dəhlizin temperatur-nəmlik rejimini təyin edin.
9. Ölçmələri cədvələ yazın
- 10.Birbaşa ölçmələr üçün mütləq xətanı hesablayın

$$\Delta t = \Delta_{\text{n}} t + \Delta_{\text{o}} t.$$

~ 106 ~

11. Birbaşa ölçmələrin (temperatur) nisbi xətasını təyin edin.- ε_t

$$\varepsilon_t = \frac{\Delta t}{t}.$$

12. Nəticələri aşağıdakı formada yazın:

$$t = (t \pm \Delta t) ^\circ\text{C}; \quad \varepsilon_t = \quad \%$$

Cədvəl-21.1

tN	$t_1, ^\circ\text{C}$	$t_2, ^\circ\text{C}$	$t_1 - t_2, ^\circ\text{C}$	$\varphi, \%$	$\rho_b, \text{q/m}^3$
1					
2					
3					

Cədvəl 21.2. Otağın temperatur nəmlik rejiminin klassifikasiyası

Otağın rejim xarakteristikası	Daxili havanın parametrləri		
	Temperatura, $^\circ\text{C}$	Nisbi rütubət, %	Buxarın parsial təzyiqi, kPa
Quru, aşağı normal yüksək temperaturla:	12 -ə qədər 12-dən 24-dək 24 və yüksək	60-dək 50-dək 40-dək	0,7-dək 0,7-dən 1,5-dək 1,5-dən yüksək
Normal, aşağı normal yüksək temperaturla:	12 -ə qədər 12-dən 24-dək 24 və yüksək	60-dən 75-dək 50-dən 60-dək 40-dən 50-dək	0,84-dək 0,84-dən 1,8-dək 1,8-dən yüksək
Rütubətli, aşağı normal yüksək temperaturla:	12 -ə qədər 12-dən 24-dək 24 və yüksək	75 -dən yüksək 60-dən 75-dək 50-dən 60-dək	1,05-dək 1,05-dən 2,23-dək 2,23-dək
Nəm, aşağı normal yüksək temperaturla:	12 -ə qədər 12-dən 24-dək 24 və yüksək	85 və daha yüksək 75-dən 85-dək 60-dən 75-dək	1,18-dək 1,18-dən 2,38-dək 2,38-dən yüksək

Özünü yoxlama sualları:

- 1.Buxar nədir? Doymuş və doymamış buxar nədir? Xassələrini söyləyin.
- 2.Şəh nə vaxt düşür?
- 3.Nə üçün nəm termometrin göstərişi, quru termometrin göstərişindən kiçik olur?
- 4.Nə vaxt termometrlərin göstərişləri daha böyük olur?
- 5.Təcrübə zamanı termometrlərin göstərişi eyni ola bilərmi?
- 6.Hər iki termometr eyni göstərsə, nisbi rütubət nə qədərdir?
- 7.Nisbi rütubətin limit həddi nə qədər ola bilər?
8. Qaynama temperaturu nədən asılıdır?
- 9.Assman psixpometri nədir, nə ilə fərqlənir?

Təhlükəsizlik qaydaları

- 1.Cihazın yerə düşməsinə yol verməyin.
- 2.Psichrometrin hissələrinə bərk cisimlə toxunmayın, termometrlərin sınma hallarına yol verməyin.

Cədvəl 21.3

Quru termometrin göstərişi, °C	Quru və nəm termometrlərin göstərişləri fərqi, °C										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Havanın nisbi rütubəti, %										
10	100	88	76	65	54	44	34	24	14	5	-
11	100	88	77	66	56	46	36	26	17	8	-
12	100	89	78	68	57	48	38	29	20	11	-
13	100	89	79	69	59	49	40	31	23	14	6
14	100	89	79	70	60	51	42	34	25	17	9
15	100	90	80	71	61	52	44	36	27	20	12
16	100	90	81	71	62	54	46	37	30	22	15
17	100	90	81	72	64	55	47	39	32	24	17
18	100	91	82	73	65	56	49	41	34	27	20
19	100	91	82	74	65	58	50	43	35	29	22
20	100	91	83	74	66	59	51	44	37	30	24
21	100	91	83	75	67	60	52	46	39	32	26
22	100	92	83	75	68	61	54	47	40	34	28
23	100	92	84	76	69	61	55	48	42	36	30
24	100	92	84	77	69	62	56	49	43	37	31
25	100	92	84	77	70	63	57	50	44	38	33
26	100	92	85	78	71	64	58	51	46	40	34
27	100	92	85	78	71	65	59	52	47	41	36
28	100	93	85	78	72	65	59	53	48	42	37
29	100	93	85	79	72	66	60	54	49	43	38
30	100	93	86	79	73	67	61	55	50	44	39

Cədvəl 21.4

$t, ^\circ\text{C}$	p_d, kPa	$\rho_d, \text{q/m}^3$	$t, ^\circ\text{C}$	p_d, kPa	$\rho_d, \text{q/m}^3$
10	1,23	9,4	21	2,49	18,3
11	1,31	10,0	22	2,64	19,4
12	1,40	10,7	23	2,81	20,5
13	1,50	11,3	24	2,98	21,8
14	1,60	12,1	25	3,17	23,0
15	1,71	12,8	26	3,36	24,4
16	1,82	13,6	27	3,57	25,7
17	1,94	14,4	28	3,78	27,2
18	2,06	15,4	29	4,01	28,8
19	2,20	16,3	30	4,24	30,3
20	2,34	17,3	31	4,49	32,0

Ədəbiyyat:

1. Mühazirə materiallarından müvafiq mövzunu öyrənin
2. A.Əmiraslanov: "Fizikadan laboratoriya işləri".1978
3. Y.Nurullayev, R.İsmayilov Fizika kursundan laboratoriya işlərinə rəhbərlik-Bakı-2003. 80 səh.

İşin hesabatını hazırlayıb növbəti laboratoriya məşğələsinə qədər təhvil verməyə təqdim edin.

LABORATOİYA İŞİ № 22

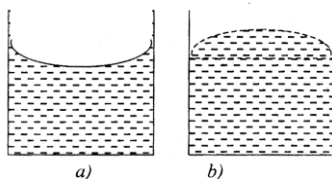
HALQANIN QOPMA ÜSULU İLƏ MAYENİN SƏTHİ GƏRİLMƏ ƏMSALININ TƏYİNİ

- **İşin məqsədi:** otaq temperaturunda mayenin səthi gərilmə əmsalının təyini.
- **Cihaz və ləvazimat:** Tərəzi, çəki daşları, halqa, qab, ştangerpərgar

22.1. Qısa nəzəri məlumat: Tutaq ki, şaquli qoyulmuş silindrik qabda maye vardır. Bu qabda iki molekulun halını araşdıraq (şəkil). Molekullardan biri mayenin daxilində, digəri isə səthində yerləşmişdir. Daxildə olan molekul hər tərəfdən təsir edən qüvvə eynidir və molekul tarazlıqdadır. Səthdə götürülmüş molekul bütün istiqamətlərdən edilən təsir eyni deyildir. Molekulyar təsir sferasının üst hissəsində qaz və maye buxarı vardır. Orada olan molekulların sayı təsir sferasının aşağı hissəsində olan maye molekullarının sayından qat-qat azdır. Ona görə də səthdə olan molekulara təsir edən qüvvələrin əvəzləyicisi mayenin daxilinə yönələcək, onu daxilə çəkəcəkdir (ağırlıq qüvvəsi nəzərə alınmır). Buradan görünür ki, molekulun mayenin daxilindən onun səthinə çıxması üçün o, iş görməlidir. Bu iş səthdəki molekulların potensial enerjisinin artmasına səbəb olur. Mayədə temperatur tarazlığı olduğundan daxildəki və səthdəki molekulların kinetik enerjiləri eynidir. Potensial enerji isə səthdə çoxdur. Sistemin dayanıqlı tarazlıqda olması üçün onun potensial enerjisi minimum olmalıdır. Bu səbəbdən maye elə forma almağa çalışır ki, onun səthinin sahəsi minimum olsun. Məlumdur ki, həcmli eyni olan həndəsi fiqurlardan səthinin sahəsi ən kiçik olan sferadır. Deməli, xarici qüvvələr təsir etmədikdə bütün mayələr kürə formasını almalıdırlar, öz səthlərini kiçiklətməlidirlər. Bu hadisə səthi gərilmə adlanır. Doğrudan da qabda olan mayenin içərisinə sıxlığı onunla eyni olan və qarışmayan başqa maye damcısı salsaq, damcı mayenin daxilində kürə formasını alacaqdır. Onu belə forma almağa məcbur edən səth enerjisinin daxiləki enerjiden böyük olması nəticəsində yaranan səthi gərilmədir. Bu zaman meydana çıxan qüvvə səthi gərilmə qüvvəsi adlanır. Bu qüvvə mayenin səthinə toxunan istiqamətdə yönəlir və təsir etdiyi maye hissəsinin konturuna perpendikulyar olur. Təcrübə göstərir ki, bu qüvvənin ədədi qiyməti maye səthinin perimetrinin uzunluğu (l) ilə düz mütənasibdir və aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$F = \sigma l \quad (22.1)$$

Burada σ mütənasiblik əmsalı olub, səthi gərilmə əmsalı adlanır, mayenin növündən və temperaturundan asılıdır. Səthi gərilmə əmsalı ədədi qiymətcə səthin vahid uzunluğuna düşən qüvvəyə bərabərdir. Mayeyə başqa maddələr qatdıqda səthi gərilmə əmsalı dəyişir. Sabunlu suyun səthi gərilmə əmsalı təmiz suyunkundan az, duzlu suyunku isə çox olur. Əgər mayenin öz molekulları arasındakı ilişmə qüvvəsi maye molekulu ilə orada həll olmuş maddə



Şəkil 22.1.

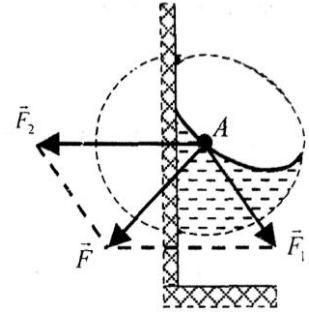
molekulu arasındakı ilişmə qüvvəsindən çox olarsa, həmin maddənin molekulları mayenin səthinə çıxırlar; onların səthdə konsentrasiyası mayenin daxilindəki konsentrasiyadan çox olur. Bu hadisə adsorbsiya adlanır.

Molekulyar-kinetik nəzəriyyənin əsaslarından məlumdur ki, ixtiyari molekullar arasında qarşılıqlı təsir mövcuddur. Odur ki, qabda olan mayenin öz molekulları və maye molekulları ilə qabın molekulları arasında qarşılıqlı

təsir olacaqdır. Mayenin öz molekulları arasındakı cəzətmə qüvvəsi maye molekulu ilə qabın molekulu arasındakı cəzətmə qüvvəsindən kiçik olarsa belə maye isladan, əksinə olarsa - islatmayan maye adlanır. Belə maye-lərin sərbəst səthləri əyilir.

Əyilmiş maye səthi menisk adlanır. İsladan mayenin səthi çökük (şəkil 22.1.a), islatmayan mayenin səthi qabarıq (şəkil 22.1.b) menisk olur.

Qabın divarından molekulyar təsir radiusunda kiçik məsafədə olan və əyri səthdə yerləşən A molekuluna baxaq. Bu molekula maye molekulları tərəfindən $\vec{F}_1$ qab molekulları tərəfindən $\vec{F}_2$ qüvvəsi təsir edir (şəkil 22.2). Aydındır ki, $\vec{F}_1$ qüvvəsinin istiqaməti A nöqtəsinin vəziyyətindən və meniskin formasından asılı olacaq, $\vec{F}_2$ qüvvəsi isə qabın divarına perpendikulyar yönələcəkdir. Molekulun ağırlıq qüvvəsini nəzərə almasaq, əvəzləyici qüvvə bu iki qüvvənin vektorial cəminə bərabər olacaqdır. Əgər baxdığımız A molekulu sükunətdədirsə əvəzləyici qüvvə mayenin səthinə perpendikulyar olmalıdır. Əks halda molekul hərəkət edərdi. Şəkildən görüldüyü kimi isladan mayədə bu qüvvənin meyli divara doğrudur. İslatmayan mayədə bu qüvvə mayenin daxilində doğru yönəlir.



Şəkil 22.2.

Tutaq ki, sferik qabarıq AC səthinin B nöqtəsinə təsir edən səthi gərilmə qüvvəsi F şaquli istiqamətlə φ bucağı (şəkil 22.3.) əmələ gətirir. Səthin əyrilik radiusunu R, B nöqtəsinə uyğun qüvvənin radiusunu isə r-lə işarə edək. Onda təzyiq qüvvəsi $F_1 = F \cos \varphi$ və ya $F_1 = \sigma \cos \varphi \cdot 2\pi r$ olar. Bu əyri səthin altında yaranan əlavə təzyiq

$\Delta P = \frac{F_1}{S} = \frac{F \cos \varphi}{S} = \frac{\sigma \cdot 2\pi r \cos \varphi}{\pi r^2} = \frac{2\sigma \cos \varphi}{r}$ olar. ODB üçbucağından $r = R \cos \varphi$ olduğundan, alırıq:

$$\Delta P = \frac{2\sigma \cos \varphi}{R \cos \varphi} = \frac{2\sigma}{R} \quad (22.2)$$

Bu düstur sferik əyri səth altında yaranan əlavə təzyiqi ifadə edir. Əgər mayenin düz-müstəvi səth altındakı təzyiqini P_0 ilə işarə etsək, sferik qabarıq səth altındakı təzyiq

$$P = P_0 + \Delta P = P_0 + \frac{2\sigma}{R} \quad (22.3)$$

sferik çökük səth altındakı təzyiq isə

$$P = P_0 - \Delta P = P_0 - \frac{2\sigma}{R} \quad (22.4)$$

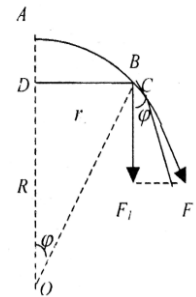
olar. Ümumi halda eyni bir nöqtə ətrafında götürülmüş əyri elementi müxtəlif əyriliyə malik olur. Həndəsədən məlumdur ki, bu halda əyrilik radiusu aşağıdakı ifadə ilə təyin olunur:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

Axırıncı düsturu (22.2)-də nəzərə alsaq: $\Delta P = \sigma \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$

olar. Bu düstur Laplas düsluru adlanır və ixtiyari əyri formalı səthin altında yaranan əlavə təzyiqi ifadə edir. Qabarıq səth üçün əyrilik mərkəzi mayenin daxilində olur və radius müsbət, çökük səth üçün əyrilik radiusu mənfi qəbul olunur. Laplas düsturundan görüldüyü kimi səth müstəvi olduqda $R_1 = R_2 = \infty$ olur və əlavə təzyiq yaranmır.

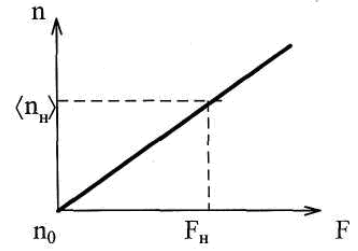
Sferik sabun qabarcığı həm daxildən, həm də xaricdən sabunpərdəsi ilə örtülür (adsorbsiya hadisəsinə görə sabun molekulları suyun səthinə çıxır), bu pərdələrin arasında isə su təbəqəsi olur. Ona görə də onun daxilindəki təzyiq bir sferik səth altındakı təzyiqdən iki dəfə çox, yəni



Şəkil 22.3.

$$\Delta P = \frac{4\sigma}{R} \quad \text{olur.}$$

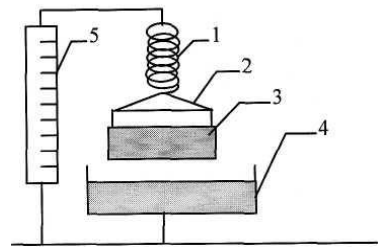
22.2. Cihazın təsviri və işin metodikası. Daxili və xarici diametrləri ölçülə bilən halqanın suyun səthindən qopma hadisəsi səthigətilmə hadisəsinə əsaslanır (Şəkil 22.4). Halqanı sudan ayırmaq üçün tələb olunan qüvvə halqanın ağırlıq qüvvəsindən böyük olur. Bunu səbəbi halqanın daxili və xarici səthlərində suyun yaratdığı səthi gərilmə hesabına yaranan əlavə səthi gərilmə qüvvələridir (Şəkil 22.5.). Halqanın mayedən ayırmaq üçün tələb olunan qüvvə halqanın ağırlıq qüvvəsi ilə səthi gərilmə qüvvələrinin cəmi olacaq: səthi gərilmə qüvvəsi halqanın həm daxili həm də xarici səthində yaranacaqdır.



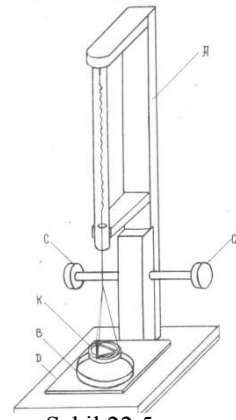
Şəkil 22.7.

22.3. İşin icra alqoritmi.

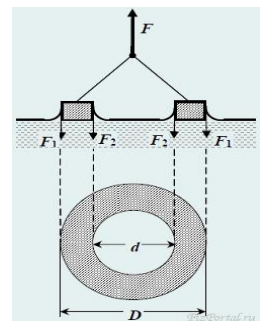
1. Ştangerpərgarla halqanın xarici D_1 və daxili D_2 diametrlərini beş müxtəlif yerdən ölçməli. Ölçmələri cədvəl - 22-1-ə yazmalı.
2. 3 halqasını yaydan asın.
3. Şkalada yayın ilkvəziyyətini qeyd etməli: n_0 . 3- halqasından yuxarıda asılmış fincanın yüklənməmiş vəziyyətini qeyd edin. ($F=0$). Şkalaya elə baxılmalıdır ki, 2- fincanın ön tərəfi arxa tərəfi ilə üfüqi vəziyyətdə qalsın. Bu halın təcrübənin sonuna kimi izlənməsi lazımdır.
4. Fincana (2) yükləri yığaraq (yüklərin hər birinin üzərində milliqramlarla kütlə göstərilmişdir), hər yükə görə şkalada n göstərişini qeyd edirsiniz.
5. Yüku artıraraq (ardıcıl olaraq yükləri qoymaqla), 2 fincanın vəziyyətini qeyd edib, cədvəl 22.2.-ə yazırsınız. Bu zaman fincana qoyduğunuz yükün kütləsini hesablayırsınız.
6. Bütün yükləri fincandan götürürsünüz.
7. 4- maye dolu qabı o vaxta qədər yuxarı qaldırırsınız ki, maye halqaya toxunsun. Diqqət yetirmək lazımdır ki, maye halqanı sadəcə islatsın, halqa mayeyə daxil olmasın. Sonra çox yavaş, astaca qabı endirərək, halqanın mayedən ayrıldığı an üçün şkalanın göstərişini götürün (Təcrübənin daha yaxşı alınması üçün 4 qabını aşağıdan suyun axması üçün kranı olan qab formasında seçin (şəkil22.4). Halqa su səthinə toxunduqdan sonra kran çox asta açılır və halqanın qopma anında əqrəbin göstərişi şkaladan qeydə alınır). Bu zaman sistem tarazlıqda olmalıdır. - n_H . Ölçməni ən azı 5 dəfə təkrar edin. Orta ədədi qiyməti tapın. $\langle n_H \rangle$. Cədvələ yazın.
8. Halqanı ehməlcə yaydan ayırın.
9. Dərəcələnməmiş n şkalasının qüvvədən asılılığını qurun $n(F)$, qrafikin başlanğıcını n_0 dan götürün (şəkil 22.7).
10. Səthi gərilmə qüvvəsinin təsiri ilə yayın dartılmasını bilərək, qrafikə əsasən səthi gərilmə qüvvəsini (milliqramlarla) təyin edin., qüvvə vahudinə keçin.
11. Mayenin səthi gərilmə əmsalını aşağıdakı ifadə ilə təyin edin.



Şəkil 22.4.



Şəkil 22.5.



Şəkil 22.6.

$$\sigma = \frac{F_H}{\pi(D_1 + D_2)}$$

Cədvəl 22.1.

Təcrübə N	D ₁ , m	D ₂ , m	n _H
1			
2			
3			
4			
5			
Orta qiymət			

Cədvəl 22.2.

m, mq												
F = mg, N												
n												
F _{sg} , N =	σ, N/m =											

22.4. Özünüyoxlama sualları.

1. Mayenin səthinin sərbəst səthinin sahəsini minimum etməyə çalışmasını necə izah etmək olar?
2. Maye səthinin genişlənməsi zamanı görülən iş nəyə sərf olur?
3. Səthi gərilmə nəyə deyilir? İki təyin verin. Onun vahidi nədir?
4. Səthi gərilmə əmsalının hesablanan dusturunu verin.
5. Halqanın qopması zamanı səthi gərilmə qüvvəsi hansı istiqamətdə yönəlir?
6. Molekulyar qarşılıqlı təsir qüvvələri və səthi gərilmə nədən və necə asılıdır?
7. İslatmayan mayenin səthi gərilmə əmsalını halqa üsulu ilə təyin etmək olarmı? Necə? Niyə?

22.5. Təhlükəsizlik qaydaları.

1. Cihazların düşməsi hallarına yol verməyin.
2. Halqanın ayrılıb mayeyə düşməsinə yol verməyin.
3. Yükləri fincana yığarkən, onların mayeyə düşməsi hallarına yol verməyin.
4. İşçi stolu təmiz saxlayın.
5. Yayın bərkidilməsinə və fincanın dayanıqlı asılmasına diqqət yetirin.

Ədəbiyyat:

1. Mühazirə materiallarından müvafiq mövzunu öyrənin
2. A.Əmiraslanov: "Fizikadan laboratoriya işləri". Bakı 1978, 362 s.
3. Q.Nurullayev: "Fizikadan laboratoriya işlərinə rəhbərlik".
4. R.Məmmədov "Mayelərdə səthi gərilmə və daxili sürtünmə hadisələri" Bakı 2007
5. Савельев И.В. Курс физики. Т.1 - М., Наука, 1989. 352 с. II. 92,93,94
6. Y.Nurullayev, R.İsmayılov Fizika kursundan laboratoriya işlərinə rəhbərlik-Bakı-2003. 80 səh.

İşin hesabatını hazırlayıb növbəti laboratoriya məşğələsinə qədər təhvil verməyə təqdim edin.

LABORATORİYA İŞİ 23

MADDƏNİN SIXLIĞININ TƏYİNİ.

- **İşin məqsədi:** bərk maddənin və mayenin sıxlığının təyini
- **Cihaz və ləvazimat** Texniki tərəzi, çəki daşları, tədqiq olunan xırda metal qırıntılar, distillə olunmuş su, su çəkən kağız, tədqiq olunan maye, kapilyar borular

23.1. Qısa nəzəri məlumat Təcrübədən məlumdur ki, müxtəlif maddələrdən hazırlanmış eyni həcmli cisimlərin kütlələri müxtəlifdir. Bu fərq onların sıxlıqlarının müxtəlifliyi ilə əlaqədardır. Cismin vahid həcmdəki kütləsinə onun sıxlığı deyilir. Aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (23.1)$$

Vahidi kg/m^3 -dir. Burada m -cismin kütləsi, V -onun həcmi, ρ -isə sıxlığıdır. Maddənin sıxlığı onun kütləsi və həcmindən asılı olmayıb maddənin növündən və onun temperaturundan asılıdır. Cismin vahid həcmə uyğun çəkisi xüsusi çəki adlanır:

$$d = \frac{P}{V} = \frac{mg}{V} = \rho g \quad (23.2)$$

Burada P -cismin çəkisi, V -onun həcmidir. Verilmiş cismin kütləsi və həcmi məlum olarsa, onun sıxlığını (23.1) ifadəsinə görə hesablamaq olar. Deməli maddənin sıxlığını tapmaq üçün cismin kütləsini onun həcmə bölmək lazımdır.

Cismin kütləsini məlum kütlələrlə (etalon kütlə) müqayisə etməklə, yəni tərəzidə çəkməklə tapmaq olar. Cisim düzgün həndəsi mənaya malik olarsa, onun ölçülərini ştangerpərgar və ya mikrometr vasitəsilə dəqiq ölçüb həcmi təyin edirlər.

23.2 Qurğunun təsviri və işin metodikası

Cisim ixtiyari formada olduqda isə onun həcmi menzurka ilə tapmaq olar. Bu məqsədlə laboratoriyada sıxlığı daha dəqiq təyin etmək üçün piktometrəndən istifadə olunur. Piktometr boğazında nişan xətti (vizir xətti) olan 25-50 sm^3 həcmli kiçik şüşə kolbadan ibarətdir. Təcrübə zamanı qurudulmuş şüşə piktometr boğazında olan nişan xəttinə qədər təmiz distillə edilmiş su ilə doldurulur. Sıxlığı təyin olunacaq bərk cisim qırıntılarını piktometrin içərisindəki mayeyə saldıqda qırıntılar öz həcmə bərabər mayeni piktometrəndən kənara çıxaracaqdır. Piktometr vasitəsilə bərk cisimlərin sıxlığının təyində Arximed qanunundan istifadə olunur. Bu qüvvə mayeyə batırılmış cismə tətbiq olunur. Sıxlığı təyin olunacaq bərk cismin hissələrini tərəzinin sağ gözüne, çəki daşlarını isə sol gözüne qoyduqda tərəzidə o vaxt tarazlıq yaranır ki, hər iki gözə təsir edən qüvvələr bərabər olsun. Tərəzinin sağ gözüne qoyulmuş çəki daşları aşağıya doğru yönəlmiş mg -ağırlıq qüvvəsi, yuxarıya doğru yönəlmiş $mg\rho_h/\rho_b$ - arximed qüvvəsi təsir edir. Bu halda çəki daşlarına təsir edən yekun qüvvə aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$F = mg - mg\rho_h/\rho_b = mg(1 - \rho_h/\rho_b) \quad (23.3)$$

Tərəzinin gözləri tarazlıqda olduqda bu qüvvələr bir-birinə bərabər olduğundan yazıla bilər:

$$(\rho_s - \rho_h)V = m(1 - \rho_h/\rho_b) \quad (23.4)$$

Xırdalanmış bərk cismi nişan xəttinə qədər su ilə doldurulmuş piktometrə tökdükdə suyun səviyyəsi bərk cismin həcmi qədər artır. Sıxışdırılıb çıxarılan suya təsir edən ağırlıq qüvvəsi ($\rho_s Vg$) və Arximed qüvvəsinin ($\rho_h Vg$) fərqi bu qüvvələri tarazlaşdıran çəki daşlarına təsir edən $(m + M - M_0)g$ və $(m + M - M_0)g\rho_h/\rho_g$ arximed qüvvəsi fərqinə bərabər olmalıdır. Bunları nəzərəalsaq yazıla bilər:



$$(\rho_s - \rho_h)V = (m + M - M_0)(1 - \rho_h/\rho_b) \quad (23.5)$$

(23.4) və (23.5) ifadələrini tərəf-tərəfə bölüb sadələşdirsək bərk cismin sıxlığı üçün aşağıdakı ifadəni alırıq:

$$\rho_b = \frac{m}{m + M - M_0}(\rho_s - \rho_h) + \rho_h \quad (23.6)$$

$$\text{Əgər havanın təsirini nəzərə almasaq} \quad \rho_b = \frac{m}{m + M - M_0} \rho_s \quad (23.7)$$

alırıq. Burada ρ_s –təcrübənin aparıldığı temperaturda suyun sıxlığı, ρ_h -isə həmin temperaturda havanın sıxlığıdır.

23.4. İşin icra algoritmi:

- 1) Bərk cismi piknometrin boğazından keçə biləcək xırda hissələrə bölməli.
- 2) Bərk cismin qırıntılarının m-kütləsini tərəzidə təyin etməli.
- 3) Piknometrin boğazındakı nişan xəttinə qədər distillə edilmiş su ilə doldurub onun M-kütləsini təyin etməli.
- 4) Su ilə dolu piknometrə bərk cismin qırıntılarını töküüb, nişan xəttindən yuxarıdakı suyu boşaldıb(və ya suçəkən kağızla götürüb) piknometrin M-kütləsini tapmalı .
- 5) Suyun və havanın sıxlığını təcrübənin aparıldığı temperatura uyğun cədvəldən götürüb bərk cismin sıxlığını tapmalı.
- 6) Təcrübəni 3 dəfə təkrar edib ölçülən kəmiyyətin orta qiymətini tapmalı. Təcrübə nəticələrinə görə ölçmənin mütləq və nisbi xətasını tapmalı.
- 7) Piknometri qurudub onun m-kütləsini tapmalı
- 8) Piknometri boğazındakı nişan xəttinə qədər distillə edilmiş su ilə (və ya təmiz su ilə) doldurub onun m_1 -kütləsini təyin etməli.
- 9) Piknometri qurulayıb, nişan xəttinə qədər sıxlığı təyin olunacaq maye ilə dolduraraq onun m_2 –kütləsini tapmalı.
- 10) Təcrübənin aparıldığı temperaturda suyun və havanın sıxlığını cədvəldən götürməli.
- 11) Ölçmənin nəticələrini (1) və (2) düsturlarında yerinə yazıb tədqiq olunan mayenin sıxlığını hesablamalı. Təcrübəni 3-4 dəfə təkrar edib, ölçmələrin mütləq və nisbi xətasını hesablamalı.

23.5.Özünü yoxlama sualları

- 1.Sıxlıq nədir? Hansı vahidlərlə ölçülür?
- 2.Ağırliq qüvvəsi nədir? Nədən asılıdır?
- 3.Çəki nədir? Nədən asılıdır?
- 4.Arhimed qüvvəsinə vaxt yaranır? Nədən asılıdır?
- 5.İşdə adı çəkilən qüvvələrdən necə istifadə olunur?
- 6.İşin məqsədi nədir?
- 7.Piknometrlə iş prinsipi necədir?
8. İşdə xətlər necə təyin olunacaqdır?

23.6.Təhlükəsizlik qaydaları

1. Cisimlərin yerə düşmə hallarına yol verməyin
- 2.Şüşə maddələri çox sıxmayın
- 3.Piknometrin boğazından keçməyən xırda cisimlərdən istifadə etməyin

Ədəbiyyat:

- 1) Mühazirə materiallarından müvafiq mövzunu öyrənin
- 2) A.Əmiraslanov: “Fizikadan laboratoriya işləri”.
- 3) Y.Nurullayev: “Fizika kursundan laboratoriya işlərinə rəhbərlik”.Bakı 2003

İşin hesabatını hazırlayıb növbəti laboratoriya məşğələsinə qədər təhvil verməyə təqdim edin.

ƏLAVƏLƏR

1.Bəzi cihazların cihaz xətası

Nö n/n	Cihaz	Ölçü həddi	$\Delta X_{\text{ cihaz }}$
1	Metalxətkeş	150... 500 mm	0,1 mm
2	Taxta xətkəş	200... 500 mm	0,5 mm
3	Plasma xətkəş	200... 300 mm	1mm
4	Adi yüklər	1 , 2 , 3 q	6, 8, 12 mq
5	Ştangerpərgar (bölgüsü olduqda) : 0.1 mm 0,005 mm	0-155 mm 0-250 mm	0,1 mm 0,05 mm
6	Ölçü bölgüsü 0.01mm olan mikrometr	0-50 mm	4 mkm
7	Laboratoriya tərəzisi	200 q-a qədər	Şkalının minimal 3 bölgüsü
8	Mexaniki və elektrik saniyəölçən	30 dəqiqəyə qədər	Şkalının 1 minimal bölgüsü Saniyə əqrəbini 1 tam dövrü
9	Şüşə maye termometr	100 ⁰ -dək	Şkalının minimal bölgüsü: əgər = 1 ⁰ ,2 ⁰ ,5 ⁰ və ikiqat qiymət, əgər = 0.2 ⁰ , 0,5 ⁰

2.Styudent əmsalları

Ölçmələrin sayı	Etibarlıq (əminlik), α			
	0,5	0,9	0,95	0,98
3	0,82	2,9	4,3	7,0
4	0,77	2,4	3,2	4,5
5	0,74	2,1	2,8	3,7
6	0,73	2,0	2,6	3,4
7	0,72	1,9	2,4	3,1
8	0,71	1,9	2,4	3,0
9	0,71	1,9	2,3	2,9
10	0,79	1,8	2,3	2,8
∞	0,67	1,6	2,0	2,3

3. Birbaşa ölçmələrin nəticələrinin işlənməsi

Bölgü həddi $\Delta = 0,1$ mm olan ştabgerpərgarla L uzunluqla məsafə ölçülmüşdür. (Cədvəldə ikinci sütun)

Nö n/n	l mm	$l_i - \langle l \rangle$	$\Delta l^2 = (l_i - \langle l \rangle)^2$
1	20,8	+0,12	0,0144
2	20,4	-0,28	0,0784
3	20,7	+0,02	0,0004
4	20,9	+0,22	0,0484
5	20,5	-0,18	0,0324
6	20,8	+0,12	0,0144
Σ	124,1		
$\langle l \rangle$	20,68		

1) Orta qiyməti təyin edirik:

$$\langle l \rangle = \frac{\sum l_i}{n} = 20,68 \text{ mm}$$

2) Mütləq, kvadratik və onların cəmi üzrə xətalari təyin edirik: $(l_i - \langle l \rangle)$, $(l_i - \langle l \rangle)^2$ və $\sum (l_i - \langle l \rangle)^2 = 1884 \cdot 10^{-4} \text{ mm}^2$.

3) Etibarlıq əmsalını veririk: $\alpha = 0,95$ cədvəldən əmsalları götürürük. $t_{\alpha n} = 2,57$ və $t_{\alpha \infty} = 1,96$

4) mütləq və təsadüfi xətanı tapırıq:

$$\Delta l_{\text{təs}} = t_{\alpha n}$$

$$\sqrt{\frac{\sum \Delta l_i^2}{n(n-1)}} = 2,57 \sqrt{\frac{1884 \cdot 10^{-4}}{6 \cdot 5}} = 0,20 \text{ mm}$$

5) Cihaz xətasını təyin edirik: $\Delta l_{\text{cihaz}} = \Delta = 0,1$ mm və cihaz xətasını hesablayırıq:

$$\Delta l_{\text{cihaz}}^{\text{St}} = t_{\alpha \infty} / 3 \cdot \Delta = 1,96 / 3 \cdot 0,1 = 0,085 \text{ mm}$$

6) Yuvarlaşdırma xətası. Nonius üzrə xəta, $h = \Delta = 0,1$ mm, və

$$\Delta l_{\text{okp}} = \alpha \cdot h / 2 = 0,95 \cdot 0,1 / 2 = 0,048 \text{ mm}$$

7) Tam mütləq xəta.

$$\Delta l = \sqrt{\Delta l_{\text{cihaz}}^2 + \Delta l_{\text{np}}^2 + \Delta l_{\text{okp}}^2} = \sqrt{0,20^2 + 0,0085^2 + 0,048^2} = 0,22 \text{ m}$$

8) Nisbi xəta

$$\varepsilon_l = \Delta l / \langle l \rangle = 0,22 / 20,68 = 0,0106 \quad \varepsilon \approx 1,1 \%$$

9) Nəticə: $l = (22,7 \pm 0,2) \text{ mm}$. $\varepsilon \approx 1\%$ və $\alpha = 0,95$.

4. Dolayı yolla ölçülmədə hesablamaların aparılması

Riyazi rəqqas vasitəsi ilə ağırlıq qüvvəsi təcili g –nin təyini zamanı rəqqasın uzunluğu l və periodu T bölçülür: tutaqki aşağıdakı qiymətlər alınmışdır: $l = (1,203 \pm 0,004) \text{ m}$ bu zaman $\alpha = 0,95$. $T = (2,21 \pm 0,002) \text{ san}$.

g , l , və T arasında əlaqədən:

$$1) \text{ Orta qiyməti tapırıq: } \langle g \rangle; \langle g \rangle = \frac{4\pi^2}{\langle T \rangle^2} \langle l \rangle = \frac{4 \cdot 3,14^2 \cdot 1,203}{2,21^2} = 9,71 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

2) “ g ” –də $g = 4\pi^2 l T^{-2}$ ifadəsi olduğundan əvvəl nisbi xəta hesablanır:

$$\begin{aligned} \varepsilon_g &= \sqrt{4\varepsilon_\pi^2 + \varepsilon_l^2 + \varepsilon_T^2} = \sqrt{4\left(\frac{\Delta \pi}{\pi}\right)^2 + \left(\frac{\Delta l}{\langle l \rangle}\right)^2 + 4\left(\frac{\Delta T}{\langle T \rangle}\right)^2} = \\ &= \sqrt{4\left(\frac{0,005}{3,14}\right)^2 + \left(\frac{0,004}{1,203}\right)^2 + 4\left(\frac{0,02}{2,2}\right)^2} = 1,86 \cdot 10^{-2} = 0,19 \end{aligned}$$

3) Mütləq xəta $\Delta g = \langle g \rangle \cdot \varepsilon_g = 9,71 \cdot 0,19 = 0,184 \text{ m/san}^2$.

Nəticə: $g = (9,7 \pm 0,2) \text{ m/san}^2$. $\varepsilon \approx 2\%$ və $\alpha = 0,95$.

5. Sadələşdirilmiş metod

$$\text{Orta qiymət: } \bar{t} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{N}; \quad (4)$$

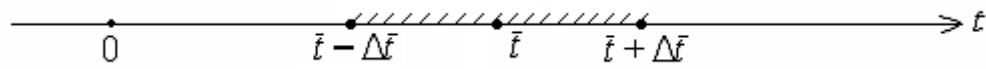
$$\text{Mütləq xəta: } \Delta t_i = |\bar{t} - t_i|; \quad (5)$$

$$\text{Orta mütləq xəta: } \Delta \bar{t} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta t_i}{N}; \quad (6)$$

$$\text{Nisbi xəta: } \varepsilon = \frac{\Delta \bar{t}}{\bar{t}} \cdot 100\%. \quad (7)$$

$$\text{Nəticə: } t = \bar{t} \pm \Delta \bar{t}. \quad (8)$$

ədədi ixda təsvir edilməsi:



Şəkil.1

6. Ehtimal nəzəriyyəsinə əsaslanan nisbətən dəqiq metod

$$\text{Dispersiya: } \sigma_t = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{t} - t_i)^2}{N-1}}. \quad (9)$$

Дисперсия определяет величину доверительного интервала при доверительной вероятности $P = 68\%$ и числе опытов $6 \dots 10$.

Inanılan interval və ya mütləq xəta

$$\Delta \bar{t} = \frac{t_{kp} \cdot \sigma_t}{\sqrt{N}}. \quad (10)$$

t_{kp} - istənilən inanılan ehtimalla inanılan intervalın tıyini üçün Student kriteriyası, Cədvəldən götürülür.

Nəticə: $t = \bar{t} \pm \Delta \bar{t}$, məsələn: $t = (25,4 \pm 1,5) \text{ san}$

Birbaşa ölçmələrdə hesablamalar göstərilən kimi aparılmalıdır.

7. Dolayı ölçmələrin xətası

Olayı ölçmələr – ifadəlin köməyiylə hesablanan bir neçə ölçmələrdir

Məsələn: sahəni ölçürük: $S = a \cdot b$. hər iki tərəfdən törəmə alıb ab –yə bölək.

$$\frac{S'}{a \cdot b} = \frac{a' \cdot b}{a \cdot b} + \frac{a \cdot b'}{a \cdot b} \Rightarrow \frac{\Delta \bar{S}}{\bar{S}} = \frac{\Delta \bar{a}}{\bar{a}} + \frac{\Delta \bar{b}}{\bar{b}}, \text{ törəmələr artımlarla əvəz olunmuşdur. } - \Delta, \text{ onda } \Delta \bar{S}$$

$$\text{üçün tapırıq: } \Delta \bar{S} = \bar{S} \left(\frac{\Delta \bar{a}}{\bar{a}} + \frac{\Delta \bar{b}}{\bar{b}} \right). \quad (11)$$

burada $\Delta \bar{a}$ və $\Delta \bar{b}$ mütləq xətaarın təyini ilə apılır.

$$\text{Nəticə: } S = \bar{S} \pm \Delta \bar{S}. \quad (12).$$

8. Bəzi fiziki sabitlər

Atom kütlə vahidi	1 a.k.v.= $1,66053 \cdot 10^{-27}$ kq
Maqnit sabiti	$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Hn/m
Elektrik sabiti	$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ F/m
Elektronun yükü	$e = 1,602 \cdot 10^{-19}$ Kl
Elektronun sükunət kütləsi	$m_e = 9,11 \cdot 10^{-31}$ kq
Protonun sükunət kütləsi	$m_p = 1,6725 \cdot 10^{-27}$ kq
Neytronun sükunət kütləsi	$m_n = 1,6747 \cdot 10^{-27}$ kq
Plank sabiti	$h = 6,625 \cdot 10^{-34}$ Csan
İşığın vakuumda sürəti	$c = 2,9979 \cdot 10^8$ m/san
Stefan Bolsman sabiti	$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$ Vt/(m ² · K ⁴)
Vin yerdəyişmə qanunu sabiti	$b = 2,90 \cdot 10^{-3}$ m·K
Ridberq sabiti	$R = 1,10 \cdot 10^7$ m ⁻¹

9. Beynəlxalq sistemdə əsas vahidlər

Fiziki kəmiyyət	Vahidin adı	Ölçü vahidinin işarəsi
Uzunluq	metr	m
Kütlə	kiloqram	kq
Zaman	saniyə	s
Cərəyan şiddəti	Amper	A
Temperatura	Kelvin	K
Maddə miqdarı	mol	mol
İşıq şiddəti	kandela	kq

10. Digər fiziki kəmiyyətlər

Kəmiyyət	Vahidi	Vahidin işarəsi
Tezlik	Hers	Hz
Qüvvə	Nyuton	N
Təzyiq	Paskal	Pa
Enerji	Coul	C
Güc	Vatt	Vt
Elektrik yük miqdarı	Kulon	Kl
Cərəyan şiddəti	Amper	A
Elektrik gərginliyi	Volt	V
Elektrik tutumu	Farad	F
Elektrik müqaviməti	Om	Om
Maqnit induksiya seli	Veber	Vb
Maqnit induksiyası	Tesla	Tl
İnduktivlik	Henri	Hn
İşıq şiddəti	lyumen	Lm
İşıqlanma	lüks	Lk
Radioaktiv parçalanma aktivliyi	Bekkerel	Bk
Şüalanmanın udulma dozadı	Qrey	Qr

11.Nisbi rütubət

Quru termometri n göstərişi, °C	Quru və nəm termometrlərin göstəriləri fərqi, °C					
	0	1	2	3	4	5
	Nisbi rütubət, %					
15	100	90	80	71	61	52
16	100	90	81	71	62	54
17	100	90	81	72	64	55
18	100	91	82	73	65	56
19	100	91	82	74	65	58
20	100	91	83	74	66	59
21	100	91	83	75	67	60
22	100	92	83	76	68	61
23	100	92	84	76	69	61
24	100	92	84	77	69	62
25	100	92	84	77	70	63
26	100	92	85	78	71	64
27	100	92	85	78	71	65
28	100	93	85	78	72	65
29	100	93	86	79	72	66
30	100	93	86	79	73	67

12. Müxtəlif temperaturlarda suyun sıxlığı

Temperatur, °C	sıxlıq ρ_0 , q/sm ³	Temperatur, °C	sıxlıq ρ_0 , q/sm ³
0	0,99987	15	0,99913
1	0,99993	16	0,99897
2	0,98997	17	0,99880
3	0,99999	18	0,99862
4	1,00000	19	0,99843
5	0,99999	20	0,99823
6	0,99997	21	0,99802
7	0,99993	22	0,99780
8	0,99988	23	0,99757
9	0,99981	24	0,99732
10	0,99973	25	0,99707
11	0,99963	26	0,99681
12	0,99952	27	0,99654
13	0,99940	28	0,99626
14	0,99927	29	0,99597

13. Suyun müxtəlif temperaturalarda özlülüğü 0 – 100°C

Temperatur, °C	Özlülük η , cN3	Temperatur, °C	Özlülük η , cN3
0	1,7921	46	0,5883
1	1,7313	47	0,5782
2	1,6728	48	0,5683
3	1,6191	49	0,5588
4	1,5674	50	0,5494
5	1,5188	51	0,5404
6	1,4728	52	0,5315
7	1,4284	53	0,5229
8	1,3860	54	0,5146
9	1,3462	55	0,5064
10	1,3077	56	0,4985
11	1,2713	57	0,4907
12	1,2363	58	0,4832
13	1,2028	59	0,4759
14	1,1709	60	0,4688
15	1,1404	61	0,4618
16	1,1111	62	0,4550
17	1,0828	63	0,4483
18	1,0559	64	0,4418
19	1,0299	65	0,4355
20	1,0050	66	0,4293
21	0,9810	67	0,4233
22	0,9579	68	0,4174
23	0,9358	69	0,4117
24	0,9142	70	0,4061
25	0,8937	71	0,4006
26	0,8737	72	0,3952
27	0,8545	73	0,3900
28	0,8360	74	0,3849
29	0,8180	75	0,3799
30	0,8007	76	0,3750
31	0,7840	77	0,3702
32	0,7679	78	0,3655
33	0,7523	79	0,3610
34	0,7371	80	0,3565
35	0,7225	81	0,3521
36	0,7085	82	0,3478
37	0,6947	83	0,3436
38	0,6814	84	0,3395
39	0,6685	85	0,3355
40	0,6560	86	0,3315
41	0,6439	87	0,3276
42	0,6321	88	0,3239
43	0,6207	89	0,3202
44	0,6097	90	0,3195
45	0,5988	91	0,3130
92	0,3095	97	0,2930
93	0,3060	98	0,2899
94	0,3027	99	0,2868
95	0,2994	100	0,2838
96	0,2962		

14. Bəzi maddələrin xüsusi istilik tutumu (C/kq °C)

Qızıl	130	Dəmir	460	Günəbaxan yağı	1700
Civə	140	Polad	500	Buz	2100
Qurğuşun	140	Çuqun	540	Kerosin	2100
Олово	230	Qrafit	750	Efir	2350
Gümüş	250	Şüşə	840	Ağac	2400
Mis	400	Kərpic	880	Spirt	2500
Sink	400	Aluminium	920	Su	4200

15. Bəzi maddələrin ərimə temperaturu (°C)

Hidrogen	-259	Aluminium	660
Oksigen	-219	Xorək duzu	801
Azot	-210	Gümüş	962
Spirt	-114	Qızıl	1064
Civə	-39	Mis	1085
Buz	0	Çuqun	1200
Sezium	29	Polad	1500
Kalium	63	Dəmir	1539
Natrium	98	Platin	1772
Sink	420	Osmium	3045
Yod	114	Volfram	3387
Şəkər	185	Almaz	4000-ə yaxın
Qurğuşun	232	Графит	4000-ə yaxın
Qurğuşun ₂	327	Təbaşir	parçalanır
Yantar	360	İşməli su	parçalanır

Ədəbiyyat siyahısı hər laborator işi üçün ayrıca verilmişdir.

MİRNAMİK BƏŞİROV

ÜMUMİ FİZİKA kursu üzrə laboratoriya işləri

MEXANİKA VƏ MOLEKULAR FİZİKA

Lənkəran Dövlət Universitetinin
2-52 sayılı 25 aprel 2016 -cı il tarixli əmri ilə
dərs vəsaitinə nəşr hüququ verilmişdir.

*Kompyuter yığımı: Nəcməddin B.
Redaktə etdi: Səfərova İlhamə
Qrafika: Fəridə B.
Məsləhətçi: prof. Əlizadə Ş.
Dizayn: Nərmin B.*

Vəsaitdə laboratoriya işlərinin məzmunu, gedişi planı verilmişdir. Sizin iş prinsipiniz ilə üst-üstə düşməyədə bilər. İstənilən kəmiyyətin təyini üçün müxtəlif variantlar olduğu üçün işin gedişi ilə razılaşmaya da bilərsiniz. Təşəkkür edirik o şəxslərə ki, əlaqədar irad və təkliflərini bizim mbashirov@mail.ru email ünvanına göndərsin.

Müəllif: Mirnamik Bəşirov, fiz.riy.e.n., dosent, Lənkəran Dövlət Universiteti. “Texniki fənlər və İKT” kafedrasının müdür əvəzi,