

Rasim Abdurazaqov
Dünyamalı Məmmədov
Əli Ağacanlı
Zamir Dadaşov

Fizika

Ümumi təhsil müəssisələrinin 9-cu sinifləri üçün
fizika fənni üzrə dərslik (1-ci hissə)

9

1-ci hissə

©Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi



**Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International
(CC BY-NC-SA 4.0)**

Bu nəşr Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International
lisenziyası (CC BY-NC-SA 4.0) ilə www.trims.edu.az saytında əlçatandır. Bu nəşrin
məzmunundan istifadə edərkən sözügedən lisenziyanın şərtlərini qəbul etmiş olursunuz:

İstinad zamanı nəşrin müəllif(lər)inin adı göstərilməlidir.

Nəşrdən kommersiya məqsədilə istifadə qadağandır.

Törəmə nəşrlər orijinal nəşrin lisenziya şərtlərilə yayılmalıdır.

Bu nəşrlə bağlı irad və təkliflərinizi trm@arti.edu.az və derslik@edu.gov.az
elektron ünvanlarına göndərməyiniz xahiş olunur.
Əməkdaşlığınız üçün əvvəlcədən təşəkkür edirik!

DƏRSLİK

Dərslə tanış olun

Bölmənin ilk səhifəsi

Elm tarixindən, təbiətdən və ya texnologiya sahəsindən maraqlı məlumatlar təqdim olunur. Səhifədəki suallar əvvəlki bilikləri yada salmağa və onları bölmənin mövzuları ilə əlaqələndirməyə kömək edir.

Dərslə bəzi mövzular üzrə **PhET interaktiv simulyasiyalarından və digər resurslardan istifadə edilmişdir. QR kodları skan etməklə** simulyasiyalarda təcrübələr aparmaq və videomateriallarla tanış olmaq mümkündür.



Simulation by PhET Interactive Simulations, University of Colorado Boulder, licensed under CC-BY-4.0 (<https://phet.colorado.edu>).

1 Fiziki kəmiyyətlər. Eksperimental fizika

3 yanvar 1999-cu ildə Amerikanın Florida ştatından NASA tərəfindən Mars planetinə göndərilən Mars Polar Lander adı kosmik gəmi 3 dekabr 1999-cu ildə həmin planetin səthinə düşdü. Gəmi planetin səthinə yaxınlaşdıqda onun eniş aydaqlarının təsəvvüründən uzaqla yayılan siqnalın gəmiyə quraşdırılmış detektorlar tərəfindən emma signalı kimi qəbul edildiyi və mühərrik vasitəsilə əvvəl avtomatik olaraq söndürüldü. Həmin saat kosmik gəmi hala Marsın səthinə çatmışdı. Beləliklə, gəmi planetin cazibə qüvvəsinin təsiri altında doğru yəni istənilən hərəkət edərək yüksək sürətlə səthə çirpdi və məhv oldu.



1. Sızca, kosmik qurğuda olan xəta hansı səbəbdən baş verə bilər?
2. Eksperimentdə xətalara azaltmaq üçün nə etmək olar?

Bölmədə öyrənəcəksiniz.

- Fiziki kəmiyyətlər vektorial və skalyar olmaqla iki qrupa bölünür.
- Vektorial fiziki kəmiyyətlər üzərində toquma, çürmə, vurma və odma amallarını izah etmək olar.
- Ölçmənin sistemik və təsadüfi xətalardan asılıdır.
- Xətləri tədqiqatçıların müəyyən təsvir etmək olar.
- Fiziki hadisələri təsvir etmək üçün fiziki hadisələri araşdırmaq və qanunauyğunluqları müəyyən edən əsas metoddur.

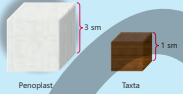
Bölmədə öyrənəcəksiniz

Bölmədəki mövzular əsasında qazanılan bilik və bacarıqlar sadalanır.

1.1 FİZİKİ KƏMIYYƏTLƏR. DƏYİŞƏN FİZİKİ KƏMIYYƏTLƏR

1.1.1 Skalyar və vektorial fiziki kəmiyyətlər

Məsələ 1. Otaq temperaturunda (18°C) penoplast və taxta kublar verilmişdir. Penoplast kubun tələnin uzunluğu 3 sm, taxta kubun isə 1 sm-dir. Penoplastın sıxlığı $0,015 \frac{\text{q}}{\text{sm}^3}$, taxtanın sıxlığı isə $0,698 \frac{\text{q}}{\text{sm}^3}$ -dir.



- Bu kublarn uyğun olaraq kütlələri nəyə bərabərdir?
- Masa üzərində sükmətdə olan hansı kubun çəkisi daha böyükdür: penoplast, yoxsa taxta kubun? Cavabınızı əsaslandırın.
- Məsələdə adları keçən temperatur, uzunluq, həcm, sıxlıq, kütlə və çəki anlayışlarından hansı skalyar, hansı vektorial fiziki kəmiyyətdir? Cavabınızı əsaslandırın.

Açıq sözlər: skalyar kəmiyyət, vektorial kəmiyyət, vektorun modulu, kollinear vektorlar

Bilirsiniz ki, cisim və ya hadisələrin xüsusiyyətləri fiziki kəmiyyətlərlə ifadə olunur. Fiziki kəmiyyətlərin bəziləri yalnız qiyməti və vahidi ilə, bəziləri isə qiyməti və vahidi ilə yanaşı istiqaməti ilə də ifadə edilir. Bu baxımdan fiziki kəmiyyətlər iki qrupa bölünür: **skalyar fiziki kəmiyyətlər və vektorial fiziki kəmiyyətlər.**

Maraqoyatma

Bu hissədə tanış situasiya və ona aid suallar təqdim olunur. Dərsin fəaliyyət və izah mərhələlərinə hazırlıq məqsədi daşıyır. Situasiya təhlil olunur, suallara cavab verməklə mövzuya dair ilkin biliklər yada salınır.

İzahetmə

Yeni mövzu izah edilir.

Fəaliyyət

Qoyulmuş suala cavab tapmaq üçün yerinə yetirilən praktik tapşırıqdır.

Düşün – müzakirə et – paylaş

Təqdim olunan sual düşünmək və cavabları sinif yoldaşları ilə müzakirə etmək üçün nəzərdə tutulur.

DÜŞÜN
MÜZAKİRƏ ET
PAYLAŞ

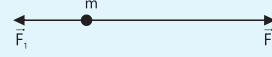
Əgər vektorun başlanğıcı ilə sonu üst-üstə düşürsə, o, sıfır vektor adlanır və $\vec{0}$ kimi işarə olunur. **Sıfır vektorunun müəyyən bir istiqaməti və uzunluğu varmı? Cavabınızı əsaslandırın.**

Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

Bu hissədəki sual və tapşırıqlar yeni anlayışları fərqli situasiyaya tətbiq etməyə və qazanılmış bilikləri dərinləşdirərək möhkəmləndirməyə kömək edir.

Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

Məsələ 3. Kütləsi 2 kq olan maddi nöqtəyə şəkildə təsvir olunduğu kimi üfüqi \vec{F}_1 və \vec{F}_2 qüvvələri təsir edir. Məlumdur ki, $\vec{F}_1 = 9\text{N}$ və $\vec{F}_2 = 4\text{N}$ -dur.



Sual 1. Əvəzləyici qüvvə hansı istiqamətə yönəlmişdir?

Sual 2. Əvəzləyici qüvvənin modulu nəyə bərabərdir?

Sual 3. Tacil vektoru hansı istiqamətə yönəlmişdir? Onun modulu nəyə bərabərdir?

Bilirsinizmi?

Öyrədilən mövzuya dair təbiət, elm tarixi, gündəlik həyat və ya texnologiya sahəsindən maraqlı faktlar və məlumatlar təqdim edilir.

Bilirsinizmi?

İşığın sürəti ilə bağlı dəqiq qərar alimlər tərəfindən XX əsrin ikinci yarısında verildi. Bu, şüalanma tezliyinin son dərəcə sabitliyi ilə fərqlənən mazer və lazerlərin yaradılması ilə mümkün oldu. 1970-ci illərin əvvəllərində ölçmələrdəki xəta 1 km/san-dək azaldıldı. Nəticədə 1975-ci ildə keçirilmiş XV Beynəlxalq Ölçü və Çəki Konfransının tövsiyəsinə əsasən qərara alındı ki, vakuumdakı işığın sürəti bundan sonra **299 792,458 km/san** qəbul edilsin.

Elm, texnologiya, həyat

Bölmədə öyrənilən biliklərin tarixi inkişafı, tətbiqi və ya mümkün inkişaf istiqamətlərinə dair oxu materialı təqdim olunur.

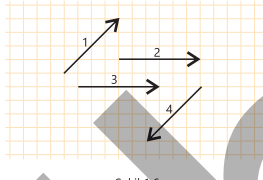
Öyrəndiklərinizi yoxlayın

Təqdim olunan sual və tapşırıqlar mövzunun mənimsənilmə səviyyəsini ölçür.

Öyrəndiklərinizi yoxlayın

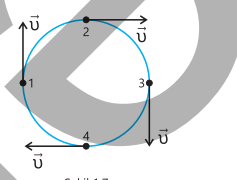
1. Vektorların müqayisəsi

Sual 1. Şəkil 1.6-da təsvir olunan vektorlardan hansılar kollinear, hansılar isə kollinear deyildir?



Şəkil 1.6.

Sual 2. Şəkil 1.7-də çevrə üzrə bərabərsürətli hərəkət edən nöqtənin sürət vektorları təsvir olunmuşdur. Hansı nöqtələrdəki sürət vektorları kollinear?



Şəkil 1.7.

2. Aşağıdakı məlumatlara diqqət yetirin.

- Avtomobil A məntəqəsindən hərəkətə başlayıb 200 m məsafə qət etdikdən sonra B məntəqəsinə çatdı.
- Yer səthindən 10.000 m yüksəklikdə uçan uçaq üçün təyyarəsinə $7 \cdot 10^6\text{N}$ ağırlıq qüvvəsi təsir edir.
- Kütləsi $6 \cdot 10^{22}\text{kg}$ olan Yer kürəsi Günəş ətrafında uzunluğu $930 \cdot 10^6\text{km}$ olan orbit üzrə 30 km/san sürətlə dövr edir.

Sual. Bu kəmiyyətlərin hansı skalyar, hansı isə vektorialdır?

Elm, texnologiya, həyat

Böyük Adron Kollayderi (BAK)

BAK – dünyanın ən böyük eksperimental qurğusu, həm də insan tərəfindən yaradılmış ən mürəkkəb elmi cihazdır. Kollayder İsveçrə ilə Fransa sərhədində, Yüksək Enerji Fizikası Markazında yerləşir.

BAK-ın əsas məqsədi maddənin ən kiçik zərrəciklərini öyrənməkdir. Güclü maqnit sahələrinin köməyi ilə kollayder yüklü zərrəcikləri – adronları (əsasən protonları) işıq sürətinə yaxın sürətlərə qədər sürətləndirir və sonra onları toqquşdurur.

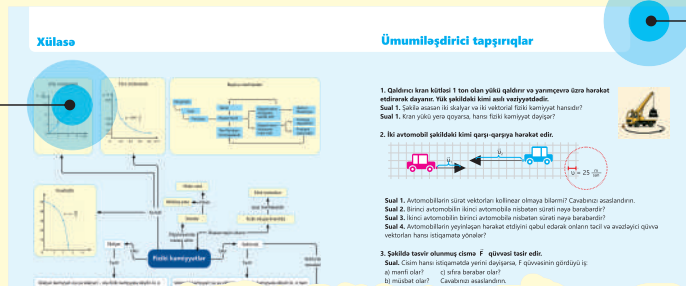
Bu toqquşmalar zamanı nəhəng enerji ayrılır, nəticədə alimlər yeni zərrəciklərin yaranmasını müşahidə edə bilərlər. Məhz bu üsulla 2012-ci ildə Higgs zərrəciyi – maddənin kütləyə sahib olmasına cavabdeh olan elementar zərrəciyi – aşkar edilmişdir.

BAK-da aparılan tədqiqatlar kainatın quruluşunu izah edən nazari modelləri, xüsusilə Fizikanın Standart Modelini yoxlamağa imkan verir. Bundan əlavə, bu araşdırmalar antimaddə, qaranlıq maddə və kvant qravitasiyası kimi sahələrin öyrənilməsinə mühüm rol oynayır.

BAK üçün hazırlanmış texnologiyalar yalnız elmdə deyil, tibb, informasiya texnologiyaları və materialşünaslıq kimi digər sahələrdə də geniş tətbiq olunur.

Xülasə

Bölmədə öyrədilən əsas anlayışları sxem və ya anlayışlar xəritəsi vasitəsilə əlaqəli və ümumiləşdirilmiş şəkildə yadda saxlamağa kömək edir.



Ümumiləşdirici tapşırıqlar

Bölmədə öyrədilən bütün mövzulara dair sual və tapşırıqlar təqdim olunur, bölmə üzrə mənimsənilən bilik və bacarıqların səviyyəsi ölçülür.

Bölmə 1 Fiziki kəmiyyətlər. Eksperimental fizika

1.1 FİZİKİ KƏMIYYƏTLƏR. DƏYİŞƏN FİZİKİ KƏMIYYƏTLƏR

1.1.1	Skalyar və vektorial fiziki kəmiyyətlər	8
1.1.2	Vektorların toplanması	12
1.1.3	Vektorların çıxılması	15
1.1.4	Vektorun proyeksiyası. Vektorun ox üzərində proyeksiyası	18
1.1.5	Vektorun koordinatları. Vektorun proyeksiyalarına görə modulunun təyini	23
1.1.6	Vektorların skalyar hasilı	27
1.1.7	Dəyişən fiziki kəmiyyətlər	30
1.1.8	Fiziki kəmiyyətlər arasındakı asılılığın qrafik təsviri	34

1.2 ÖLÇMƏ VƏ HESABLAMALARDA XƏTALAR

1.2.1	Ölçmədə dəqiqlik	39
1.2.2-1	Ölçmələrdə xəta: çoxsaylı ardıcıl ölçmələrdə mütləq və nisbi xəta	43
1.2.2-2	Ölçmələrdə xəta: çoxsaylı ardıcıl ölçmələrdə mütləq və nisbi xəta	46

1.3 FİZİKADA EKSPERİMENT

1.3.1	Fizikada eksperiment elmi tədqiqat metodu kimi	50
1.3.2	Fiziki eksperimentin elmi hesabının hazırlanması (nümunə)	54
1.3.3	Fizika elminin inkişafında eksperimentlərin rolu (təqdimat dərsləri)	58
	Elm, texnologiya, həyat	61
	Xülasə	62
	Ümumiləşdirici tapşırıqlar	63

Bölmə 2 Həndəsi optika

2.1 İŞIQ ŞÜALARI

2.1.1	İşığın təbiəti haqqında təsəvvürlər	66
2.1.2	İşıq sürətinin təyini	71
2.1.3	İşığın düzxətli yayılma qanunu	74

2.2 İŞIĞIN QAYITMASI

2.2.1	İşığın qayıtma qanunu	78
2.2.2	Müstəvi güzgüdə cismin əksi necə alınır?	81
2.2.3	Sferik güzgü	85
2.2.4	Sferik güzgülərdə xəyalın qurulması	88

2.3 İŞIĞIN SINMASI – REFRAKSİYA

2.3.1	İşığın sınması qanunu: Snellius qanunu	92
2.3.2	İşığın tam daxili qayıtması	96
2.3.3	İşığın paralel üzlü müstəvi şüşə lövhədə və üçüzlü şüşə prizmada yolu	100
2.3.4	Ağ işığın rənglərə ayrılması: dispersiya	103

2.4 LİNZALAR

2.4.1	Linzalar. Linzaların əsas elementləri	107
2.4.2	Linzalarda cismin xəyalının qurulması	111
2.4.3	Nazik linza düsturu: linzanın xarakteristikaları arasında əlaqə	115
2.4.4	Göz – təbii optik sistemdir	119
2.4.5	Optik cihazlar	123
	Elm, texnologiya, həyat	127
	Xülasə	128
	Ümumiləşdirici tapşırıqlar	129
	Sözlük	132

bölmə 1

Fiziki kəmiyyətlər. Eksperimental fizika

3 yanvar 1999-cu ildə Amerikanın Florida ştatından NASA tərəfindən Mars planetinə göndərilən "Mars Polar Lander" adlı kosmik gəmi 3 dekabr 1999-cu ildə həmin planetin orbitinə daxil oldu. Gəmi planetin səthinə yaxınlaşdıqda onun eniş ayaqlarının təsadüfi titrəyişindən ətrafa yayılan siqnallar gəmiyə quraşdırılmış detektorlar tərəfindən enmə siqnalı kimi qəbul edildi və mühərriklər vaxtından əvvəl avtomatik olaraq söndürüldü. Həmin vaxt kosmik gəmi hələ Marsın səthinə çatmamışdı. Beləliklə, gəmi planetin cazibə qüvvəsinin təsiri ilə səthə doğru yeyinləşən hərəkət edərək yüksək sürətlə səthə çırpıldı və məhv oldu.



- Fiziki kəmiyyətlərin ölçülməsində və hesablanmasında müxtəlif səbəblərdən qeyri-dəqiqliklər, yəni xətlər yarana bilər. Bu isə planlaşdırılan nəticələrin həqiqi qiymətlərdən kənara çıxmasına səbəb ola bilər.
- 1. Sizcə, kosmik qurğuda olan xəta hansı səbəbdən baş verə bilər?
- 2. Eksperimentdə xətləri azaltmaq üçün nə etmək olar?

Bölmədə öyrənəcəksiniz

- Fiziki kəmiyyətlər vektorial və skalyar olmaqla iki qrupa bölünür.
- Vektorial fiziki kəmiyyətlər üzərində toplama, çıxma, vurma və bölmə əməllərini icra etmək olar.
- Ölçmədə dəqiqlik sistemativ və təsadüfi xətlərdən asılıdır.
- Xətləri qrafiklər vasitəsilə təsvir etmək olar.
- Fizikada elmi metod fiziki hadisələri araşdırır və qanunauyğunluqları müəyyən edən əsas metoddur.

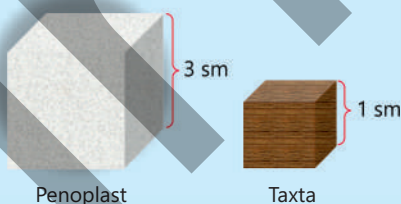
1.1 FİZİKİ KƏMIYYƏTLƏR.

DƏYİŞƏN FİZİKİ KƏMIYYƏTLƏR

- Fizikada maddi aləmin hadisə və proseslərini öyrənmək üçün onların kəmiyyətə ifadəsi – yeni fiziki kəmiyyətlər istifadə olunur. Bu kəmiyyətlərdən bəziləri yalnız ədədlə, digərləri isə həm ədədlə, həm də istiqamətlə xarakterizə olunur. Məsələn, hərəkət sürətini, qüvvəni və enerjini necə müqayisə etmək olar? Fizika bunun cavabını fiziki kəmiyyətlər vasitəsilə verir. Bəziləri sadəcə "nə qədər" sualına cavab verir, digərləri isə "haraya doğru" sualını da əlavə edir.

1.1.1 Skalyar və vektorial fiziki kəmiyyətlər

Məsələ 1. Otaq temperaturunda (18°C) penoplast və taxta kublar verilmişdir. Penoplast kubun tilinin uzunluğu 3 sm, taxta kubun isə 1 sm-dir. Penoplastın sıxlığı $0,015 \frac{\text{q}}{\text{sm}^3}$, taxtanın sıxlığı isə $0,698 \frac{\text{q}}{\text{sm}^3}$ -dir.



- Bu kubların uyğun olaraq kütlələri nəyə bərabərdir?**
- Masa üzərində sükunətdə olan hansı kubun çəkisi daha böyükdür: penoplast, yoxsa taxta kubun? Cavabınızı əsaslandırın.**
- Məsələdə adları keçən kəmiyyətlərdən hansı skalyar, hansı vektorial fiziki kəmiyyətdir? Cavabınızı əsaslandırın.**

Açar sözlər

skalyar kəmiyyət, vektorial kəmiyyət, vektorun modulu, kollinear vektorlar

Bilirsiniz ki, cisim və ya hadisələrin xüsusiyyətləri fiziki kəmiyyətlərlə ifadə olunur. Fiziki kəmiyyətlərin bəziləri yalnız qiyməti və vahidi ilə, bəziləri isə qiyməti və vahidi ilə yanaşı, istiqaməti ilə də ifadə edilir. Bu baxımdan fiziki kəmiyyətlər iki qrupa bölünür: **skalyar fiziki kəmiyyətlər və vektorial fiziki kəmiyyətlər.**

Skalyar fiziki kəmiyyətlər

Skalyar fiziki kəmiyyət (və ya skalyar kəmiyyət) – elə fiziki kəmiyyətə deyilir ki, o yalnız ədədi qiyməti ilə (müəyyən ölçü vahidində) ifadə olunsun.

Fizikada skalyar kəmiyyət çoxdur. Bu kəmiyyətlər yalnız ədədi qiymətləri ilə xarakterizə olunduqlarına görə skalyar

kəmiyyətlərdir. Lakin fizikada bir çox skalyar kəmiyyət sadəcə ədədi qiymət deyil, həm də müəyyən ölçü vahidi ilə də xarakterizə olunur. Məsələn, kütlə verildə biz onu $m=5$ kimi yaza bilmərik, bu kəmiyyətin ölçü vahidi də göstərilməlidir: $m = 5 \text{ kq}$. Deməli, fizikada skalyar kəmiyyətin ədədi qiymətindən başqa, ölçü vahidi də vardır. Məhz bu xarakterinə görə fizikada skalyar kəmiyyət riyaziyyatda ədədlərdən fərqlənir. Belə ki, riyaziyyatda əgər 5 ədədi ilə 220 ədədini toplamaq mümkündürsə, fizikada 5 kq-ın üzərinə 220 V gəlmək mümkün deyil. Fizikada yalnız o skalyar kəmiyyətləri toplamaq və çıxmaq mümkündür ki, həmin kəmiyyətlərin ölçü vahidləri eyni olsun. Məsələn, $m_1 = 5 \text{ kq}$ kütləli maddəni $m_2 = 2000 \text{ q}$ maddə ilə müqayisə edəndə onlar eyni vahidə gətirilərək müqayisə olunmalıdır.

Vektorial fiziki kəmiyyətlər

Vektorial fiziki kəmiyyət (və ya vektoral kəmiyyət) – ehtə fiziki kəmiyyətə deyilir ki, o həm ədədi qiyməti (qeyri-mənfi skalyar), həm də fəzada istiqaməti ilə xarakterizə olunsun. Bu zaman vektorun ədədi qiyməti və ya modulu **skalyar** adlanır.

Fərz edək ki, təyyarə 900 km/saat sürətlə uçur (şəkil 1.1). Təyyarənin hərəkətinə aid bu məlumatı tam adlandırmaq olarmı? Əlbəttə xeyr, təyyarənin hara və hansı istiqamətə uçduğunu bilmək də vacibdir. Ona görə də təyyarənin sürətinin yalnız modulunu (mütləq qiymətini), yəni sürətinin 900 km/saat olduğunu bilmək kifayət deyil, onun bu sürətlə fəzada hansı istiqamətə hərəkət etdiyini bilmək də vacibdir. Deməli, sürət vektorial kəmiyyətdir (burada yerdəyişməyə görə sürət nəzərdə tutulur).



Şəkil 1.1.
Təyyarə hansı istiqamətə uçur?

FƏALİYYƏT

Cismin hərəkət istiqamətini təyin etmək üçün nəyi bilmək lazımdır?

Məsələ 2. Döşəmədə kütləsi 30 kq olan daş parçası var. Ona 1000 N qüvvə təsir edir.

Müzakirə edin

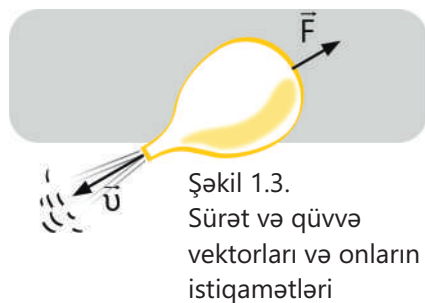
- Sual 1. Daş parçası hansı istiqamətə hərəkət edəcək (şəkil 1.2)?
- Sual 2. Məsələnin şərtində hansı çatışmazlıq var?



Şəkil 1.2

Fizikada vektorun da ölçü vahidi var.

Vektorun ölçü vahidi – onun modulunun ölçü vahididir.



Şəkil 1.3.
Sürət və qüvvə
vektorları və onların
istiqamətləri

Vektorial fiziki kəmiyyət üzərində ox olan simvolla işarə edilir. Məsələn, sürət vektoru \vec{u} simvolu ilə, qüvvə vektoru \vec{F} simvolu ilə işarə olunur (şəkil 1.3). Oxun başlanğıc nöqtəsi vektorun başlanğıcı (və ya tətbiq nöqtəsi), oxun son iti ucu isə vektorun sonu adlanır. Riyaziyyatda vektorun başlanğıcı A nöqtəsində, sonu B nöqtəsindədirsə, bu vektor \vec{AB} kimi işarə olunur. Fizikada da bəzən belə vektorlardan istifadə edilir.

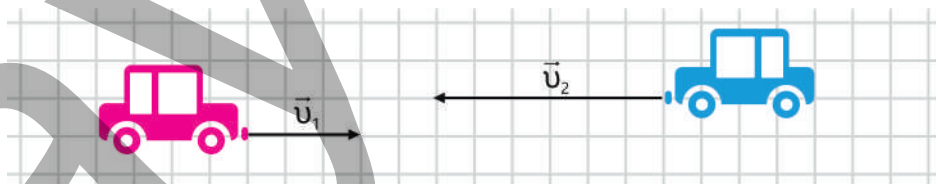
• DÜŞÜN
• MÜZAKİRƏ ET
• PAYLAŞ

Əgər vektorun başlanğıcı ilə sonu üst-üstə düşürsə, o, sıfır vektor adlanır və $\vec{0}$ kimi işarə olunur.

• **Sıfır vektorunun müəyyən bir istiqaməti və uzunluğu varmı? Cavabınızı əsaslandırın.**

Vektorial kəmiyyətləri qrafik təsvir etmək üçün oxlardan istifadə olunur. Belə ki, oxun istiqaməti verilmiş vektorun istiqamətini göstərir, oxun uzunluğu isə müvafiq miqyasda bu vektorun moduludur. Məsələn, fərz edək ki, iki avtomobil uyğun olaraq $v_1 = 36 \frac{\text{km}}{\text{saat}}$ və $v_2 = 72 \frac{\text{km}}{\text{saat}}$ sürəti ilə qarşı-qarşıya hərəkət edir. Bu halda avtomobillərin \vec{u}_1 və \vec{u}_2 sürət vektorları əks istiqamətlərə yönələcək və \vec{u}_2 vektorunun uzunluğu iki dəfə böyük olacaq (şəkil 1.4).

Şəkil 1.4. \vec{u}_2 vektorunun
uzunluğu iki dəfə böyükdür



Riyaziyyatda vektorun modulu, məsələn, sürətin modulu $|\vec{u}|$ simvolu kimi yazılırsa, fizikada vektorun modulu üzərində ox işarəsi olmayan simvol kimi, yəni, sadəcə, u kimi yazılır.

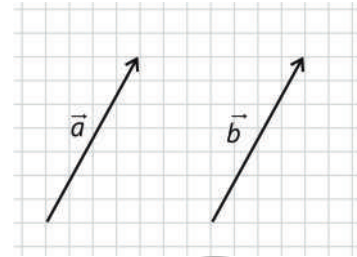
Kollinear vektorlar

Bir düz xətt və ya paralel düz xətlər üzərində olan vektorlar **kollinear vektorlar** adlanır.

Fərz edək ki, iki kollinear vektor verilmişdir. Bu zaman vektorların istiqamətlərinə görə aşağıdakı hallar ola bilər:

- əgər iki kollinear vektorun istiqamətləri eynidirsə, onlar istiqamətləri üst-üstə düşən vektorlar adlanır;

- əgər iki kollinear vektorun istiqamətləri fərqlidirsə, onlar əks istiqamətli vektorlar adlanır. Şəkil 1.4-də təsvir olunan vektorlar əks istiqamətli kollinear vektorlardır;
- əgər iki kollinear vektor eyni istiqamətlidirsə və modulları da bərabərdirsə, belə vektorlar bərabər vektorlar adlanır (bax: şəkil 1.5).



Şəkil 1.5. \vec{a} və \vec{b} vektorları bərabərdir: $\vec{a} = \vec{b}$

Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

Məsələ 3. Kütləsi 2 kq olan maddi nöqtəyə şəkildə təsvir olunduğu kimi üfüqi \vec{F}_1 və \vec{F}_2 qüvvələri təsir edir. Məlumdur ki, $F_1 = 9\text{N}$ və $F_2 = 4\text{N}$ -dur.



Sual 1. Əvəzləyici qüvvə hansı istiqamətə yönəlmişdir?

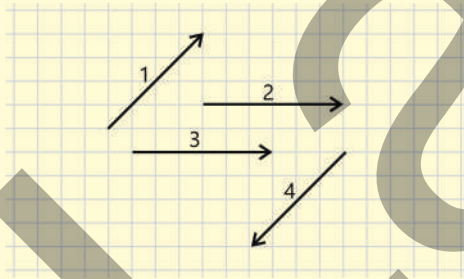
Sual 2. Əvəzləyici qüvvənin modulu nəyə bərabərdir?

Sual 3. Təcil vektoru hansı istiqamətə yönəlmişdir? Onun modulu nəyə bərabərdir?

Öyrəndiklərinizi yoxlayın

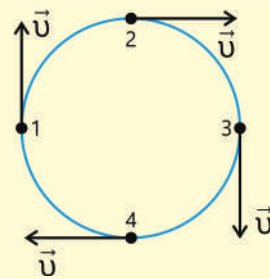
1. Vektorların müqayisəsi

Sual 1. Şəkil 1.6-da təsvir olunan vektorlardan hansılar kollineardır?



Şəkil 1.6.

Sual 2. Şəkil 1.7-də çevrə üzrə bərabərsürətli hərəkət edən nöqtənin sürət vektorları təsvir olunmuşdur. Hansı nöqtələrdəki sürət vektorları kollineardır?



Şəkil 1.7.

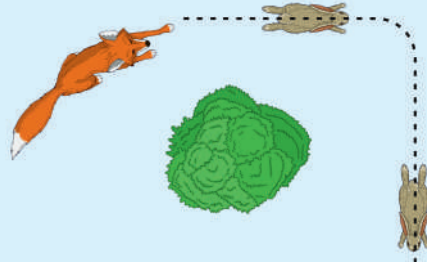
2. Aşağıdakı məlumatlara diqqət yetirin.

- Avtomobil A məntəqəsindən hərəkətə başlayıb 200 m məsafə qət etdikdən sonra B məntəqəsinə çatdı.
- Yer səthindən 10 000 m yüksəklikdə uçan sərnişin təyyarəsinə $7 \cdot 10^5\text{ N}$ ağırlıq qüvvəsi təsir edir.
- Kütləsi $6 \cdot 10^{24}\text{ kq}$ olan Yer kürəsi Günəş ətrafında uzunluğu $930 \cdot 10^6\text{ km}$ olan orbit üzrə 30 km/san sürətlə dövr edir.

Sual. Bu kəmiyyətlərin hansı skalyar və hansı vektorialdır?

1.1.2 Vektorların toplanması

Məsələ 1. Dovşan tülküdən qaçır. O, əvvəlcə şərqə doğru 5 m, sonra isə qəfil tullanaraq cənuba doğru daha 12 m qaçır. Tülkü isə qısa yolla qaçmaq istəyir.



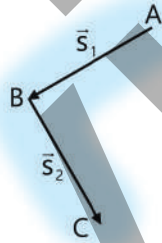
- Tülkü dovşana daha tez çatmaq üçün onun hərəkətə başladığı nöqtədən dayandığı nöqtəyə qədər hansı istiqamətdə və neçə metr qaçmalıdır?
- Bunu sxemdə necə təsvir etmək olar?

Açar sözlər vektorların toplanması, əvəzləyici vektor, üçbucaq qaydası, paraleloqram qaydası

FƏALİYYƏT

Əvəzləyici vektorun istiqamətini necə müəyyən etmək olar?

Məsələ 2. Cisim A nöqtəsindən B nöqtəsinə \vec{s}_1 , B nöqtəsindən C nöqtəsinə isə \vec{s}_2 yerdəyişməsi icra etmişdir.



Müzakirə edin:

- Cismin yekun \vec{s} yerdəyişməsi nəyə bərabərdir?
- Onu sxemdə necə təsvir etmək olar?

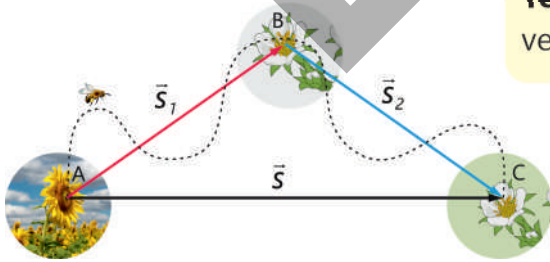
Fizikada yalnız eyni vahidlə verilmiş fiziki kəmiyyətləri ifadə edən vektorları toplamaq olur. Məsələn, yerdəyişmə vektorunu yalnız yerdəyişmə vektoru ilə, qüvvə vektorunu yalnız qüvvə vektoru ilə və s. toplamaq mümkündür. Lakin yerdəyişmə vektorunu qüvvə vektoru ilə toplamaq qeyri-mümkündür.

Vektorların toplanması qaydasını iki nümunə ilə öyrənək.

1. Vektorların toplanmasının üçbucaq qaydası

Yerdəyişmə vektorlarının toplanması

Yerdəyişmə – cismin başlanğıc və son vəziyyətini birləşdirən vektordur.



Şəkil 1.8. Yerdəyişmə vektoru

Fərz edək ki, cisim, məsələn, arı A nöqtəsindən B nöqtəsinə \vec{s}_1 , B nöqtəsindən C nöqtəsinə isə \vec{s}_2 yerdəyişməsi icra etmişdir. Bu halda cismin yekun yerdəyişməsi A nöqtəsi ilə C nöqtəsinə birləşdirən \vec{s} vektoru olacaq (şəkil 1.8).

Beləliklə, cismin \vec{s} yerdəyişməsi onun iki ardıcıl \vec{s}_1 və \vec{s}_2 yerdəyişmələrinin əvəzləyicisidir. Ona görə də \vec{s} yerdəyişməsi bu yerdəyişmələrin cəminə bərabərdir (şəkil 1.9):

$$\vec{s} = \vec{s}_1 + \vec{s}_2.$$

Bu nümunə vektorların toplanmasında istifadə edilən **üçbucaq qaydasını** ifadə edir.

Vektorların toplanmasının üçbucaq qaydasına görə \vec{b} vektorunun başlanğıcı \vec{a} vektorunun sonunda yerləşdirilir. Bu halda əvəzləyici $\vec{a} + \vec{b}$ vektoru \vec{a} vektorunun başlanğıcı ilə \vec{b} vektorunun sonunu birləşdirir (şəkil 1.10).

2. Vektorların toplanmasının paraleloqram qaydası

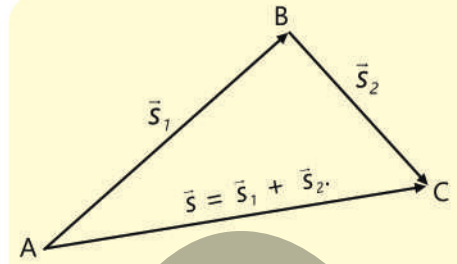
Qüvvə vektorlarının toplanması. Qüvvələrin toplanmasına yerdəyişmələrin toplanması ilə müqayisədə fərqli hadisə kimi baxmaq olar. Fərz edək ki, O nöqtəsindəki cismə iki \vec{F}_1 və \vec{F}_2 qüvvəsi təsir edir. Təcrübə göstərir ki, cismə bu iki qüvvənin təsirini bir \vec{F} qüvvəsi ilə əvəzləmək olar. Bu qüvvə \vec{F}_1 və \vec{F}_2 vektorları üzərində qurulan paraleloqramın diaqonalını təşkil edir (şəkil 1.11). Yəni \vec{F}_1 və \vec{F}_2 qüvvələri bir \vec{F} qüvvəsi ilə əvəzlənərsə, cismin hərəkətində heç bir dəyişiklik baş verməz. Belə halda \vec{F} qüvvəsi iki \vec{F}_1 və \vec{F}_2 qüvvələrinin *əvəzləyici qüvvəsi* adlanır. Əvəzləyici qüvvə cismə təsir edən qüvvələrin vektorial cəminə bərabərdir:

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

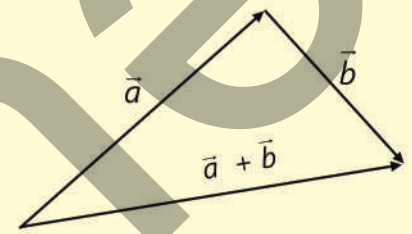
Belə yanaşma ixtiyari iki vektorun toplanmasının **paraleloqram qaydasını** anlamağa imkan verir (şəkil 1.12).

Vektorların toplanmasının paraleloqram qaydasına görə iki \vec{a} və \vec{b} vektorunun başlanğıcı bir nöqtəyə gətirilir. Bu halda $\vec{a} + \vec{b}$ vektoru başlanğıcı həmin nöqtədə olmaqla \vec{a} və \vec{b} vektorları üzərində qurulmuş paraleloqramın diaqonalı olacaqdır (bax: şəkil 1.12).

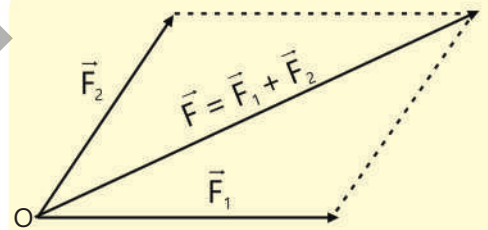
Vektorların həm üçbucaq, həm də paraleloqram qaydası ilə toplanması eyni əvəzləyici vektoru verir.



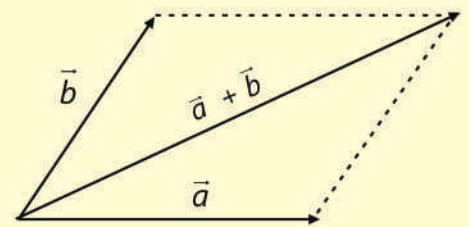
Şəkil 1.9. Yerdəyişmələrin toplanması



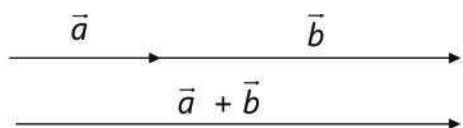
Şəkil 1.10. İki vektorun toplanmasının üçbucaq qaydası



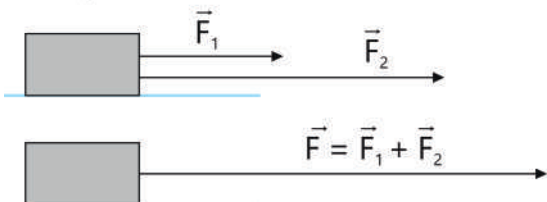
Şəkil 1.11. Qüvvə vektorlarının toplanması



Şəkil 1.12. İki vektorun toplanmasının paraleloqram qaydası



Şəkil 1.13. Kollinear vektorların toplanması



Şəkil 1.14. İki kollinear vektorun toplanması

Kollinear vektorların toplanması

Bir düz xətt üzrə və ya bir-birinə paralel yönəlmiş vektorları toplamaq üçün üçbucaq və ya paraleloqram üsulları yaramır. Çünki bu zaman paraleloqram və üçbucaq fiqurlarını almaq mümkün olmur.

Lakin kollinear vektorların toplanmasında üçbucaq qaydasına uyğun prinsiplərdən istifadə etmək olar.

Belə ki, \vec{b} vektorunun başlanğıcı \vec{a} vektorunun sonunda yerləşdirilir. Nəticədə $\vec{a} + \vec{b}$ vektoru alınır (şəkil 1.13).

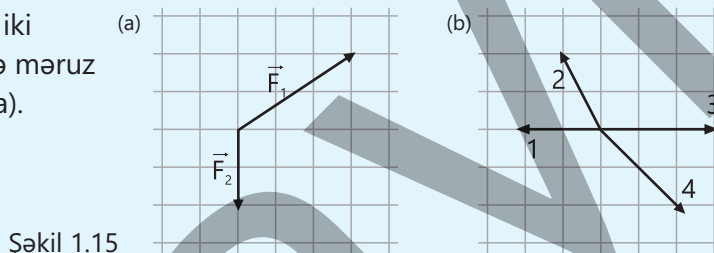
Fizikada kollinear vektorların toplanmasına tez-tez rast gəlinir. Məsələn, cismə eyni istiqamətdə təsir edən iki qüvvəni onların cəminə bərabər bir qüvvə ilə əvəzləmək olur (şəkil 1.14).

• DÜŞÜN • MÜZAKİRƏ ET • PAYLAŞ •

Praktikada vektorların toplanmasından harada istifadə oluna bilər? İki nümunə söyləyin.

Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

Məsələ 3. Cisim iki qüvvənin təsirinə məruz qalır (şəkil 1.15, a).



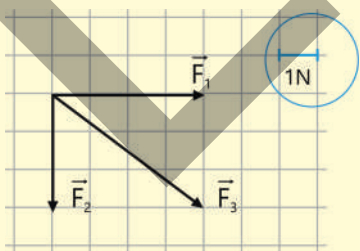
Şəkil 1.15

Sual. Bu qüvvələrin əvəzləyici vektoru şəkil 1.15, b-də hansı rəqəmlə işarə edilmişdir?

Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. Vektorların toplanmasının üçbucaq və paraleloqram qaydaları arasında ümumi və fərqli cəhət nədir?

2. Şəkil 1.16-da eyni müstəvidə yerləşən və bir nöqtəyə tətbiq olunan üç qüvvə vektoru təsvir olunmuşdur.

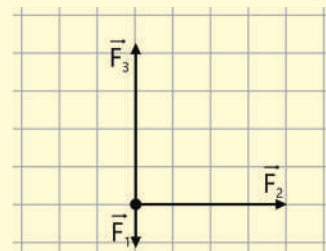


Şəkil 1.16

Sual 1. Əvəzləyici qüvvə hansı istiqamətə yönəlmişdir?

Sual 2. Əvəzləyici qüvvənin modulu nəyə bərabərdir?

3. Üfüqi müstəvidə yerləşən cismə üç qüvvə təsir edir (şəkil 1.17).



Şəkil 1.17

Sual. Bu qüvvələrin əvəzləyicisi hansı istiqamətə yönələcəkdir? Sxemdə təsvir edin.

1.1.3 Vektorların çıxılması

Azər və Lalə səhər tezdən parkda idman edirlər. Azər şimal istiqamətində qaçaraq \vec{s}_1 , Lalə isə şimal-şərq istiqamətində qaçaraq \vec{s}_2 yerdəyişməsi edirlər.

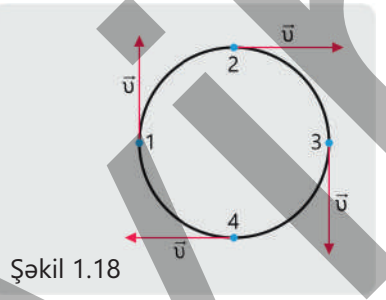


• **Azər və Lalənin yerdəyişmə vektorlarının fərqi sxemdə necə təsvir etmək olar?**

Açar sözlər vektorların çıxılması, əks vektor, sürət dəyişməsi

TƏDQIQAT

Məsələ 1. Cisim 1 nöqtəsindən başlayaraq çevrə üzrə saat əqrəbinin hərəkəti istiqamətində bərabər sürətlə dövr edir (şəkil 1.18).



Şəkil 1.18

Sual 1. Çevrənin 2 nöqtəsində cismin sürət dəyişməsi nəyə bərabərdir?

Sual 2. Çevrənin 3 nöqtəsində cismin sürət dəyişməsi nəyə bərabərdir?

Vektorların çıxılması onların toplanmasına bənzəyir. Sadəcə, fərq ondadır ki, bir vektoru digərindən çıxmaq üçün əks vektor götürülərək toplanır, yəni:

$$\vec{a} - \vec{b} = \vec{a} + (-\vec{b})$$

Burada $(-\vec{b})$ həddi vektorun uzunluğunu saxlamaqla \vec{b} -nin əksinə götürülmüş ifadəsidir.

Vektorların çıxılması – azalanla çıxılan vektorun əks vektorunun toplanmasıdır, yəni \vec{a} və \vec{b} vektorlarının fərqi $\vec{a} + (-\vec{b})$ cəminə bərabərdir.

Lakin vektorların çıxılmasına fərqli nöqtəyi-nəzərdən də yanaşmaq olar.

Fərz edək ki, üç vektor $-\vec{a}$, \vec{b} və \vec{c} vektorları verilmişdir. Burada \vec{a} vektoru \vec{b} və \vec{c} vektorlarının cəminə bərabərdir (şəkil 1.19):

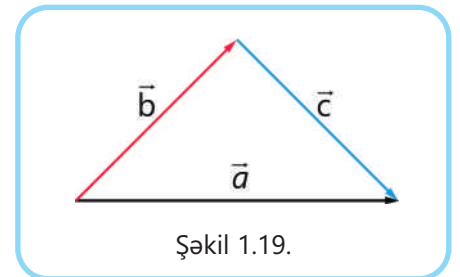
$$\vec{b} + \vec{c} = \vec{a}. \quad (1)$$

(1) bərabərliyində \vec{b} vektorunu mənfi işarə ilə bərabərliyin sağına keçirsək, alınar ki:

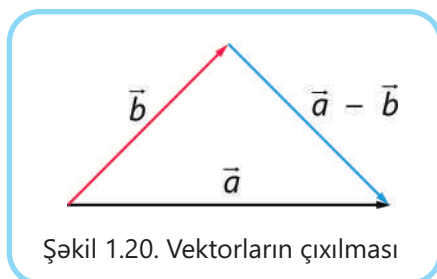
$$\vec{c} = \vec{a} - \vec{b}. \quad (2)$$

(2) bərabərliyi belə oxunur:

\vec{c} vektoru \vec{a} və \vec{b} vektorlarının fərqinə bərabərdir.



Şəkil 1.19.



Şəkil 1.20. Vektorların çıxılması

Şəkil 1.20-də verilmiş vektorların çıxılması sxemi şəkil 1.19-u təkrarlayır, lakin \vec{c} vektorunun əvəzinə $\vec{a} - \vec{b}$ yazılır. Deməli, şəkil 1.19-da \vec{a} və \vec{b} vektorlarının fərqi təsvir edilmişdir.

Beləliklə, $\vec{a} - \vec{b}$ vektorlarının fərqi tapmaq üçün aşağıdakı addımlar ardıcıl yerinə yetirilir:

Addım 1. Əgər \vec{a} və \vec{b} vektorlarının başlanğıc nöqtələri müxtəlifdirsə, bu vektorlar eyni başlanğıc nöqtəyə gətirilir (vektorlardan birinin paralel sürüldürülməsi yolu ilə).

Addım 2. Vektorların çıxılma əməliyyatının nəticəsi olan yekun vektor ikinci vektorun sonunu birinci vektorun sonu ilə birləşdirən vektor olacaqdır (bax: şəkil 1.20).

Fizikada, xüsusilə mexanika bölməsində vektorların çıxılmasına tez-tez rast gəlinir. Məsələn, məlumdur ki, təcil aşağıdakı düsturla təyin olunur:

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}$$

Burada \vec{v}_0 – cismin başlanğıc sürəti, \vec{v} – onun son sürəti, t isə sürətin \vec{v}_0 -dan \vec{v} -yə dəyişməsinin baş verdiyi zamandır. Cismin sürət dəyişməsi son sürət vektoru ilə başlanğıc sürət vektorunun fərqinə bərabərdir:

$$\Delta\vec{v} = \vec{v} - \vec{v}_0$$

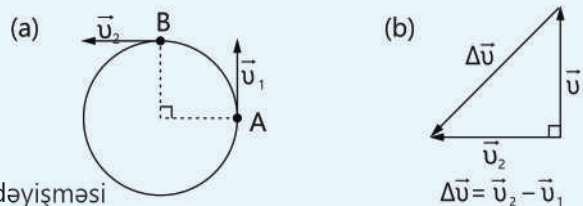
Buradan da təcilin tərfi alınır:

Təcil – sürət dəyişməsinin bu dəyişmənin baş verdiyi zamana nisbətində deyilir.

Beləliklə, fizikada vektorların çıxılması fiziki məna kəsb edir. Buna aşağıdakı məsələni həll etməklə bir daha əmin olmaq mümkündür.

Məsələ 2. Cisim çevrə üzrə bərabər v sürəti ilə hərəkət edir. Onun $\frac{T}{4}$ müddətində sürət vektorunun dəyişməsi nəyə bərabərdir?

Həlli. Fərz edək ki, çevrənin A nöqtəsində cismin sürəti \vec{v}_1 -dir. Cisim $\frac{T}{4}$ müddətində çevrənin $\frac{1}{4}$ hissəsini gedərək B nöqtəsində olur. Bu nöqtədə cismin sürətinin \vec{v}_2 olduğunu qəbul edək (şəkil 1.21, a). Şərtə əsasən cisim çevrə üzrə bərabərsürətli hərəkət etdiyindən \vec{v}_1 və \vec{v}_2 sürət vektorlarının modulları bərabərdir: $|\vec{v}_1| = |\vec{v}_2| = v$.



Şəkil 1.21. Sürət dəyişməsi



Lakin sürət vektorlarının modullarının bərabər olmasına baxmayaraq, onlar fərqli vektorlardır, çünki bu vektorlar istiqamətcə fərqlənir. Ona görə də bu vektorların fərqi sifıra bərabər olmur.

Belə ki, şəkil 1.21, b-dən görünür ki, çevrə üzrə bərabərsürətli hərəkət edən cismin sürət dəyişməsi $\Delta \vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$ -dir. Sürət dəyişməsi düzbucaqlı bərabəryanlı üçbucağın hipotenuzu olduğundan onun ədədi qiyməti Pifaqor teoreminə görə sürətin modulu ilə $\sqrt{2}$ -nin hasilinə bərabərdir:

$$|\Delta \vec{v}| = \sqrt{v^2 + v^2} = v\sqrt{2}.$$

• DÜŞÜN • MÜZAKİRƏ ET • PAYLAŞ •

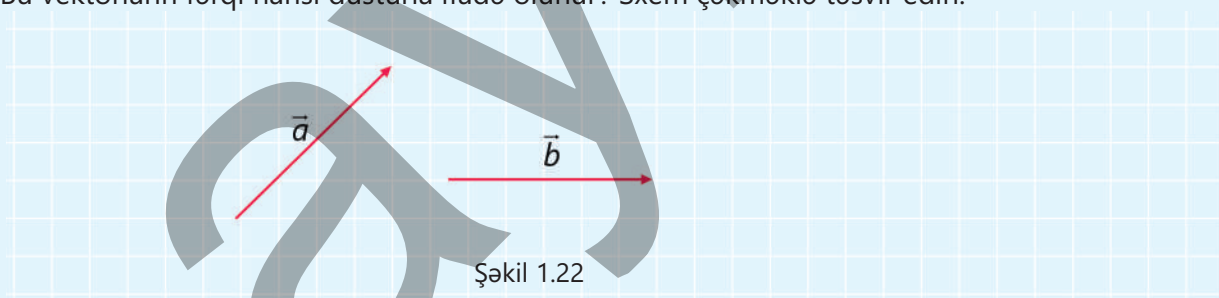
Kollinear vektorların çıxılması və ya toplanmasından alınan vektor əvvəlki vektorlarla kollinear mı? Cavabınızı sxem çəkməklə əsaslandırın.

Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

Məsələ 3. Şəkil 1.22-də \vec{a} və \vec{b} vektorları təsvir edilmişdir.

Sual 1. Bu vektorların cəmi hansı düsturla ifadə olunur? Sxem çəkməklə təsvir edin.

Sual 2. Bu vektorların fərqi hansı düsturla ifadə olunur? Sxem çəkməklə təsvir edin.



Şəkil 1.22

Məsələ 4. Məsələ 1-in şərtinə əsasən cismin hərəkət trayektoriyasının 4 və 1 nöqtələrində sürət dəyişməsini təyin edin.

Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. Fizikada vektorların çıxılması anlayışı mənaca riyaziyyatdakı eyni anlayışdan nə ilə fərqlənir?

2. Üç vektor üçün $\vec{a} - \vec{b} = \vec{c}$ olduğu məlumdur.

Sual. Əgər \vec{a} və \vec{c} vektorları sxemdə göstərilirsə, "itmiş" \vec{b} vektoru nəyə bərabərdir?

3. Dərstdə şagirdlərdən biri yazır:

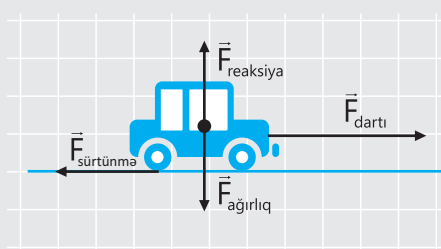
$$\vec{a} - \vec{b} = \vec{b} - \vec{a}$$

Sual. Bu ifadədə səhv nədir?

1.1.4 Vektorun proyeksiyası.

Vektorun ox üzərində proyeksiyası

Məsələ 1. Kütləsi 1,5 ton olan avtomobil düzxətli trayektoriya üzrə sabit təcillə hərəkət edir. Şəkildə avtomobilə təsir edən qüvvələr təsvir olunmuşdur (sadəlik üçün reaksiya qüvvəsinin tətbiq nöqtəsi avtomobilin ağırlıq mərkəzinə köçürülmüşdür).



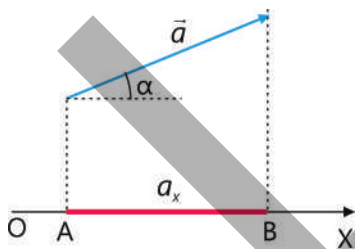
- Avtomobil bu qüvvələrdən hansının təsiri ilə hərəkət edir?
- Avtomobilin hərəkət tənliyini Nyutonun ikinci qanununa görə fiziki kəmiyyətlərin vektorial əlaqəsi şəklində necə yazmaq olar?
- Bu tənliyi necə həll etmək olar?

Açar sözlər vektorun ox üzərində proyeksiyası, koordinat nöqtələri, vektorla ox arasındakı bucaq

Fizikada məsələ həllində tez-tez “vektorun ox üzərində proyeksiyası” anlayışından istifadə olunur.

? Vektorun ox üzərində proyeksiyası nə deməkdir?

Fərz edək ki, \vec{a} vektoru və OX oxu verilmişdir. Bəzi hallarda OX oxunda parçanın uzunluğunu ölçməyə və bununla \vec{a} vektorunun modulunu təyin etməyə imkan verən şkala ola bilər. Beləliklə, \vec{a} vektorunun OX oxu üzərində proyeksiyasını təyin etmək üçün onun başlanğıc və sonundan oxa perpendikulyar endirilir. A və B nöqtələri bu perpendikulyarların ox üzərində oturacaqları olacaq. AB parçasının uzunluğunu $|AB|$ ilə işarə edək (şəkil 1.23).



Şəkil 1.23. Vektorun üfüqi ox üzərində proyeksiyası

\vec{a} vektorunun OX oxu üzərindəki a_x proyeksiyası AB parçasının uzunluğuna bərabər olan skalyar kəmiyyətdir.

Bu kəmiyyət vektorun oxla əmələ gətirdiyi bucaqdan (α bucağı) asılı olaraq müsbət, mənfi və sıfır ola bilər.

Yəni:

$$a_x = \begin{cases} |AB|; & \text{əgər } \alpha < 90^\circ \\ -|AB|; & \text{əgər } \alpha > 90^\circ \\ 0; & \text{əgər } \alpha = 90^\circ \end{cases}$$

Həmin hallar şəkil 1.24-də təsvir olunmuşdur. Buradan iki nəticə çıxır.

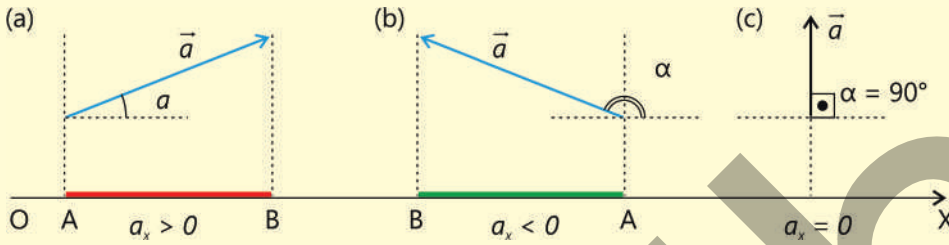


Nəticə 1. Şəkil 1.24-dən görünür ki, vektorun OX oxu üzərində hər üç proyeksiyası bir sadə düsturla ifadə oluna bilər:

$$a_x = a \cos \alpha \quad (3)$$

Burada $a = |\vec{a}|$ olub \vec{a} vektorunun moduludur.

Vektorun ox üzərində proyeksiyası – bu vektorun modulu ilə ixtiyari seçilmiş koordinat oxu arasındakı bucağın kosinusu hasilinə bərabər olan skalyar kəmiyyətdir.



Şəkil 1.24 . Vektorun ox üzərində proyeksiyası müsbət, mənfi və sifıra bərabər ola bilər.

Vektorun ox üzərində proyeksiyasının işarəsi vektor ilə həmin oxun müsbət istiqaməti arasındakı bucaqdan asılıdır: bucaq iti olarsa proyeksiya müsbət, kor olarsa mənfi, düz bucaq olarsa sifır olur. Bu, (3) düsturundan da görünür:

- $\alpha < 90^\circ$ olduqda iti bucağın kosinusu müsbət olduğundan (3) düsturu qırmızı rəngli parçanın müsbət işarə ilə götürülmüş uzunluğunu ifadə edir (bax: şəkil 1.24, a);
- $\alpha > 90^\circ$ olduqda kor və açıq bucaqların kosinusu mənfi olduğundan (bu barədə yuxarı siniflərdə izah veriləcək) (3) düsturu yaşıl rəngli parçanın mənfi işarə ilə götürülmüş uzunluğunu ifadə edir (bax: şəkil 1.24, b);
- $\alpha = 90^\circ$ olduqda düz bucağın kosinusu sifıra bərabər olduğundan (3) düsturuna əsasən vektorun ox üzərində proyeksiyası da sifıra bərabərdir (bax: şəkil 1.24, c).

• DÜŞÜN
• MÜZAKİRƏ ET
• PAYLAŞ

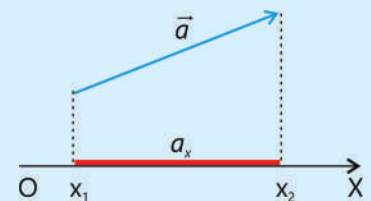
Fiziki hadisələrin öyrənilməsində vektorun proyeksiyasından geniş istifadə olunur.

• **Hansı real hadisələrdə vektorun proyeksiyasından istifadə edilir? İki nümunə göstərin.**

Nəticə 2. Əgər \vec{a} vektorunun başlanğıc və sonunun OX oxu üzərində koordinatları uyğun olaraq x_1 və x_2 kimi işarə edilərsə (şəkil 1.25), bu halda vektorun a_x proyeksiyası aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$a_x = x_2 - x_1 \quad (4)$$

Şəkildən görüldüyü kimi, koordinatların $x_2 - x_1$ fərqi qırmızı rəngli parçanın uzunluğuna, yəni a_x -ə bərabərdir.



Şəkil 1.25. Vektorun proyeksiyası koordinatların fərqi bərabərdir.

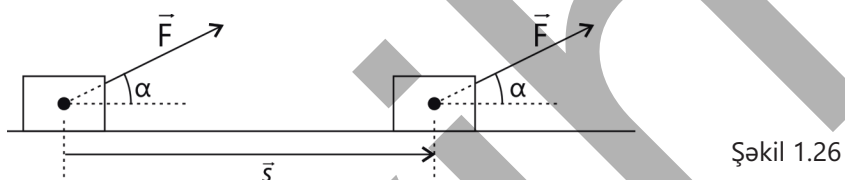
Fizikada vektorial fiziki kəmiyyətlərin modulu hesablanarkən bir çox hallarda vektorun proyeksiyasından istifadə olunur. Nümunə olaraq mexaniki işin (bax: "Fizika-8", I hissə) hesablanmasına aid məsələ 2-ni həll edək.

Məsələ 2.

Cisim üfqlə 60° bucaq əmələ gətirən 100 N əvəzləyici qüvvənin təsiri altında yerini 20 m dəyişdi. Bu qüvvənin gördüyü iş nəyə bərabərdir?

Həlli. Məsələni aşağıdakı ardıcıl addımlarla həll etmək əlverişlidir:

Addım 1. Verilənlər sxemdə təsvir edilir (şəkil 1.26).

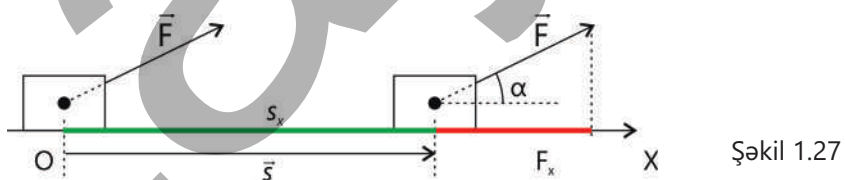


Addım 2. Mexaniki işin ümumi düsturu yazılır:

$$A = \vec{F} \cdot \vec{s}.$$

Göründüyü kimi, mexaniki iş qüvvə ilə yer dəyişmə vektorlarının skalyar hasilinə bərabərdir. Vektorların hasilini tapmaq üçün vektorların modullarını müəyyənləşdirmək lazımdır. Bu məqsədlə həmin vektorların seçilmiş ox üzərində proyeksiyaları təyin olunur.

Addım 3. Hərəkət istiqamətində OX oxu çəkilir, \vec{F} və \vec{s} vektorlarının bu ox üzərində proyeksiyaları qurulur (şəkil 1.27).



Addım 4. Vektorların proyeksiyalarına görə işin ümumi düsturu yazılır, yəni:

$$A = F_x \cdot s_x.$$

Burada $F_x = F \cos \alpha$ və $s_x = s$ olduğunu nəzərə alsaq (bax: şəkil 1.27), mexaniki işin ümumi düsturunu belə yazmaq olar:

$$A = F \cdot s \cos \alpha.$$

Addım 5. Hesablama aparılır: $A = 100 \text{ N} \cdot 20 \text{ m} \cdot \cos 60^\circ = 2000 \cdot \frac{1}{2} \text{ C} = 1000 \text{ C}$

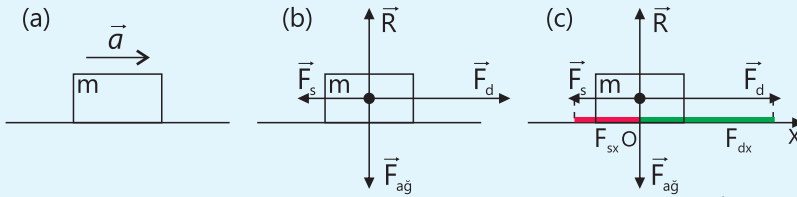
Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

Məsələ 3 (nümunə). Kütləsi m olan cisim üfüqi düz xətt üzrə bərabər təcillə hərəkət edir (şəkil 1.28, a).

Sual. Cismin təcili nəyə bərabərdir?

Həlli. Məsələnin həll alqoritmı aşağıdakı addımlarla olacaq:

Addım 1. Sxemdə cismə təsir edən bütün qüvvələr təsvir edilir (bax: şəkil 1.28, b).



Şəkil 1.28

Addım 2. Nyutonun ikinci qanununa görə cismin hərəkət tənliyi vektorial şəkildə yazılır:

$$m\vec{a} = \vec{F}$$

$$m\vec{a} = \vec{F}_d + \vec{F}_s + \vec{F}_{ag} + \vec{R}$$

Addım 3. Tənliyi həll etmək üçün kəmiyyətlər arasındakı vektorial münasibət skalyar münasibətə gətirilməlidir. Bu məqsədlə Ox koordinat oxu çəkilir və qüvvə vektorlarının ox üzərində proyeksiyaları müəyyən olunur (bax: şəkil 1.28, c).

Addım 4. Nyutonun ikinci qanununa əsasən cismin hərəkət tənliyi skalyar şəkildə yazılır və həll edilir:

$$ma_x = F_{dx} + F_{sx} + 0 + 0$$

Burada vektorların ox üzərində proyeksiyalarının uyğun olaraq

$$a_x = a; F_{dx} = F_d; F_{sx} = -F_s; F_{agx} = R_x = 0$$

olduğu nəzərə alınarsa, cismin ümumi hərəkət tənliyi aşağıdakı kimi yazılır:

$$ma = F_d - F_s$$

Üfüqi düzxətli trayektoriya üçün $F_s = \mu R = \mu mg$ olduğundan Nyutonun ikinci qanununa görə cismin üfüqi düz xətt üzrə hərəkət tənliyi belə yazılacaq:

$$ma = F_d - \mu mg$$

Sonuncu ifadədən cismin təcilini hesablamaq üçün düstur alınır:

$$a = \frac{F_d - \mu mg}{m}$$

Məsələ 4. Kütləsi 25 kq olan cisim kəndir vasitəsilə $a = 4 \frac{m}{san^2}$ təcili ilə şaquli yuxarı qaldırılır.

Sual. Kəndir cismə hansı \vec{T} qüvvəsi ilə təsir edir (havanın müqavimət qüvvəsi nəzərə alınmır)?

Qeyd. Sxemin sadəliyi üçün qüvvələrin tətbiq nöqtələri cismin ağırlıq mərkəzinə köçürülür (bax: şəkil 1.28, b).

\vec{F} – əvəzləyici qüvvə
 \vec{F}_d – dartı qüvvəsi
 \vec{F}_s – sürünmə qüvvəsi
 \vec{F}_{ag} – ağırlıq qüvvəsi
 \vec{R} – reaksiya qüvvəsi

İpucu. Şaquli yuxarı qaldırılan cismə təsir edən qüvvələri sxemdə təsvir edin. Cismin hərəkət tənliyini, yəni Nyutonun ikinci qanununu qüvvələrin vektorial əlaqəsi şəklində yazın və "Məsələ 3"ün sonrakı həll addımlarına əməl edin.

Öyrəndiklərinizi yoxlayın

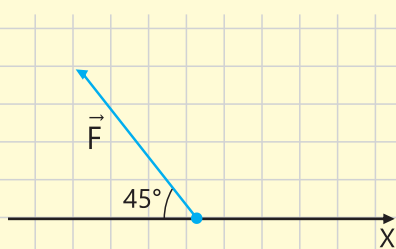
1. Vektorun proyeksiyası necə kəmiyyətdir və o hansı ümumi düsturla təyin olunur?
2. Üfüqlə α bucağı əmələ gətirən 25 N əvəzləyici qüvvənin təsiri ilə cisim üfüqi istiqamətdə yerini 20 m dəyişdi.

Sual 1. Həmin qüvvənin gördüyü iş 250 C olarsa, α bucağı nəyə bərabərdir?

Sual 2. α bucağının hansı qiymətlərində əvəzləyici qüvvənin gördüyü iş 250 C-dan kiçik, hansı qiymətində isə sifira bərabər olar?

3. Maddi nöqtə \vec{F} qüvvəsinin təsiri altında hərəkət edir.

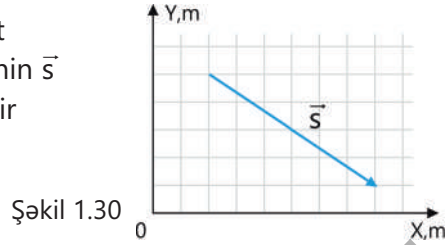
Sual. Əgər bu qüvvə X oxu ilə 45° bucaq təşkil edirsə (şəkil 1.29), onun modulunun proyeksiyasına nisbəti nəyə bərabər olar?



Şəkil 1.29

1.1.5 Vektorun koordinatları. Vektorun proyeksiyalarına görə modulunun təyini

Məsələ 1. OXY koordinat sistemində maddi nöqtənin \vec{s} yerdəyişmə vektoru təsvir olunmuşdur (şəkil 1.30).



- Bu vektorun başlanğıc və son nöqtələrinin OX və OY oxları üzərində koordinatları nəyə bərabərdir?
- \vec{s} yerdəyişmə vektorunun uzunluğunu necə təyin etmək olar?

Cismin hərəkətinin sxematik təsviri onun vəziyyətinin müəyyənləşdirilməsi üçün çox əhəmiyyətlidir. Çünki bir sxemdə müxtəlif vektorları təsvir etməklə cismin hərəkətinin ümumi mənzərəsini tam təsvir etmək olur. Bununla belə, vektorlar üzərində müxtəlif əməllər yerinə yetirmək üçün hər dəfə xətkəş və transportirdən istifadə etmək çox əmək tələb edir. Ona görə də vektorlar üzərində əməllər onların koordinat oxları üzərindəki proyeksiyalarının təyini ilə sadələşdirilir.

1. Vektorun koordinat oxları üzərində proyeksiyasının təyini

Fərz edək ki, OXY koordinat sistemində \vec{a} vektoru verilmişdir (şəkil 1.31). Şəkildən görüldüyü kimi, bu vektor OX oxunun mənfi istiqaməti ilə α , OY oxunun müsbət istiqaməti ilə isə β bucağı təşkil edir. Vektorun OX və OY koordinat oxları üzərində proyeksiyaları uyğun olaraq a_x və a_y -dir.

Diqqət! Vektorun OXY koordinat oxları üzərindəki proyeksiyalarını təyin etmək üçün (3) düsturundan istifadə olunur, yəni:

$$a_x = -a \cdot \cos\alpha, \quad (5)$$

$$a_y = a \cdot \cos\beta, \quad (6)$$

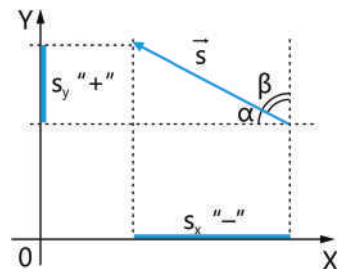
Burada a skalyarı \vec{a} vektorunun moduludur. Nümunə olaraq aşağıdakı məsələyə baxaq:

Məsələ 2.

Şəkil 1.32-də modulu 60 km olan yerdəyişmə vektoru təsvir edilmişdir. Bu vektorun istiqaməti OX oxunun əksi istiqaməti ilə 30° bucaq əmələ gətirir. Yerdəyişmə vektorunun koordinat oxları üzərində proyeksiyaları nəyə bərabərdir?

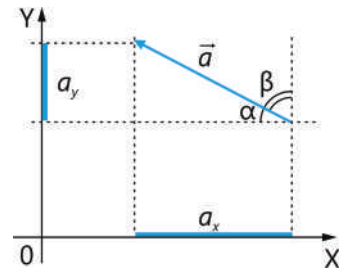
Şəkil 1.32.

Yerdəyişmə vektorunun OXY koordinat oxları üzərində proyeksiyalarının təyini



Açar
sözlər

proyeksiya,
vektorun modulu,
Pifaqor teoremi



Şəkil 1.31.
Vektorun proyeksiyasının təyini



Həlli. (5) düsturundan istifadə etməklə yerdəyişmənin OX oxu üzərindəki proyeksiyası təyin olunur:

$$s_x = -s \cdot \cos\alpha = -60 \text{ km} \cdot \cos 30^\circ = -60 \text{ km} \cdot 0,87 = -52,2 \text{ km}$$

OX və OY oxları arasındakı bucaq 90° olduğundan yerdəyişmə vektoru OY oxunun müsbət istiqaməti ilə 60° iti bucaq təşkil edir. (6) düsturundan istifadə etməklə yerdəyişmə vektorunun OY oxu üzərindəki proyeksiyası təyin olunur:

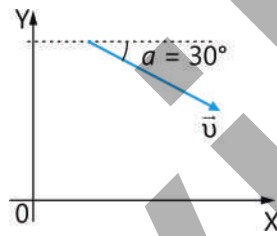
$$s_y = s \cdot \cos\alpha = 60 \text{ km} \cdot \cos 60^\circ = 30 \text{ km}$$

FƏALİYYƏT

Sürət vektorunun koordinat oxları üzərindəki proyeksiyaları nəyə bərabərdir?

Məsələ 3.

Şəkil 1.33-də modulu 10 m/san olan sürət vektoru təsvir edilmişdir.



Şəkil 1.33

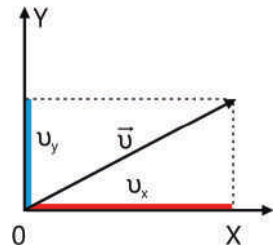
Bu vektorun istiqaməti OX oxunun istiqaməti ilə 30° bucaq əmələ gətirir.

Sual 1. Sürət vektorunun koordinat oxları üzərində u_x və u_y proyeksiyalarını təsvir edin.

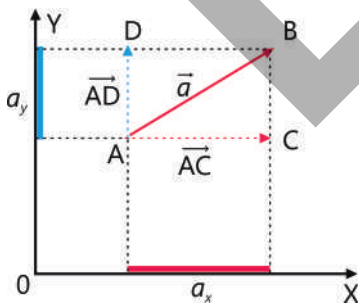
Sual 2. Sürət vektorunun koordinat oxları üzərində u_x və u_y proyeksiyaları uyğun olaraq nəyə bərabərdir?

• DÜŞÜN
• MÜZAKİRƏ ET
• PAYLAŞ

Şəkilə OXY koordinat sistemində nəzərən \vec{u} sürət vektoru, u_x və u_y proyeksiyaları təsvir edilmişdir.



- Sürət vektoru saat əqrəbinin hərəkətinin əksi istiqamətində fırladılsa, onun u_x və u_y proyeksiyaları necə dəyişər?
- u_x və u_y proyeksiyaları hansı halda sıfıra bərabər olar?



Şəkil 1.34. Vektorun OXY koordinat oxları üzərində proyeksiyaları

2. Vektorun proyeksiyalarına görə modulunun təyini

Fərz edək ki, $\vec{a} = \vec{AB}$ vektorunun başlanğıcı A nöqtəsindədir. \vec{a} vektorunun başlanğıc və sonundan OX və OY koordinat oxlarına perpendikulyarlar endirək. \vec{AB} vektorunu uyğun olaraq OX və OY oxlarına paralel \vec{AC} və \vec{AD} toplananlarına ayıraq (şəkil 1.34). $\triangle ABC$ düzbucaqlı üçbucağından Pifaqor teoreminə görə \vec{AB} vektorunun modulu təyin olunur:

$$AB = \sqrt{AC^2 + CB^2}.$$

Burada $AB = a$ olduğu və a_x ilə a_y proyeksiyalarının ixtiyari qiymətlərində $AC^2 = a_x^2$ və $CB^2 = a_y^2$ bərabərlikləri nəzərə alınarsa, vektorun proyeksiyalarına görə modulunu belə məyyən etmək olar:

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}. \quad (7)$$

Vektorial fiziki kəmiyyətin modulunun onun proyeksiyalarına görə təyininə aid məsələlərə mexanika bölməsində çox rast gəlinir. Aşağıdakı məsələni nəzərdən keçirək.

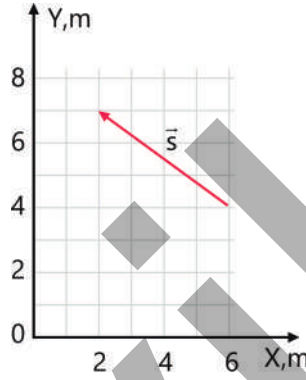
Məsələ 4.

Şəkil 1.35-də müəyyən zaman fasiləsində maddi nöqtənin \vec{s} yerdəyişməsi təsvir edilmişdir.

Sual 1. Yerdəyişmənin OX oxu üzərində \vec{s}_x proyeksiyası nəyə bərabərdir?

Sual 2. Yerdəyişmənin OY oxu üzərində s_y proyeksiyası nəyə bərabərdir?

Sual 3. Yerdəyişmənin proyeksiyalara görə modulu nəyə bərabərdir?



Şəkil 1.35.
Vektorun koordinat oxları üzrə proyeksiyaları

Həlli

Qrafikdən görüldüyü kimi, \vec{s} yerdəyişməsinin OX oxu üzərində proyeksiyası $s_x = x - x_0 = -4$ m, OY oxu üzərində proyeksiyası isə $s_y = y - y_0 = 3$ m-ə bərabərdir.

Yerdəyişmənin proyeksiyalara görə modulu (7) ifadəsinə görə:

$$s = \sqrt{s_x^2 + s_y^2} = \sqrt{(4 \text{ m})^2 + (3 \text{ m})^2} = \sqrt{25 \text{ m}^2} = 5 \text{ m}.$$

3. Vektorun koordinatları

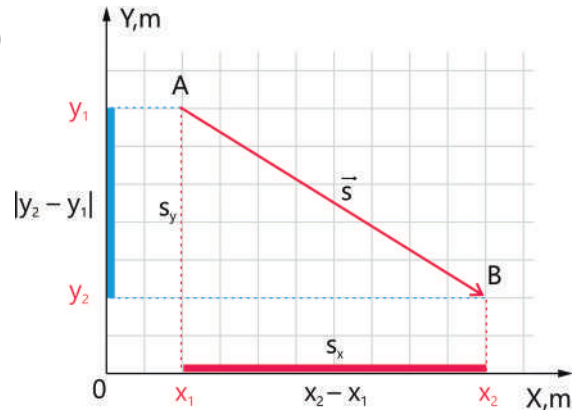
Dərsin əvvəlində verilən şəkil 1.31-dəki təsvirə nəzər yetirək. \vec{s} vektorunun başlanğıc nöqtəsi A, sonu isə B ilə işarə edilərsə, həmin nöqtələrin koordinatları uyğun olaraq $A(x_1; y_1)$ və $B(x_2; y_2)$ olacaq (şəkil 1.36). Yerdəyişmə vektorunun OX və OY oxları üzərində proyeksiyalarının koordinatları isə uyğun olaraq

$$s_x = x_2 - x_1 \quad \text{və} \quad s_y = y_2 - y_1$$

kimi yazılır.

Beləliklə, \vec{s} vektorunun koordinatlarını belə yazmaq olar:

$$\vec{s}(x_2 - x_1; y_2 - y_1) \quad (8)$$



Şəkil 1.36.
Vektorun koordinatları

Vektorun koordinatları vektorun sonu ilə başlanğıc nöqtələrinin koordinatları fərqiə bərabərdir.

Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

Məsələ 5.

50 km/saat sürətlə hərəkət edən dronun OY oxu istiqamətində sürəti 40 km/saat-dir.

Sual 1. Dronun sürət vektoru uyğun olaraq OX və OY koordinat oxları ilə hansı bucaq təşkil edir?

Sual 2. Dron OX oxuna nəzərən hansı sürətlə hərəkət edir?

Məsələ 6 (nümunə).

Başlanğıc nöqtəsinin koordinatları A(2 m; 4 m) olan yerdəyişmə vektorunun koordinatları (6 m; 2 m)-dir (şəkil 1.37).

Sual. Vektorun B nöqtəsinin koordinatları nəyə bərabərdir?

Həlli. Tərifə görə vektorun koordinatları (8) düsturu ilə ifadə olunur.

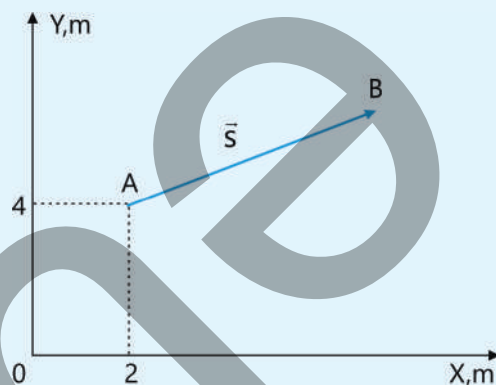
Şərt əsasən \vec{s} vektorunun koordinatları:

$$(6 \text{ m}; 2 \text{ m}) \rightarrow x_2 - x_1 = 6 \text{ m}; y_2 - y_1 = 2 \text{ m-dir.}$$

B nöqtəsinin koordinatlarını (x; y) ilə işarə edək.

Bu halda $x - 2 \text{ m} = 6 \text{ m} \rightarrow x = 8 \text{ m}; y - 4 \text{ m} = 2 \text{ m} \rightarrow y = 6 \text{ m}$ olur.

Deməli, B nöqtəsinin koordinatları (8 m; 6 m)-dir.



Şəkil 1.37

Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. Kütləsi 2 kq olan cismə təsir edən əvəzləyici qüvvənin OXY koordinat sistemində proyeksiyaları uyğun olaraq 30 N və 40 N-dur.

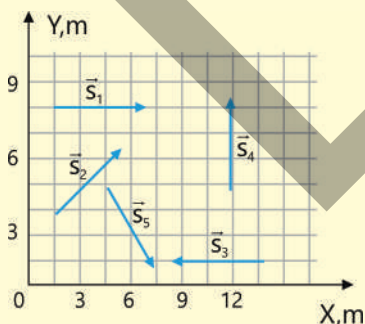
Sual 1. Əvəzləyici qüvvə hansı istiqamətə yönəlmişdir?

Sual 2. Əvəzləyici qüvvənin modulu nəyə bərabərdir?

Sual 3. Cisim hansı təcillə hərəkət edir və o hansı istiqamətə yönəlmişdir?

2. Şəkil 1.38-də beş maddi nöqtənin yerdəyişməsi təsvir edilmişdir.

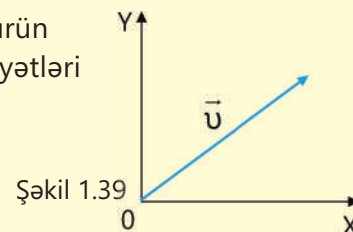
Sual. Yerdəyişmə vektorlarının koordinat oxları üzrə proyeksiyaları uyğun olaraq neçə metrdir?



Şəkil 1.38

3. Şəkil 1.39-da \vec{u} vektorunun koordinat sistemindəki vəziyyəti təsvir olunmuşdur.

Sual. Aşağıdakı cədvəli iş vərəqinə köçürün və orada verilənlərə görə məchul kəmiyyətləri təyin edib cədvəli tamamlayın.

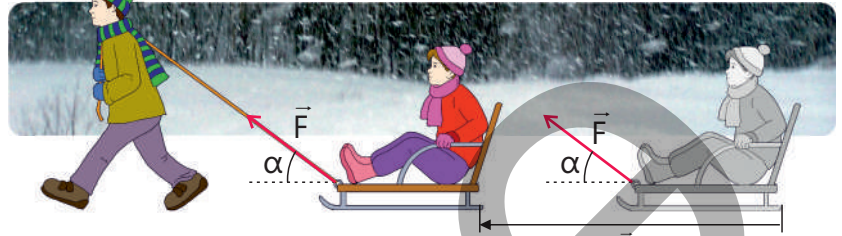


Şəkil 1.39

No	$u, \frac{\text{m}}{\text{san}}$	$u_x, \frac{\text{m}}{\text{san}}$	$u_y, \frac{\text{m}}{\text{san}}$	α	β
1	20	?	?	32°	?
2	?	20	15	?	?
3	16	?	10	?	?

1.1.6 Vektorların skalyar hasili

Cavid bacısı Laləni xizəkdə gəzdirir. Xizəyi dartan ipin \vec{F} gərilmə qüvvəsi xizəyin \vec{s} yerdəyişmə vektoru ilə α bucağı təşkil edir (şəkil 1.40).



Şəkil 1.40

- Xizəyi hərəkət etdirən hansı qüvvədir?
- Gərilmə qüvvəsinin gördüyü işi $A = \vec{F} \cdot \vec{s}$ düsturu ilə hesablamaq olarmı?
- Qüvvə vektoru ilə yerdəyişmə vektorunun hasili hansı kəmiyyətə bərabərdir: vektoriala, yoxsa skalyara?
- İki vektorun hasili nə mənə kəsb edir?

1. Skalyar hasil nədir?

Verilmiş hər hansı \vec{a} və \vec{b} vektorları arasındakı bucağı α ilə işarə edək (şəkil 1.41).

\vec{a} və \vec{b} vektorlarının skalyar hasili ($\vec{a} \cdot \vec{b}$ kimi işarə olunur) – onların modulları ilə aralarındakı bucağın kosinusu hasilinə bərabər olan skalyar kəmiyyətdir:

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = a \cdot b \cdot \cos \alpha. \quad (9)$$

2. Skalyar hasilin xassələri

Vektorların skalyar hasilinin aşağıdakı xassələri var:

1) Skalyar hasil üçün kommutativlik (yerdəyişmə) qanunu ödəyir. Yəni əgər vuruq vektorların yerini dəyişsək, onların skalyar hasili dəyişməz:

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = \vec{b} \cdot \vec{a}.$$

2) Vektorun öz-özünə skalyar hasili həmin vektorun modulunun kvadratına bərabərdir:

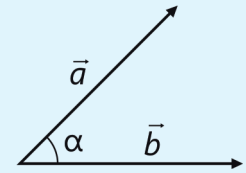
$$\vec{a} \cdot \vec{a} = a^2.$$

Bu xassə də (9) düsturundan görünür. Belə ki, \vec{a} vektoru öz-özü ilə 0 bucaq təşkil etdiyindən

$$\vec{a} \cdot \vec{a} = a \cdot a \cdot \cos 0^\circ = a^2.$$

Açar
sözlər

skalyar hasil,
distributivlik,
assosiativlik,
kommutativlik



Şəkil 1.41.
Skalyar hasilin təyini

3) Sıfır olmayan vektorların skalyar hasilı yalnız o halda sıfıra bərabər olur ki, vektorlar arasındakı bucaq düz bucaq (90°) olsun. (9) düsturuna əsasən:

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = a \cdot b \cdot \cos 90^\circ = 0.$$

4) Skalyar hasil üçün distributivlik (paylanma) qanunu ödəyir:

$$(\vec{a} + \vec{b}) \cdot \vec{c} = \vec{a} \cdot \vec{c} + \vec{b} \cdot \vec{c}.$$

5) Skalyar hasil üçün assosiativlik (qruplaşma) qanunu ödəyir:

$$(k \cdot \vec{a}) \cdot \vec{b} = k(\vec{a} \cdot \vec{b}).$$

• DÜŞÜN
• MÜZAKİRƏ ET
• PAYLAŞ

Vektorların skalyar hasilinin nəticəsi aşağıda verilənlərin hansından asılıdır?

a – koordinat sisteminin seçilməsindən;

b – vektorların uzunluğundan;

c – vektorlar arasındakı bucaqdan.

3. Fizikada vektorların skalyar hasilı

Fizikada skalyar hasil riyaziyyatdan fərqli olaraq vahidi olan kəmiyyətdir.

Skalyar hasilin ölçüsü vektor vuruqların hasilinin ölçüsünə bərabərdir.

Skalyar hasilin xassələri vektorlar üzərində aparılan əməliyyata aid olub vektorial fiziki kəmiyyətlər üçün də doğrudur. Məsələn, mexaniki iş düsturunda bunu yoxlamaq olar. Fərz edək ki, cisim \vec{F} əvəzləyici qüvvəsinin təsiri ilə \vec{s} yerdəyişməsi icra etmişdir. İş düsturunu yazdıqda məlum olur ki, iş iki vektorun – qüvvə və yerdəyişmə vektorlarının skalyar hasilidir:

$$A = \vec{F} \cdot \vec{s} = |\vec{F}| \cdot |\vec{s}| \cdot \cos(\vec{F}, \vec{s}) = Fs \cos \alpha \quad (10)$$

Fizikada skalyar hasilin distributivlik xassəsinin də ödənildiyini yoxlamaq üçün aşağıdakı məsələni nəzərdən keçirək.

Məsələ 1.

Cisim \vec{s} yerdəyişməsini iki \vec{F}_1 və \vec{F}_2 qüvvəsinin təsiri ilə icra etmişdir.

Sual. Əvəzləyici qüvvənin gördüyü iş nəyə bərabərdir?

Həlli. Cismə təsir edən qüvvələrin gördüyü mexaniki iş uyğun olaraq:

$$A_1 = \vec{F}_1 \cdot \vec{s} \quad \text{və} \quad A_2 = \vec{F}_2 \cdot \vec{s}.$$

Vektorların skalyar hasilinin distributivlik qanununu tətbiq edərək iş düsturu əvəzləyici qüvvəyə görə belə yazılır:

$$A = \vec{F} \cdot \vec{s} = (\vec{F}_1 + \vec{F}_2) \cdot \vec{s} = \vec{F}_1 \cdot \vec{s} + \vec{F}_2 \cdot \vec{s} = A_1 + A_2.$$

Buradan belə bir nəticəyə gəlmək olar: *əvəzləyici qüvvənin gördüyü iş hər bir qüvvənin ayrılıqda gördüyü işlərin cəbri cəminə bərabərdir. Yəni cismə tətbiq olunan qüvvələr vektorial şəkildə, onların gördüyü işlər isə skalyar şəkildə toplanır.*

Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

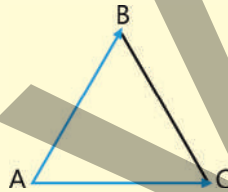
Məsələ 2. Praktikada vektorların skalyar hasilinin tətbiq sahəsi böyükdür. Aşağıdakı cədvəldə bəzi situasiyalar, onları xarakterizə edən vektorial kəmiyyətlər və ölçüləri qeyd olunmuşdur.

Cədvəli iş vərəqinə köçürün və uyğun vektorların skalyar hasilərini hesablayıb cədvəli tamamlayın.

Nº	Situasiya	Vektorlar	Vektorlar arasındakı bucağın kosinusu	a vektorunun modulu	b vektorunun modulu	Skalyar hasil
1	Mühərrik və hərəkət	Dartı qüvvəsi, yerdəyişmə	0°	2500 N	120 m	
2	Voleybol topu və sürət	Elastiklik qüvvəsi, topun sürəti	10°	75 N	$22 \frac{\text{m}}{\text{sən}}$	
3	Əsən külək və yarpaq	İtələmə qüvvəsi və yerdəyişmə	30°	5 N	2 m	
4	Oxatan idmançı və kaman	Dartı qüvvəsi, kamanın deformasiyası	45°	75 N	0,8 m	
5	Mühərrik və sürət	Dartı qüvvəsi, sürət	0°	350 N	$15 \frac{\text{m}}{\text{sən}}$	

Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. Vektorların skalyar hasilini nə deməkdir və o nədən asılıdır?
2. Bərabərtərəfli ΔABC üçbucağının tərəfi 5 sm-dir (şəkil 1.42). \vec{AB} və \vec{AC} vektorlarının skalyar hasilini təyin edin.



Şəkil 1.42

3. Sifirdan fərqli olan \vec{a} və \vec{b} vektorlarının skalyar hasilini sifıra bərabərdir.

Sual 1. Bu vektorların skalyar hasilini necə ifadə olunur?

Sual 2. Vektorların skalyar hasilinin sifıra bərabər olması nə deməkdir?

4. Arabacıq $\vec{F}_{\text{dartı}}$ və $\vec{F}_{\text{sürtünmə}}$ qüvvələrinin təsiri altında üfüqi müstəvidə yerini 8 m dəyişdi. Dartı qüvvəsinin modulu 120 N, onunla yerdəyişmə arasındakı bucaq 45° -dir. Arabacığa təsir edən sürtünmə qüvvəsi 50 N-dur.

Sual 1. Arabacığa təsir edən qüvvələrin ayrı-ayrılıqda gördüyü işlər nəyə bərabərdir?

Sual 2. Arabacığa təsir edən əvəzləyici qüvvənin gördüyü iş neçə couldur?

Sual 3. Məsələnin həllində vektorların skalyar hasilinin hansı xassəsindən istifadə olundu?

1.1.7 Dəyişən fiziki kəmiyyətlər

Voleybolçu hər hücumda topa daha böyük qüvvə ilə zərbə vurmağa çalışır. Çünki bu halda top daha yüksək sürət alır və rəqib komandanın oyunçuları müdafiə olunmaqda çətinlik çəkirlər.



- **Baş verən bu hadisədə fiziki kəmiyyətlərdən hansılar dəyişir, hansı sabit qalır?**
- **Fiziki kəmiyyətlərdən hansı sərbəst dəyişən, hansı asılı dəyişən, hansı kontrol dəyişən kəmiyyətdir?**

Açar sözlər dəyişənlər, sərbəst dəyişənlər, asılı dəyişənlər, kontrol dəyişənlər

FƏALVƏT

Om qanununun yoxlanılması: hansı kəmiyyət kontrol, hansı sərbəst, hansı asılı fiziki kəmiyyətdir?

Ləvazimat: laboratoriya ampermetri, laboratoriya voltmetri, sabit cərəyan mənbəyi, müqaviməti 1 Om, 2 Om və 4 Om olan üç rezistor dəsti, reostat, elektrik açarı, birləşdirici naqillər.

İşin gedişi

Təcrübə 1. Verilmiş dövrə hissəsində cərəyan və gərginlik arasındakı əlaqənin tədqiqi.

1. Cərəyan mənbəyi, ampermetr, reostat, müqaviməti 2 Om olan rezistor və açardan ibarət elektrik dövrəsini yığın. Voltmetri rezistorun uclarına paralel birləşdirin (şəkil 1.43).

2. Elektrik açarını qapayın. Reostatdan istifadə edərək rezistorun uclarındakı gərginliyi əvvəlcə 1 V-a, sonra 2 V-a, daha sonra isə 3 V-a qədər artırın. Hər dəfə cərəyan şiddətini ölçün və nəticələri cədvəl 1-də qeyd edin.

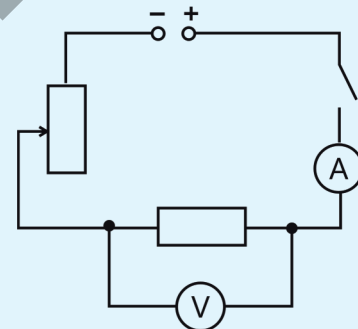
Cədvəl 1. Rezistorun müqaviməti 2 Om-dur

U, V	1	2	3
i, A			

3. Təcrübədən alınan məlumatlar əsasında cərəyan şiddətinin gərginlikdən asılılıq qrafikini qurun.

Müzakirə edin

- **Cərəyan şiddəti dövrə hissəsinin uclarındakı gərginlikdən necə asılıdır? Asılılığı qrafik təsvir edin.**
- **Bu asılılıqda sərbəst dəyişən və asılı dəyişən fiziki kəmiyyətlər hansılardır?**
- **Təcrübədə hansı fiziki kəmiyyət sabit saxlandı?**



Şəkil 1.43

Təcrübə 2. Cərəyan şiddətinin dövrə hissəsinin müqavimətindən asılılığının tədqiqi.

1. Eyni sxemdən istifadə edərək dövrəyə 1 Om, sonra 2 Om və daha sonra 4 Om müqavimətli rezistor birləşdirin. Reostatdan istifadə edərək hər bir rezistorun uclarında sabit gərginlik, məsələn, 2 V saxlayın. Cərəyan şiddətini ölçün və nəticələri cədvəl 2-də qeyd edin.

Cədvəl 2. Dövrə hissəsinin uclarında gərginlik 2 V-dur.

R, Om	1	2	4
i, A			

2. Təcrübədən alınan məlumatlar əsasında cərəyan şiddətinin müqavimətdən asılılıq qrafikini qurun.

Müzakirə edin

- Cərəyan şiddəti dövrə hissəsinin müqavimətindən necə asılıdır? Asılılığı qrafik təsvir edin.
- Bu asılılıqda sərbəst dəyişən və asılı dəyişən fiziki kəmiyyətlər hansılardır?
- Təcrübədə hansı fiziki kəmiyyət sabit saxlanıldı?
- Nəticə olaraq "dövrə hissəsinin müqaviməti cərəyan şiddətindən asılıdır" deyə bilərikmi?

Məlumdur ki, fizika qanunları, adətən, düsturlarla ifadə olunur. Düsturlar isə müxtəlif fiziki kəmiyyətlər arasındakı əlaqələri təsvir edir. Fiziki kəmiyyətlər arasındakı əlaqələrin doğruluğu elmi təcrübələrdə və müşahidələrdə yoxlanılır. Təcrübələr zamanı düstura daxil olan kəmiyyətlərin hamısı eyni zamanda ölçülmür, yaxud dəyişdirilmir. Onlardan bəziləri sabit saxlanılır və qalan iki kəmiyyətdən hər hansı biri dəyişdirilməklə onlar arasında asılılıq araşdırılır. Bu qayda ilə digər dəyişənlər arasındakı asılılığın müəyyənləşdirilməsi prosesi davam etdirilir. Beləliklə, dəyişənlər dedikdə fizikada elmi təcrübələrdə və müşahidələrdə hər hansı ölçülən, dəyişdirilən və ya sabit saxlanılan fiziki kəmiyyətlər nəzərdə tutulur. Onların düzgün müəyyən edilməsi təcrübənin nəticəsini düzgün şərh etməyə kömək edir. Dəyişənlər 3 əsas növə ayrılır:

1. *Sərbəst dəyişən (müstəqil dəyişən) fiziki kəmiyyət* – təcrübəçi tərəfindən məqsədli şəkildə dəyişdirilən kəmiyyətdir. O, təcrübənin nəticəsinə təsir edən əsas amildir.

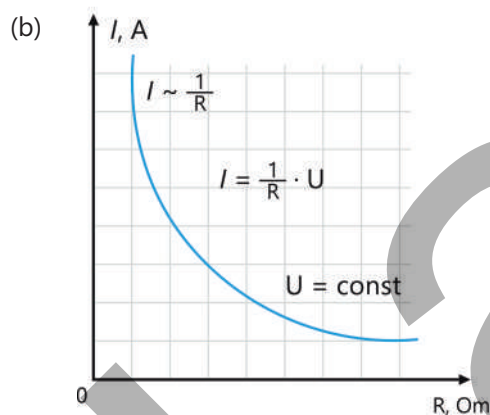
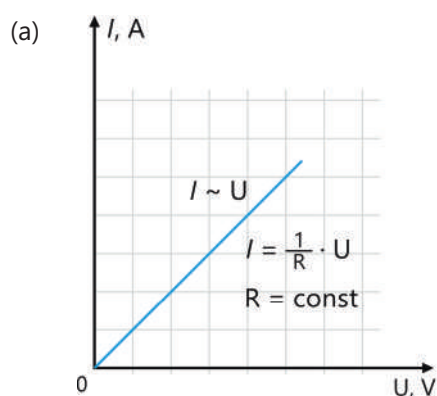
Nümunə. Cisimlərin sərbəstdüşmə təcilini öyrənmək istəyiriksə, belə bir təcrübə aparırıq: verilən kütləli cisim müxtəlif yüksəklikdən buraxılır. Burada hündürlük sərbəst dəyişən fiziki kəmiyyətdir.

2. *Asılı dəyişən fiziki kəmiyyət* – sərbəst dəyişəndən asılı olaraq dəyişən kəmiyyətdir. O həmçinin təcrübədə müşahidə edilən və ölçülən əsas kəmiyyətdir.

Nümunə. Cisimlərin düşmə vaxtı və ya hərəkət sürəti həmin cismin düşmə hündürlüyündən asılı olaraq dəyişir. Beləliklə, düşmə vaxtı və ya hərəkətin sonundakı sürəti asılı dəyişən fiziki kəmiyyətlərdir.

3. *Kontrol dəyişən (nəzarət dəyişəni)* – təcrübə boyu sabit saxlanılan, dəyişdirilməyən kəmiyyətdir. Bunun məqsədi təcrübənin nəticəsinə təsir edə biləcək digər amilləri aradan qaldırmaq və yalnız sərbəst dəyişənin təsirini ölçməkdir.

Nümunə. Müxtəlif kütləli cisimlərin eyni yüksəklikdən sərbəst düşməsi araşdırılırsa, burada yüksəklik və Yer kürəsinin cazibə qüvvəsi dəyişmir, çünki bunlar kontrol edilən dəyişənlərdir.



Şəkil 1.44

Fəaliyyət mərhələsində apardığınız iki təcrübənin məqsədi Om qanununun, yəni $I = \frac{U}{R}$ düsturunun yoxlanılması idi. Təcrübə 1-də kontrol edilən dəyişən dövrə hissəsindəki rezistorun müqaviməti oldu, çünki o, sabit saxlandı ($R = \text{const}$). Sərbəst dəyişən fiziki kəmiyyət rezistorun uclarındakı gərginlik, asılı dəyişən fiziki kəmiyyət isə dövrə hissəsindəki cərəyan şiddəti oldu. Beləliklə, verilən rezistorun uclarındakı gərginliyin üç müxtəlif qiymətində ondakı cərəyan şiddətini ölçdünüz. Bununla da müəyyən etdiniz ki, dövrə hissəsindəki cərəyan şiddəti onun uclarındakı gərginlikdən düz mütənasib asılıdır, yəni $I \sim U$.

Bu asılılığın qrafik təsviri koordinat başlanğıcından keçən düz xətdir (şəkil 1.44, a).

Təcrübə 2-də isə kontrol edilən dəyişən fiziki kəmiyyət rezistorun uclarındakı gərginlik oldu. Sərbəst dəyişən fiziki kəmiyyət dövrə hissəsinin müqaviməti, asılı dəyişən fiziki kəmiyyət isə dövrə hissəsindəki cərəyan şiddətidir. Beləliklə, sabit gərginlikdə müxtəlif müqavimətli dövrə hissəsindən keçən cərəyan şiddətini ölçdünüz. Bununla da müəyyən etdiniz ki, dövrə hissəsindəki cərəyan şiddəti həmin hissənin müqavimətindən tərs mütənasib asılıdır, yəni $I \sim \frac{1}{R}$.

Bu asılılığın qrafikini qurduqda o, hiperbola əyrisini verdi (şəkil 1.44, b).

• DÜŞÜN
• MÜZAKİRƏ ET
• PAYLAŞ

Dərsdə şagirdlər maddənin növünün istilik keçiriciliyinə necə təsir etdiyini öyrənmək üçün təcrübə aparırlar. Onlar eyni şəraitdə metal, ağac və plastik çubuqların bir ucuna istilik verildikdən sonra çubuqların digər ucundakı temperaturunu ölçürlər.

• **Bu təcrübədə hansı fiziki kəmiyyətlər kontrol edilən, sərbəst və asılı dəyişən kəmiyyət kimi götürüldü?**

Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

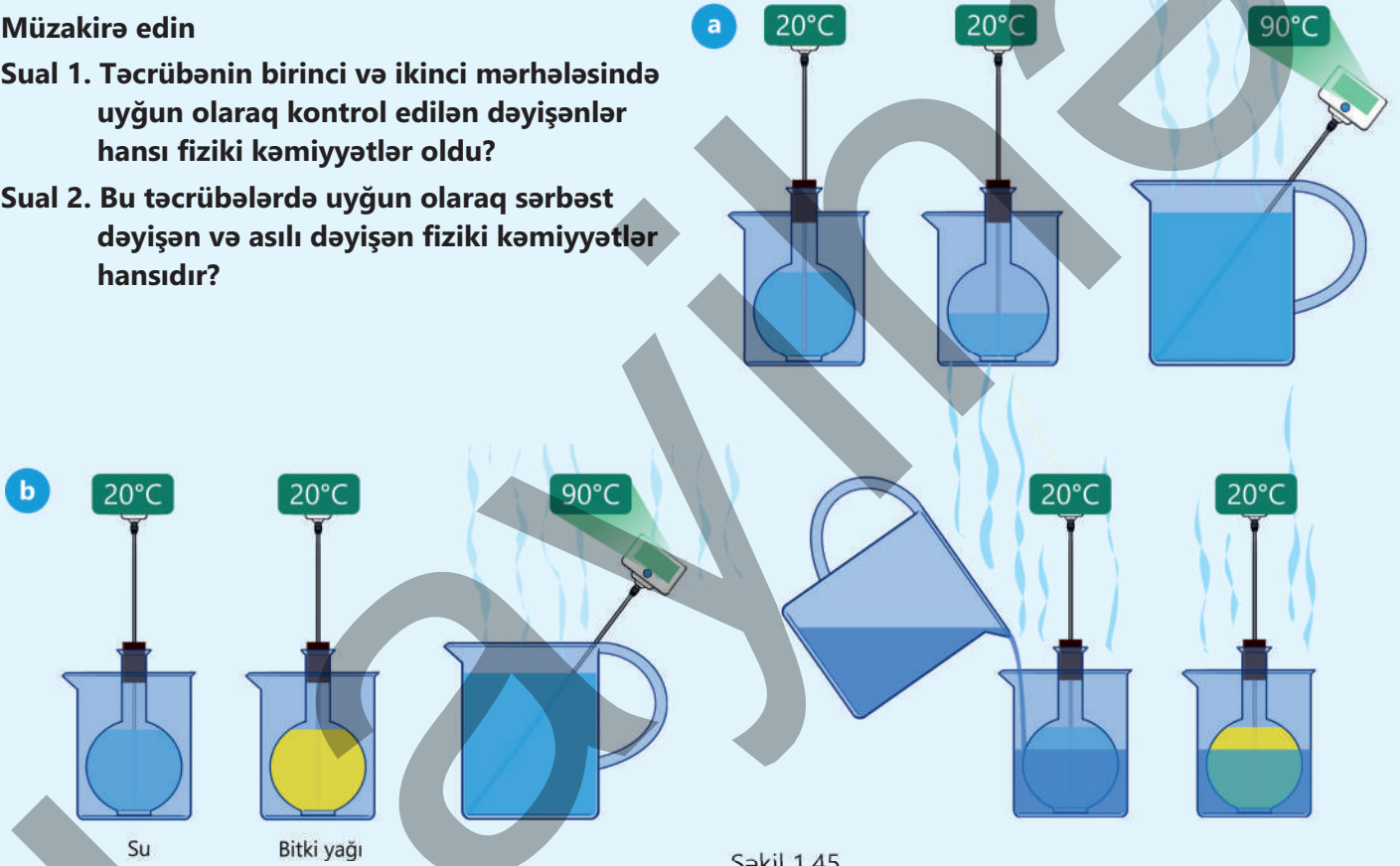
İstilik miqdarının asılı olduğu kəmiyyətləri müəyyən etmək üçün iki mərhələdən ibarət təcrübə aparmışsınız (bax: "Fizika–8").

- Birinci mərhələdə iki eyni həcmli kolbadan birinə otaq temperaturunda 100 q, digərinə 50 q su tökülüb tıxacla qapadıldı və hər biri ayrılıqda laboratoriya stəkanında yerləşdirildi. Sonra stəkanlara temperaturu 90°C olan eyni miqdarda su tökülməklə kolbalara eyni istilik miqdarı verildi (şəkil 1.45, a).
- İkinci mərhələdə isə təcrübə təkrarlandı, lakin bu dəfə kolbalardan birinə 100 q su, digərinə isə 100 q günəbaxan yağı töküldü (şəkil 1.45, b).

Müzakirə edin

Sual 1. Təcrübənin birinci və ikinci mərhələsində uyğun olaraq kontrol edilən dəyişənlər hansı fiziki kəmiyyətlər oldu?

Sual 2. Bu təcrübələrdə uyğun olaraq sərbəst dəyişən və asılı dəyişən fiziki kəmiyyətlər hansıdır?



Şəkil 1.45.

Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. Təcrübə zamanı müxtəlif dəyişən fiziki kəmiyyətlər ölçülür və bu kəmiyyətlər arasındakı asılılıqlar qrafik təsvir edilir.

Sual 1. Hansı fiziki kəmiyyət asılı dəyişən adlanır?

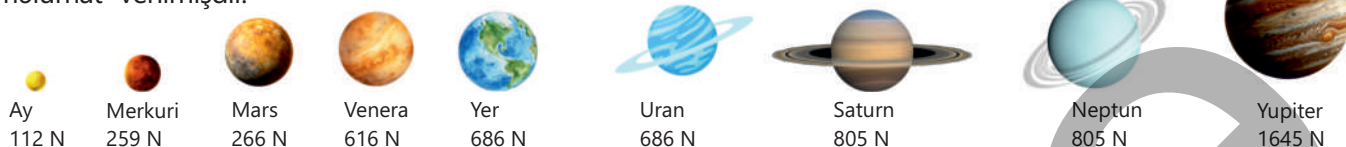
Sual 2. Sərbəst dəyişən fiziki kəmiyyət nəyə deyilir?

Sual 3. Hansı fiziki kəmiyyət kontrol edilən dəyişən adlanır?

Sual 4. Eksperimentin nəticəsini qrafik təsvir etmək üçün hansı dəyişənlər arasındakı asılılıqdan istifadə olunur?

1.1.8 Fiziki kəmiyyətlər arasındakı asılılığın qrafik təsviri

Şəkildə kütləsi 70 kq olan astronavtın müxtəlif göy cisimlərinin səthində təqribi çəkisinə dair məlumat verilmişdir.



- Verilən məlumata əsasən hansı fiziki kəmiyyət sərbəst dəyişən, hansı asılı dəyişən, hansı dəyişməyən kəmiyyətdir?
- Bu fiziki kəmiyyətlər arasındakı asılılığı qrafik necə təsvir etmək olar?

Açar sözlər sərbəst dəyişən, asılı dəyişən, xətti asılılıq, kvadratik asılılıq

Kəmiyyətlər arasında düz mütənasib asılılığın qrafik təsviri

RİYAZİYYATDA

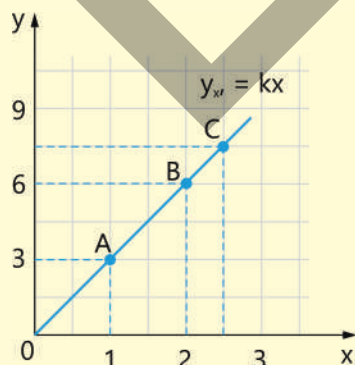
Xətti funksiyanın tənliyi:

$$y = b + kx.$$

Burada b və k – sabit ədədlərdir;

y – asılı dəyişən və ya funksiya,
 x – sərbəst dəyişən və ya arqumentdir.

Əgər $b = 0$ olarsa, $y = kx$ olur. Bu halda funksiya arqumentdən düz mütənasib asılıdır. Bu o deməkdir ki, sərbəst dəyişən x arqumenti neçə dəfə artırırsa (və ya azalırsa), asılı dəyişən y funksiyası bir o qədər dəfə artır (və ya azalır). Ona görə də y funksiyasının x -dən asılılığının qrafik təsviri koordinat başlanğıcından keçən düz xətdir.



FİZİKADA

x oxu üzrə hərəkət edən cismin sürətinin tənliyi:

$$v_x = v_{0x} + a_x t.$$

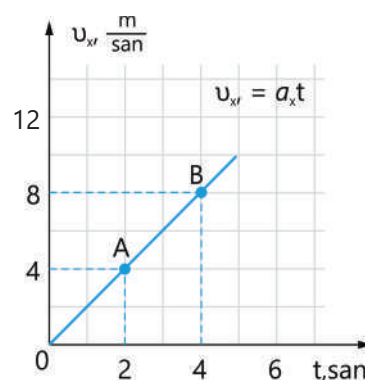
Burada v_{0x} – başlanğıc sürətin x oxu üzərində proyeksiyası, a_x – təcilin x oxu üzərində proyeksiyası olub sabit kəmiyyətdir, yəni hərəkət bərabərtəcillidir:

$$a_x = \text{const};$$

v_x sürət funksiyası *asılı dəyişən*;

t arqumenti isə *sərbəst dəyişən fiziki kəmiyyətdir*.

Əgər $v_0 = 0$ olarsa, $v_x = a_x t$ olur. Bu da o deməkdir ki, sürətin t -dən asılılığının qrafik təsviri də koordinat başlanğıcından keçən düz xətdir. Bu halda sürət zamanla düz mütənasibdir.

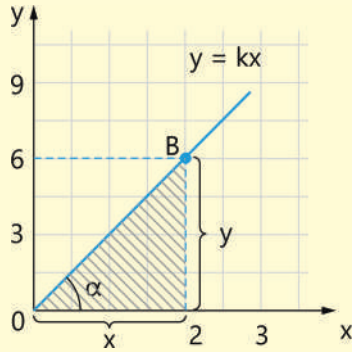


$k = \frac{y}{x}$ bərabərliyi koordinat başlanğıcından keçən uyğun düz xətt üzərindəki ixtiyari nöqtə üçün k əmsalinin sabit kəmiyyət olduğunu göstərir:

$$k_A = \frac{3}{1} = 3; \quad k_B = \frac{6}{2} = 3; \quad k_C = \frac{7,5}{2,5} = 3.$$

$$k = k_A = k_B = \dots = \text{const.}$$

k -nin qiymətini $y = kx$ -də nəzərə alsaq: $y = 3x$. Verilən qrafik $y = 3x$ asılılığını təsvir edir. Qrafikdə sahəsi ştrixlənmiş düzbucaqlı üçbucağa diqqət yetirək.



Üçbucaqda iti bucağın tangensinin sabit k bucaq əmsalına bərabər olduğu məlum olur, yəni:

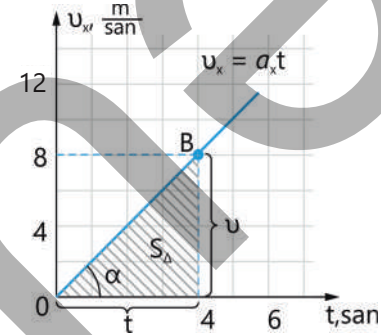
$$\text{tg} \alpha = \frac{y}{x} = k, \quad \text{tg} \alpha = k.$$

$a_x = \frac{v_x}{t} = \text{const}$ ifadəsi o deməkdir ki, koordinat başlanğıcından keçən düz xəttin ixtiyari nöqtəsində a_x təcili sabit kəmiyyətdir:

$$a_{xA} = \frac{4 \text{ m/san}}{2 \text{ san}} = 2 \frac{\text{m}}{\text{san}^2}; \quad a_{xB} = \frac{8 \text{ m/san}}{4 \text{ san}} = 2 \frac{\text{m}}{\text{san}^2};$$

$$a_{xA} = a_{xB} = \dots = \text{const.}$$

Təcilin qiymətini sürət düsturunda nəzərə alsaq: $v_x = 2t$. Məhz yuxarıda baxılan sürət-zaman qrafiki $v_x = 2t$ ifadəsini təsvir edir. Analoji olaraq sürət-zaman qrafikinin altındakı ştrixlənmiş düzbucaqlı üçbucağa diqqət yetirək.



Burada iti bucağın tangensinin ədədi qiymətcə təcilə bərabər olduğu görünür: $\text{tg} \alpha = \frac{v_x}{t} = a_x$ və ya $\text{tg} \alpha = a_x$. Ştrixlənmiş üçbucağın sahəsi isə ədədi qiymətcə gedilən yola bərabərdir:

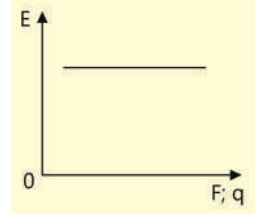
$$l = S_{\Delta} = \frac{v_x t}{2}.$$

Diqqət! Fizikada düsturlardakı kəmiyyətlər arasındakı asılılıqların (riyazi dillə desək: düz mütənəsb, tərs mütənəsb və s. asılılıqlar) olub-olmadığını müəyyənləşdirmək üçün həmin kəmiyyətlərin fiziki mahiyyətinə diqqət yetirmək vacibdir. Çünki elə hallar olur ki, fiziki kəmiyyət müəyyən düsturla ifadə olunur, lakin o, düstura daxil olan digər kəmiyyətlərdən asılı olmur. Məsələn, elektrik sahəsinin intensivliyinin $E = \frac{F}{q}$ düsturu o demək deyil ki, sahə intensivliyi bu sahəyə gətirilən q -dən və ona təsir edən F -dən asılıdır.

Çünki q nə qədər dəyişirsə, ona təsir edən F qüvvəsi də bir o qədər dəfə dəyişdiyindən E intensivliyi dəyişmir, sabit qalır:

$$E = \frac{F_1}{q_1} = \frac{F_2}{q_2} = \dots = \frac{F_n}{q_n} = \text{const.}$$

Qrafikdə belə münasibət şəkil 1.46-dakı kimi təsvir olunur.



Şəkil 1.46

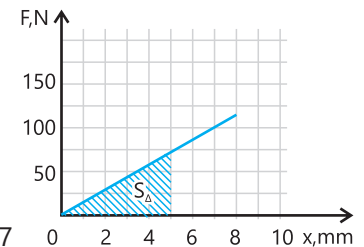
FƏALYYƏT

Məsələ 1 (nümunə). Şəkil 1.47-də elastik yayın deformasiyası zamanı yaranan elastiklik qüvvəsinin yayın uzanmasından asılılığının qrafik təsviri verilmişdir.

Sual 1. Sərbəst və asılı dəyişən fiziki kəmiyyətlər uyğun olaraq hansılardır?

Sual 2. Yayın 5 mm uzanması üçün nə qədər iş görülür?

Sual 3. Yayın sərtliyi nəyə bərabərdir?



Şəkil 1.47

Həlli.

1. Qrafikdən görüldüyü kimi, sərbəst dəyişən fiziki kəmiyyət yayın uzanması, asılı dəyişən fiziki kəmiyyət isə elastiklik qüvvəsidir. Çünki yayın uzanmasına uyğun elastiklik qüvvəsi yaranır.

2. Yayın 5 mm gərilməsi üçün görülən iş ədədi qiymətcə qrafikdə ştrixlənmiş üçbucağın sahəsinə bərabərdir:

$$A = S_{\Delta} = \frac{1}{2} Fx = \frac{1}{2} \cdot 75 \text{ N} \cdot 0,005 \text{ m} = 0,1875 \text{ C}$$

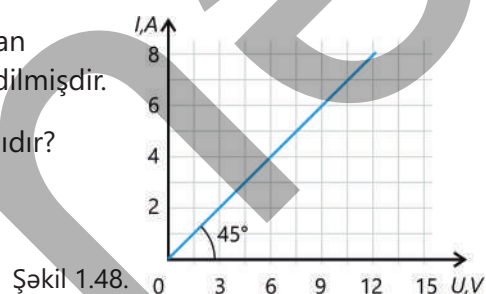
3. Yayın sərtliyi $F = kx$ düsturundan təyin oluna bilər:

$$k = \frac{F}{x} = \frac{75 \text{ N}}{0,005 \text{ m}} = 15 \text{ 000 } \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Məsələ 2. Şəkil 1.48-də dövrə hissəsindəki rezistordan keçən cərəyan şiddətinin rezistorun uclarındakı gərginlikdən asılılıq qrafiki təsvir edilmişdir.

Sual 1. Sərbəst və asılı dəyişən fiziki kəmiyyətlər uyğun olaraq hansıdır?

Sual 2. Rezistorun müqaviməti neçə Om-dur?

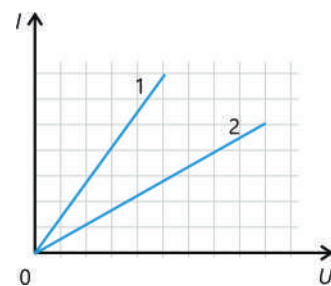


Şəkil 1.48.

• DÜŞÜN
• MÜZAKİRƏ ET
• PAYLAŞ

Şəkildə təsvir edilən qrafikdə iki rezistordan keçən cərəyan şiddətinin onların uclarındakı gərginlikdən asılılıq qrafikləri təsvir edilmişdir.

• **Bu rezistorlardan hansının müqaviməti daha böyükdür? Cavabınızı əsaslandırın.**



Kəmiyyətlər arasında tərs mütənasib asılılığın qrafik təsviri

RİYAZİYYATDA

Bu asılılıq $y = \frac{k}{x}$ düsturu ilə verilir. Bu düsturda asılılıq onu ifadə edir ki, sərbəst dəyişən x arqumentinin qiyməti neçə dəfə artırsa, asılı dəyişən y funksiyasının qiyməti də o qədər dəfə azalır. Yaxud da əksinə, x arqumentinin qiyməti neçə dəfə azalırsa, asılı dəyişən y funksiyasının qiyməti də o qədər dəfə artır.

FİZİKADA

Fiziki kəmiyyətlər arasında tərs mütənasib asılılığa, demək olar, bütün bölmələrdə rast gəlinir.

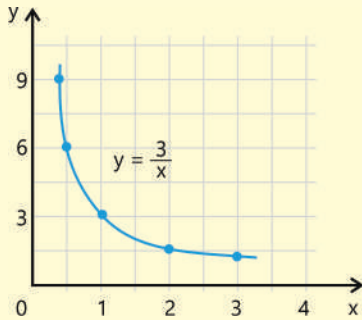
Məsələn, bərk cismin səthə göstərdiyi təzyiqin asılı olduğu kəmiyyətləri xatırlayaq:

$$p = \frac{F}{S}$$

Cismə təsir edən F qüvvəsi sabitdirsə, bu halda cismin oturacağıının sahəsi neçə dəfə böyük olarsa, onun səthə göstərdiyi təzyiq də bir o qədər dəfə az olar. Yaxud da əksinə, cismin oturacağıının sahəsi neçə dəfə kiçik olarsa, onun səthə göstərdiyi təzyiq də bir o qədər dəfə böyük olar.

Tutaq ki, funksiya $y = \frac{3}{x}$ düsturu ilə verilmişdir. Bu asılılığın qrafik təsviri x-ə qiymətlər verilməklə qurulur:

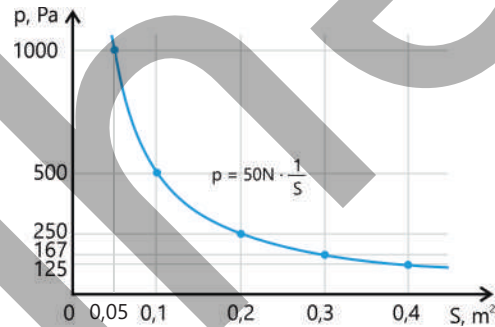
x	0	0,5	1	2	3
y	∞	6	3	1,5	1



Göründüyü kimi, kəmiyyətlər arasındakı tərs mütənəsb asılılığın qrafiki hiperbola əyrisidir.

Cismə təsir edən F qüvvəsi sabitdirsə, bu halda cismin səthə göstərdiyi təzyiq onun oturacağıının sahəsindən tərs mütənəsb asılı olacaq. Yəni təzyiq asılı dəyişən, onun oturacağıının sahəsi isə sərbəst dəyişən fiziki kəmiyyət olacaq. Bu asılılığın qrafik təsvirini quraq. Fərz edək ki, cismə sabit 50 N qüvvə təsir edir. Onun oturacağıının sahəsinin müxtəlif qiymətlərində səthə təzyiqinin necə dəyişdiyini qrafik təsvir edək.

$S, \text{ m}^2$	$\rightarrow 0$	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4
$p, \text{ Pa}$	$\rightarrow \infty$	1000	500	250	167	125



Riyaziyyat fənnindən öyrənmişsiniz ki (bax: "Riyaziyyat-8"), $y = ax^2$ kvadratik funksiyanın qrafiki paraboladır. Bu, U hərfini xatırladan eyni istiqamətə yönəlmiş iki budaqlı açıq, simmetrik əyridir. Parabolanın forması və onun koordinat müstəvisində yerləşməsi tənlikdəki a əmsalından asılıdır. Yəni əgər $a > 0$ olarsa, parabolanın budaqları yuxarıya, $a < 0$ olarsa, aşağıya doğru yönəlir. Parabolanın tərəp nöqtəsi onun ən kiçik ($a > 0$ olarsa) və ya ən böyük qiymətə ($a < 0$ olarsa) çatdığı nöqtədir.

Fiziki kəmiyyətlər arasında da kvadratik asılılıq mövcuddur və bu asılılığın qrafik təsviri də paraboladır.

Kəmiyyətlər arasında kvadratik asılılığın qrafik təsviri – parabola

RİYAZİYYATDA

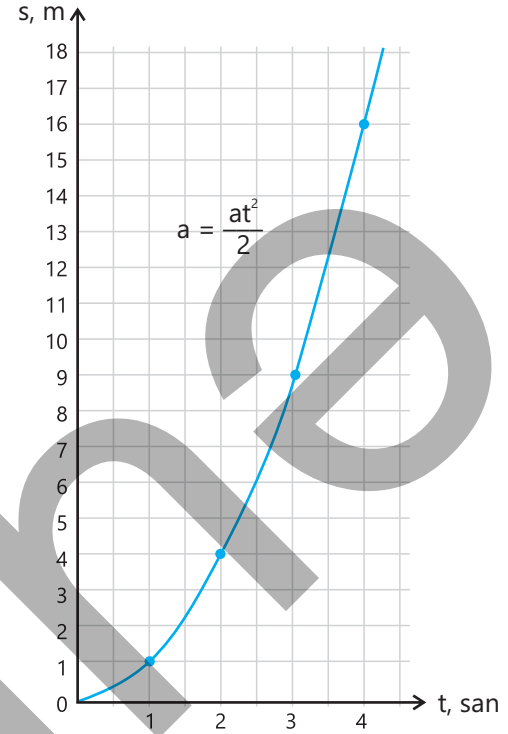
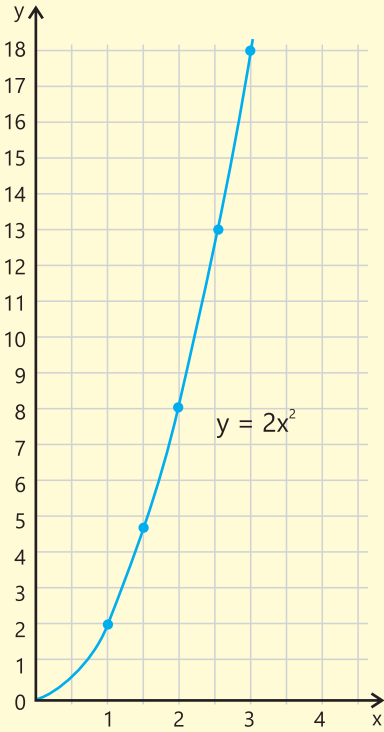
Fərz edək ki, funksiya $y = 2x^2$ tənliyi ilə verilmişdir. Bu asılılığın qrafik təsviri x-ə qiymətlər verilməklə qurulur:

x	0	1	1,5	2	2,5	3
$y = 2x^2$	0	2	4,5	8	12,5	18

FİZİKADA

Fərz edək ki, cisim sükunət halından $S = \frac{at^2}{2}$ qanunu ilə bərabərtəcilli ($a = 2 \frac{\text{m}}{\text{san}^2}$) hərəkət edir. Bu asılılığın qrafikini quraq:

t, san	0	1	2	3	4
s, m	0	1	4	9	16



Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

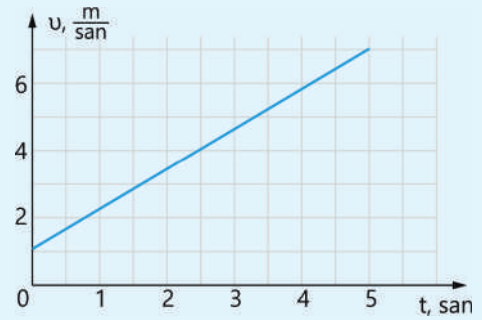
Məsələ 3. Şəkil 1.49-da velosipedçinin sürətinin zamandan asılılıq qrafiki təsvir olunmuşdur.

Sual 1. İlk 5 san müddətində velosipedçinin sürət dəyişməsi nəyə bərabərdir?

Sual 2. Velosipedçi hansı təcillə hərəkət edir?

Sual 3. Velosipedçinin sürət düsturu necə ifadə olunar?

Sual 4. İlk 4 san müddətində velosipedçinin kinetik enerjisi necə dəyişmişdir: artmışdır, yoxsa azalmışdır?



Şəkil 1.49.

Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. Verilən fiziki kəmiyyətlər arasındakı asılılıqların 2. Avtomobilin sürəti $u = 2 + 0,5t$ (m/san) qanunu ilə dəyişir. qrafiklərini qurun və onların fərqi şərhləyin:

a) $u_x = -3t$ və $u_x = 3t$

b) $s_x = \frac{3t^2}{2}$ və $s_x = -\frac{3t^2}{2}$.

Sual 1. Avtomobilin sürət-zaman qrafiki necə təsvir olunacaq?

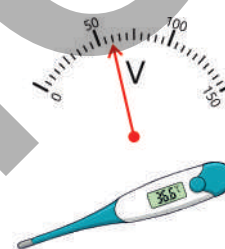
Sual 2. Avtomobilin ilk 3 san müddətində gətirdiyi yol nəyə bərabərdir?

1.2 ÖLÇMƏ VƏ HESABLAMALARDA XƏTALAR

- Heç bir ölçmə tamamilə xətasız olmur. Hətta ən dəqiq ölçü alətləri belə müəyyən xətalara yol verir. Fizikada xətalərin öyrənilməsi ölçmələrin nə qədər dəqiq olduğunu anlamağa, nəticələrə düzgün qiymət verməyə və etibarlı elmi nəticələr çıxarmağa kömək edir.

1.2.1 Ölçmədə dəqiqlik

Ölçmələr tam dəqiqliklə aparıla bilməz. Ölçülmüş kəmiyyətin qiymətində həmişə qeyri-dəqiqlik olur. Bu qeyri-dəqiqlik kəmiyyətin ölçülmüş qiymətinin onun həqiqi qiymətdən sapması nəticəsində yaranan xətalara xarakterizə olunur. Məsələn, şəkildə praktik tədqiqat zamanı voltmetr əqrəbinin və elektron termometrin göstəriciləri təsvir olunmuşdur.



- **Cihaz xətası nəzərə alınmaqla voltmetr və termometr uyğun olaraq neçə volt və neçə °C göstərir?**
- **Aparılan ölçmə və hesablamaların effektivliyini necə müəyyənləşdirmək olar?**

Açar sözlər ölçü cihazının şkalası, bölgünün qiyməti, mütləq xəta, nisbi xəta

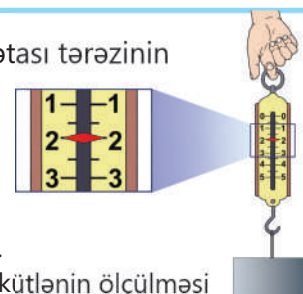
FƏALYYƏT

Məsələ 1. Cismın kütləsi əl tərəzi ilə ölçülür (şəkil 1.50). Birbaşa ölçmə xətası tərəzinin şkalasının bir bölgüsünün qiymətinin yarısına bərabərdir.

Sual 1. Tərəzinin bir bölgüsü nəyə bərabərdir?

Sual 2. Tərəzinin cihaz xətası neçə kq-dır?

Sual 3. Cismın kütləsi nə qədərdir?



Şəkil 1.50.
Tərəzi ilə kütlənin ölçülməsi

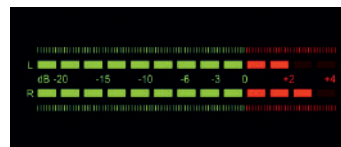
1. Ölçü cihazının şkalası

Şkala – ardıcıl nömrələrlə işarələnmiş ölçmə alətinin göstərici hissəsidir. Şkala dairə, qövs və ya düz xətt boyunca yerləşdirilə bilər (şəkil 1.51).



Manometr:
təzyiqi ölçən cihaz –
dairəvi şkala

Şəkil 1.51



Səsin gurluluq göstəricisi –
xətti şkala



Voltmetr: gərginliyi ölçən
cihaz – qövsvari şkala

2. Şkalada bir bölgünün qiyməti

Ölçü alətinin bir bölgüsünün qiyməti – bu, şkalanın bir addımına uyğun gələn kəmiyyətdir, yəni şkalanın bir bölgüsünə düşən fiziki vahidlərin miqdarıdır. Adətən, bölgü qiyməti alətin üzərindəki işarələmədə göstərilir.

Bölgü qiymətinin müəyyən edilməsi algoritmi

Δ – yun.: δέλτα – delta (böyük delta hərfi) – verilən alətin bir bölgüsünün qiymətidir.

Addım 1. Hər hansı ölçü cihazında şkalanın iki yaxın, böyük və nömrələnmiş bölgü cizgisi seçilir.

Birinci nömrələnmiş bölgü cizgisinin qiyməti **a**, ikincinin isə **b** olsun ($b > a$).

Addım 2. Böyük bölgü cizgiləri arasında olan kiçik cizgilərin sayı müəyyən edilir. Bu sayı n ilə işarə edək.

Addım 3. Böyük bölgülərin qiymətləri arasındakı fərq kiçik bölgü cizgilərinin əmələ gətirdiyi hissələrin sayına bölünür. Yəni əgər kiçik bölgülərin sayı n -sə, böyük cizgilər arasındakı hissələrin sayı $n + 1$ olacaq. Beləliklə, alətin bir bölgüsünün qiyməti belə təyin olunur:

$$\Delta = \frac{b - a}{n + 1}. \quad (11)$$

Nümunə

Məsələ 2. Şəkil 1.52-də mexaniki saniyəölçən təsvir olunmuşdur. Saniyəölçənin əsas şkalasının bölgüsünün qiyməti neçə saniyədir?

Həlli. Əsas şkala böyük ölçülü rəqəmlərlə işarələnən şkaladır. Burada ixtiyari iki ən yaxın nömrələnmiş bölgü cizgisi olaraq, məsələn, 30 san və 35 san götürmək olar:

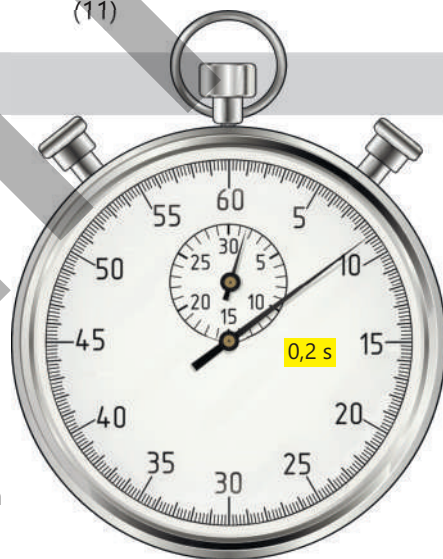
$$a = 30 \text{ san}; b = 35 \text{ san}.$$

Onlar arasında 4 orta bölgü cizgisi, hər orta bölgü cizgisi arasında isə daha 4 kiçik bölgü cizgisi var. Beləliklə, iki yaxın nömrələnmiş böyük bölgü cizgisi arasındakı kiçik bölgülərin sayı belə tapılır:

$$n = 4 + 4 \cdot 5 = 24 \text{ bölgü}.$$

Saniyəölçənin əsas şkalasının bir bölgüsünün qiyməti (12) düsturuna görə təyin olunur:

$$\Delta = \frac{b - a}{n + 1} = \frac{35 \text{ san} - 30 \text{ san}}{24 + 1} = \frac{5 \text{ san}}{25} = 0,2 \text{ san}.$$



Şəkil 1.52.

Cihazı diqqətlə nəzərdən keçirsək, şkala müstəvisində 0,2 san yazıldığını görmək olar (bax: şəkil 1.52).

3. Ölçmələrin növləri

Fiziki kəmiyyətlərin qiymətinin təyini iki ölçmə növündən istifadə etməklə həyata keçirilə bilər. Bunlar aşağıdakılardır:

Ölçmənin növü	Tərif	Nümunə
Birbaşa ölçmə	Fiziki kəmiyyət birbaşa cihazla ölçülür	Cismin həcmnin menzurka ilə ölçülməsi
Dolayısı ölçmə	Fiziki kəmiyyət düstur vasitəsilə hesablanır. Bu düsturda kəmiyyətlərin yerinə onların birbaşa ölçmələr nəticəsində əldə olunan qiymətləri yazılır.	Sürət (v) birbaşa ölçülmür. Məsafə (s) və vaxt (t) ölçülür. Alınan nəticələr $v = \frac{s}{t}$ düsturunda yerinə yazılaraq hesablama aparılır və sürət müəyyən olunur.

4. Ölçmə xətası, cihaz xətası, ölçmənin mütləq və nisbi xətası

Ölçmə vasitəsindən və ölçmə üsulundan asılı olaraq xətlər sistematik və təsadüfi xəta olmaqla iki qrupa bölünür.

Sistemik xəta ölçü prosesində daimi və təkrarlanan şəkildə eyni istiqamətdə baş verən və ölçmənin dəqiqliyinə mənfi təsir göstərən xətdir.

Bu xətanın əsas səbəbləri ölçü cihazının qüsurları, onun yanlış dərəcələnməsi, ətraf mühit amilləri (məsələn, temperatur, rütubət) və ya eksperimentatorun eyni cür səhvləri ilə bağlıdır.

Təsadüfi xəta ölçmə və hesablama proseslərində qeyri-dəqiqlik, insan səhvləri və ətraf mühitin təsirləri kimi müxtəlif mənbələrdən yaranan və təkrarlanan ölçmələrdə fərqlilik göstərən xətdir.

Eyni bir kəmiyyəti təkrar olaraq bir neçə dəfə ölçdükdə hər ölçmədə kiçik fərqlə müxtəlif qiymətlər alınır.

Ölçmə xətası – kəmiyyətin ölçülən qiymətinin həqiqi qiymətindən kənara çıxmasıdır.

Cihaz xətası – cihazın bölgü qiymətinin yarısına bərabər qəbul edilir:

$$d = \frac{\Delta}{2}. \quad (12)$$

Burada **d** – cihaz xətasıdır.

Əgər a_0 – verilmiş a kəmiyyətinin ölçülən orta qiyməti, Δa – ölçmənin mütləq xətası olarsa, bu halda a kəmiyyətinin həqiqi qiyməti aşağıdakı kimi yazılır:

$$a = a_0 \pm \Delta a \quad (13)$$

və ya

$$(a_0 - \Delta a) < a < (a_0 + \Delta a). \quad (14)$$

Yəni ölçmənin nəticəsi $a_0 - \Delta a$ və $a_0 + \Delta a$ aralığında olacaq.

Ölçmənin mütləq xətası – ölçülən kəmiyyətin alınmış qiyməti ilə onun orta qiyməti arasındakı fərqin moduludur:

$$\Delta a = |a - a_0|. \quad (15)$$

Ölçmənin nisbi xətası – ölçmənin mütləq xətasının həqiqi qiymətə (orta qiymətinə) nisbətini faizlə ifadəsidir:

$$\delta = \frac{\Delta a}{a_0} \cdot 100\%. \quad (16)$$

Burada **δ** – yun.: δέλτα – delta (kiçik delta hərfi) – nisbi xətdir.

Nisbi xəta ölçmənin dəqiqliyinin göstəricisidir. Nisbi xəta nə qədər kiçik olarsa, ölçmə bir o qədər dəqiq aparılmış hesab olunur. Mütləq xətaya əsasən ölçmənin dəqiqliyi barədə mühakimə yürütmək olmaz.

• DÜŞÜN
• MÜZAKİRƏ ET
• PAYLAŞ

iki ölçmə nəticəsi verilib: $a = (5,0 \pm 0,1)$ sm və $b = (25 \pm 0,1)$ sm. Hər iki ölçmədə mütləq xəta eynidir.

• Hansı nəticə daha dəqiqdir, niyə?

Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

Hansı xətkəş daha dəqiq ölçür?

Ləvazimat: tircik; santimetrə nömrələnmiş iki xətkəş: birincisi, nömrələnmiş bölgüləri arasında bir kiçik bölgü cizgisi olan xətkəş, ikincisi, nömrələnmiş bölgü cizgisi arasında 9 kiçik bölgüsü olan xətkəş; karandaş; iş vərəqi.

İşin gedişi

Təcrübə 1.

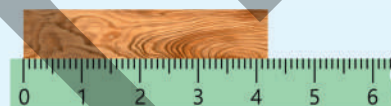
1. Birinci xətkəşlə tirciyin uzunluğunu ölçün (şəkil 1.53).
2. Xətkəşin bir bölgüsünün qiymətini, cihaz xətasını, tirciyin həqiqi uzunluğunu, ölçmələrin mütləq və nisbi xətasını təyin edin.



Şəkil 1.53

Təcrübə 2.

1. İkinci xətkəşlə tirciyin uzunluğunu ölçün (şəkil 1.54).
2. Xətkəşin bir bölgüsünün qiymətini, cihaz xətasını, tirciyin həqiqi uzunluğunu, mütləq və nisbi xətanı təyin edin.



Şəkil 1.54

Müzakirə edin

- Xətkəşlərin uyğun olaraq bir bölgüsünün qiyməti nə qədərdir?
- Birinci və ikinci xətkəşə görə tirciyin həqiqi uzunluğu arasında fərq nə qədərdir?
- Birinci xətkəşlə apardığınız ölçmənin mütləq xətası neçə sm-dir?
- İkinci xətkəşlə apardığınız ölçmənin mütləq xətası neçə sm-dir?
- Hansı xətkəşlə apardığınız ölçmədə nisbi xəta daha az alındı? Niyə?

Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. Şəkil 1.55-də ikişkalalı (yuxarı şkala $0 \div 8A$, aşağı şkala $0 \div 40A$ dərəcəli) ampermetr təsvir olunmuşdur.

Sual 1. Ampermetrin uyğun şkalasının bir bölgüsünün qiyməti neçə amperdir?

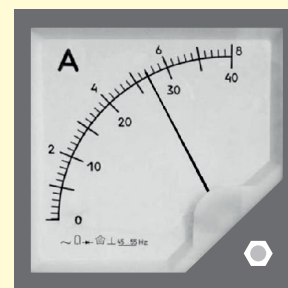
Sual 2. Ampermetrin şkalalarına görə cihaz xətası nəyə bərabərdir?

Sual 3. Dövrədən keçən cərəyan şiddətinin şkalalar üzrə həqiqi qiyməti uyğun olaraq neçə amperdir?

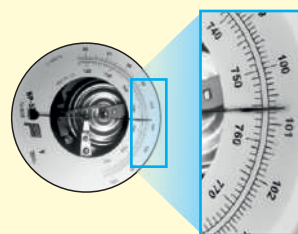
Sual 4. Ampermetrin uyğun şkalasına görə ölçmənin mütləq xətası nəyə bərabərdir?

Sual 5. Ampermetrin uyğun şkalasına görə ölçmənin nisbi xətası neçə faizdir?

2. Atmosfer təzyiqini ölçmək üçün barometrdən istifadə edilmişdir. Barometrin yuxarı şkalası **kPa**, aşağı şkalası isə **mm civ. süt.** ilə dərəcələnməmişdir (şəkil 1.56). Təzyiqin ölçü xətası barometr şkalasında bir bölgünün qiymətinin yarısına bərabərdir. Ölçmə xətası nəzərə alınmaqla barometrin göstəricisi nəyə bərabərdir?



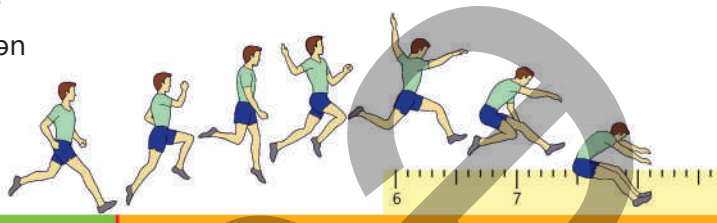
Şəkil 1.55. Ampermetr



Şəkil 1.56. Barometr

1.2.2 1 Ölçmələrdə xəta: çoxsaylı ardıcıl ölçmələrdə mütləq və nisbi xəta

İdman yarışlarında atletin göstərdiyi nəticə hakimlər tərəfindən bir neçə dəfə yoxlanılıb dəqiqləşdirildikdən sonra təsdiqlənir. Məsələn, uzununa tullanan atletin tullandığı məsafə ölçü lenti vasitəsilə bir neçə dəfə ölçüldükdən sonra onun nəticəsi elan olunur.



- İdman yarışlarında nəticələr niyə həmişə dəfələrlə yoxlanıldıqdan sonra elan olunur?
- Bu zaman aparılan çoxsaylı ölçmələrdən sonra hansı nəticə əsas götürülür?

Açar sözlər ölçü cihazının şkalası, bölgünün qiyməti, mütləq xəta, nisbi xəta, xəta çizgiləri, ən uyğun xətt

FƏALİYƏT

Termometrin hansı göstəricisi götürülməlidir?

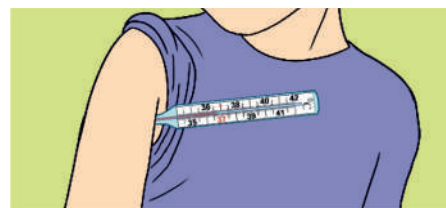
Ləvazimat: cıvəli tibb termometri.

İşin gedişi

1. Qolunuzu bədəninizə sıxıb 3 dəqiqə gözləyin. Sonra termometri həmin qolunuzun qoltuğu altında yerləşdirib bədəninizin temperaturunu ölçün və nəticəni cədvəl 1-də qeyd edin.
2. Bədən temperaturunuzu daha iki dəfə ölçün. Bunun üçün hər dəfə termometri güclü silkələyib yenidən qoltuğunuzun altında yerləşdirin. Termometrin göstəricisini cədvəl 1-də qeyd edin.

Cədvəl 1.

Nº	Termometrin göstəricisi	Mütləq xəta	Nisbi xəta	Qeyd
1	36,6°C			
2	37,0°C			
3	36,8°C			



Müzakirə edin

- Fərz edək ki, termometr ilk ölçmədə temperaturunuzun 36,6°C, ikinci dəfə 37,0°C, üçüncü dəfə isə 36,8°C olduğunu göstərdi. Sizcə, hansı nəticəni doğru qəbul etmək olar?

1. Eyni kəmiyyətin təkrarlanan ölçmələrində xəta

Çox vaxt metodun xətası və ya təcrübəçinin yol verdiyi xəta cihaz xətasından xeyli böyük olur. Belə hallarda ölçülən fiziki kəmiyyətin qiyməti hər dəfə müəyyən qədər dəyişir. Ona görə də kəmiyyətin həqiqi qiymətini və ölçmənin mütləq xətasını təyin etmək üçün ardıcıl təkrar ölçmələr aparılır, alınan nəticələrin orta qiyməti hesablanır və ölçmənin nəticəsi orta qiymət və mütləq xəta ilə birlikdə yazılır.

Ardıcıl təkrarlanan ölçmələrdə kəmiyyətin həqiqi qiymətinin və mütləq xətasının təyin edilməsi

Fizikada bu prosesin alqoritminə riyaziyyatla analogiyada baxaq (cədvəl 2).

Cədvəl 2.

Ardıcıl təkrarlanan ölçmələrdə kəmiyyətin həqiqi qiymətinin və mütləq xətasının təyini alqoritmi		
Nº	RİYAZIYYATDA	FİZİKADA
Addım 1	N sayda təkrar ölçmə aparılır və hər ölçmədə fiziki kəmiyyətin x_1, x_2, \dots, x_N qiyməti alınır.	Fərz edək ki, metal silindrin kütləsi qollu tərəzi ilə ölçülür. Ardıcıl təkrarlanan ölçümlər nəticəsində kütlənin üç müxtəlif qiyməti alınmışdır: $m_1 = 99,2$ q; $m_2 = 98,8$ q və $m_3 = 100,3$ q.
Addım 2	Kəmiyyətin həqiqi qiyməti bütün ölçmələrin ədədi ortasına bərabər qəbul olunur: $x_0 = x_{\text{orta}} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_N}{N}$	Ölçmələrin orta qiyməti müəyyən olunur: $m_{\text{orta}} = \frac{99,2 \text{ q} + 98,8 \text{ q} + 100,3 \text{ q}}{3} \approx 99,4 \text{ q.}$ Bu qiymət kütlənin həqiqi qiyməti qəbul edilir: $m_0 = m_{\text{orta}} = 99,4 \text{ q.}$
Addım 3	Hər bir ölçmə üçün kəmiyyətin həqiqi qiymətindən mütləq kənara çıxmalar tapılır: $\Delta_1 = x_0 - x_1 ; \Delta_2 = x_0 - x_2 , \dots, \Delta_N = x_0 - x_N .$	Kəmiyyətin həqiqi qiymətindən mütləq kənara çıxmalar tapılır: $\Delta_1 = 99,4 - 99,2 \text{ q} = 0,2 \text{ q};$ $\Delta_2 = 99,4 - 98,8 \text{ q} = 0,6 \text{ q};$ $\Delta_3 = 99,4 - 100,3 \text{ q} = 0,9 \text{ q.}$
Addım 4	Bütün mütləq kənara çıxmaların ədədi ortası müəyyən olunur: $\Delta_{\text{orta}} = \frac{\Delta_1 + \Delta_2 + \dots + \Delta_N}{N}$	Mütləq kənara çıxmaların ədədi ortası müəyyən olunur: $\Delta_{\text{orta}} = \frac{0,2 \text{ q} + 0,6 \text{ q} + 0,9 \text{ q}}{3} \approx 0,57 \text{ q.}$
Addım 5	Alınmış Δ_{orta} qiyməti alətin cihaz xətası (d) ilə müqayisə olunur. Bu iki qiymətdən böyük olanı mütləq xəta kimi qəbul edilir: $\Delta x = \Delta_{\text{ort}} + d.$	Fərz edək ki, tərəzinin cihaz xətası $d = 0,05$ q-dır. Mütləq kənara çıxmaların orta qiymətinin cihaz xətasından böyük olduğu görünür: $\Delta_x = \Delta_{\text{ort}} + d = (0,57 + 0,05) \text{ q.}$
Addım 6	Təkrarlanan ardıcıl ölçmələrin nəticəsi yazılır: $x = x_0 \pm \Delta x.$	Beləliklə, cismin kütləsinin təyininə dair təkrarlanan ardıcıl ölçmələrin nəticəsini belə yazmaq olar: $m = m_0 \pm \Delta m, m = (99,4 \pm 0,57) \text{ q.}$
Addım 7	Nisbi xəta təyin olunur: $\delta = \frac{\Delta_{\text{orta}}}{x_0} \cdot 100 \%$	Aparılan ölçmənin nisbi xətası təyin olunur: $\delta = \frac{\Delta_{\text{orta}}}{m_0} \cdot 100 \%, \quad \delta = \frac{0,57 \text{ q}}{99,4 \text{ q}} \cdot 100 \% \approx 0,57\%.$

2. Eksperimentin nəticələrinin təqdim olunması

Bildiyiniz kimi, eksperimentin nəticəsi belə yazılır:

$$a = a_0 \pm \Delta a.$$

Burada a_0 – ölçmənin həqiqi qiyməti, Δa – ölçmənin mütləq xətasıdır. Birbaşa ölçmənin nəticəsini necə tapmağı yuxarıda nəzərdən keçirdik. Dolayısı ilə ölçmənin nəticəsi birbaşa

ölçmələrlə əldə olunmuş kəmiyyətlərin düsturda yerinə qoyulması zamanı aparılan riyazi əməllərdən asılıdır. Onlar aşağıdakılardır.

Kəmiyyətlərin toplanmasında xəta

Fərz edək ki, a və b kəmiyyətlərinin birbaşa ölçülməsinin nəticəsi aşağıdakı kimidir:

$$a = a_0 + \Delta a \text{ və } b = b_0 + \Delta b.$$

Bu halda həmin kəmiyyətlərin cəminin mütləq xətası mütləq xətalərin cəminə bərabərdir:

$$\Delta(a + b) = \Delta a + \Delta b.$$

Kəmiyyətlərin vurulması və bölünməsində nisbi xəta

Fərz edək ki, a və b kəmiyyətlərinin birbaşa ölçülməsinin nəticəsi $a = a_0 + \Delta a$ və $b = b_0 + \Delta b$, nisbi xətaləri isə uyğun olaraq $\delta_a = \frac{\Delta a}{a_0} \cdot 100\%$ və $\delta_b = \frac{\Delta b}{b_0} \cdot 100\%$ -dir. Bu halda onların hasilinin nisbi xətası nisbi xətalərin cəminə bərabərdir:

$$\delta_{a \cdot b} = \delta_a + \delta_b = \left(\frac{\Delta a}{a_0} + \frac{\Delta b}{b_0} \right) \cdot 100\%. \quad (18)$$

Bu kəmiyyətlərin nisbətinin nisbi xətası da nisbi xətalərin cəminə bərabərdir:

$$\delta_{a/b} = \delta_a + \delta_b = \left(\frac{\Delta a}{a_0} + \frac{\Delta b}{b_0} \right) \cdot 100\%. \quad (19)$$

Tərtibin xətası

Əgər a kəmiyyətinin birbaşa ölçmə nəticəsi $a = a_0 + \Delta a$, nisbi xətası $\delta_a = \frac{\Delta a}{a_0} \cdot 100\%$ -ə bərabədirsə, a^2 -nin nisbi xətası həmin kəmiyyətin nisbi xətasının 2 mislinə bərabərdir:

$$\delta_{a^2} = 2\delta_a. \quad (20)$$

a^3 -nün nisbi xətası həmin kəmiyyətin nisbi xətasının 3 mislinə və beləliklə, a^n -in nisbi xətası həmin kəmiyyətin nisbi xətasının n mislinə bərabərdir:

$$\delta_{a^3} = 3\delta_a; \dots; \delta_{a^n} = n\delta_a.$$

• DÜŞÜN
• MÜZAKİRƏ ET
• PAYLAŞ

Üç şagird "Fizika" dərsliyinin qalınlığını xətkəşlə ölçdü.

Nəticə belə alındı:

Lalə: 1,8 sm;

Arif: 2,0 sm;

Nigar: 2,1 sm.

Şagirdlər eyni kitabı ölçsələr də, nəticələr fərqli alındı.

Sizcə:

kimin ölçməsi düzgündür?

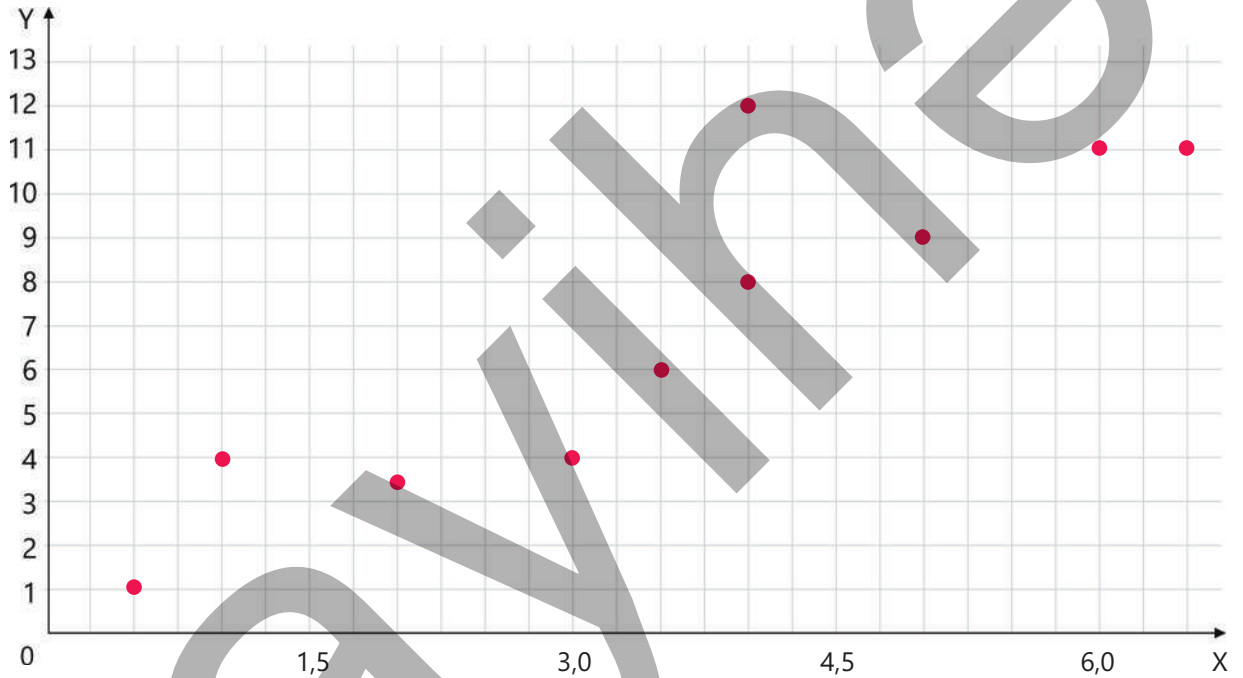
niyə nəticələr eyni alınmadı?

kitabın "həqiqi qalınlığı"nı daha düzgün tapmaq üçün hansı üsuldən istifadə edilməlidir?

1.2.2 **2** Ölçmələrdə xəta: çoxsaylı ardıcıl ölçmələrdə mütləq və nisbi xəta

3. Xətalərin qrafik təsviri

Şəkil 1.57-də XOY koordinat sistemində y -in x -dən asılılığını ifadə edən $(x; y)$ nöqtələr çoxluğu təsvir olunmuşdur.



Şəkil 1.57

Sistematik xətalər ölçmə vasitəsinin və ya cihazın quruluş xüsusiyyətləri ilə bağlı olan səbəblərdən yaranır. Bu tip xətalər ya ölçmə nəticəsini daim artıq göstərir, ya da daim azaldır. Sistematik xətalərin əsas növlərindən biri cihaz xətaləridir ki, bu da ölçmə cihazının düzgün dərəcələnmədiyi (kalibrlənmədiyi) ilə şərtlənir. Məsələn, normal təzyiqdə əgər termometr 2°C artıq göstərsə, buzun temperaturu 2°C , qaynayan suyun temperaturu isə 102°C göstərir. Belə termometr ölçmə nəticəsini daim artıq göstərəcəkdir.

Təsadüfi xəta isə ölçmə zamanı baş vermiş diqqətsizlikdən yaranan xətdir. Yalnız bir ölçmə aparıldıqda sistematik və ya təsadüfi xətanı hesablamağa nəzərə almaq olmur. Ancaq eksperimentdən çox sayda ölçmə nəticəsi alındıqda xətalərin qrafik təsviri onları daha dəqiq analiz etməyə imkan verir. Yəni qrafik üzərində ölçmələrin xətalərinin gerçək qiymətlərdən nə qədər fərqləndiyini daha aydın görmək olur. Digər tərəfdən isə ölçmə sayının artırılması təsadüfi xətaləri azaltmağa imkan verir.



Ölçmə nəticələrinin sistematik və təsadüfi xətlərini qrafik üzərində necə təsvir etmək olar?

Fərz edək ki, müxtəlif kütləli 8 metal kürəcik verilmişdir. Onların həcmi içərisində su olan menzurka vasitəsilə ölçülür. Kürəcik suya daxil edilməzdən öncə suyun həcmi V_0 -dır və o, eksperiment müddətində sabit saxlanılıb. m_0 isə kürəciyin nəzəri (yəni düsturla) hesablanmış qiymətidir. Eksperiment üç dəfə təkrar

edilib. Birinci eksperimentdə kürəciklər suya daxil edildikdə su səviyyəsinin yüksəlməsinə uyğun həcm V_1 və kütlələr m_1 , ikinci eksperimentdə həcm V_2 və kütlələr m_2 , üçüncü eksperimentdə isə həcm V_3 və kütlələr m_3 ilə işarə edilib.

Beləliklə, səkkiz metal kürəcik bir-bir menzurkaya daxil edilərək suyun səviyyəsinin dəyişməsinə görə həcmi, tərəzi vasitəsilə isə kütlələri təyin olunur. Nəticələr cədvəl 1-də qeyd edilib.

Cədvəl 1.

Nº	$V_1, (\times 10^{-4} \text{m}^3)$	$V_2, (\times 10^{-4} \text{m}^3)$	$V_3, (\times 10^{-4} \text{m}^3)$	$m_1, (\text{kq})$	$m_2, (\text{kq})$	$m_3, (\text{kq})$
1	0,048	0,050	0,049	0,013	0,014	0,013
2	0,103	0,102	0,105	0,028	0,028	0,028
3	0,152	0,151	0,154	0,041	0,041	0,042
4	0,201	0,206	0,203	0,054	0,056	0,055
5	0,252	0,250	0,257	0,068	0,068	0,069
6	0,297	0,301	0,299	0,080	0,081	0,081
7	0,346	0,349	0,348	0,093	0,094	0,094
8	0,401	0,395	0,403	0,108	0,107	0,109

Bundan sonra birinci, ikinci və üçüncü ölçmələrdən alınan nəticələrin orta qiyməti tapılır. Bunun üçün həcm və kütlənin qiymətlərini uyğun olaraq hər sətir üzrə toplayıb onların sayına bölmək lazımdır. Nümunə olaraq cədvəl 1-in birinci sətirindəki məlumatlara əsasən aparılan hesablamalarla tanış olaq:

$$V_{\text{or}} = \frac{V_1 + V_2 + V_3}{3} = \frac{(0,048 + 0,050 + 0,049) \cdot 10^{-4} \text{m}^3}{3} = 0,049 \cdot 10^{-4} \text{m}^3.$$

$$m_{\text{or}} = \frac{m_1 + m_2 + m_3}{3} = \frac{(0,013 + 0,014 + 0,013) \text{ kq}}{3} = 0,013 \text{ kq}.$$

Həcmə uyğun olaraq mütləq və nisbi xətası aşağıdakı ifadələrə bərabərdir:

$$\Delta V = \frac{V_{\text{max}} - V_{\text{min}}}{2} = \frac{(0,050 - 0,048) \cdot 10^{-4} \text{m}^3}{2} = 0,001 \cdot 10^{-4} \text{m}^3.$$

$$\delta_v = \frac{\Delta V}{V_{\text{orta}}} \cdot 100\% = \frac{0,001 \cdot 10^{-4} \text{m}^3}{0,049 \cdot 10^{-4} \text{m}^3} \cdot 100\% = 2,041\%.$$

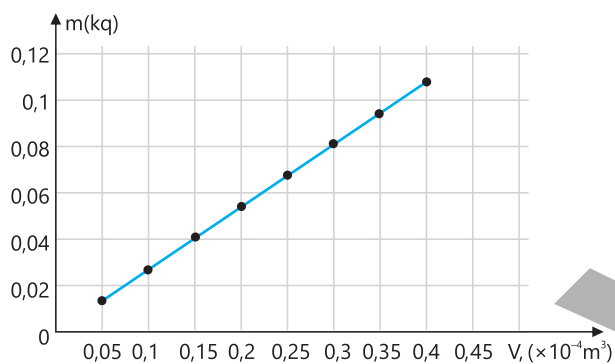
Kütlənin uyğun olaraq mütləq və nisbi xətası aşağıdakı ifadələrə bərabərdir:

$$\Delta m = m_{\text{ən böyük}} - m_{\text{ən kiçik}} = 0,014 - 0,013 \text{ kq} = 0,001 \text{ kq}.$$

$$\delta_m = \frac{\Delta m}{m_{\text{orta}}} \cdot 100\% = \frac{0,001 \text{ kq}}{0,013 \text{ kq}} \cdot 100\% = 7,69\%.$$

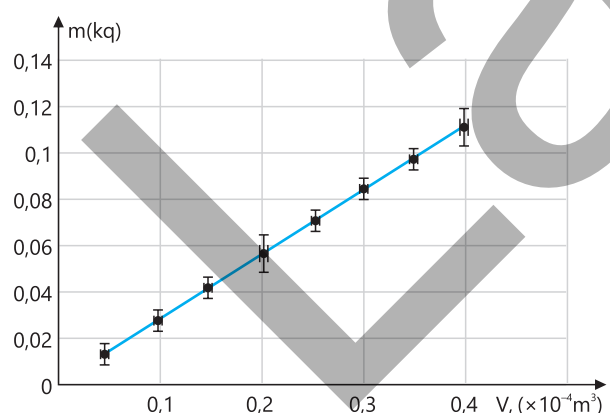
Cədvəl 2.

№	$V_{orr} (\times 10^{-4} m^3)$	Həcmnin xətası		$m_{orr} (kq)$	Kütlənin xətası	
		$\Delta V, (\times 10^{-4} m^3)$	$\delta_{Vr} (\%)$		$\Delta m, (kq)$	$\delta_{mr} (\%)$
1	0,049	0,002	4,082	0,0130	0,001	7,52
2	0,103	0,003	2,92	0,0280	0,000	0,00
3	0,152	0,003	2,00	0,0413	0,001	7,60
4	0,203	0,005	2,46	0,0550	0,002	3,60
5	0,253	0,007	2,76	0,0683	0,010	1,46
6	0,299	0,004	1,34	0,0807	0,001	2,24
7	0,348	0,003	0,86	0,0937	0,010	1,06
8	0,400	0,008	2,00	0,1080	0,002	1,84



Şəkil 1.59.

Kütlənin həcmdən asılılıq qrafiki



Şəkil 1.60.

Xətalərin qrafik təsviri

Həcmnin və kütlənin qiymətlərini koordinat sistemində qeyd etməklə qrafik qurulur. Qrafikdən isə eksperiment üçün yekun xətanı hesablamaq olar. Bunun üçün absis oxunda həcmnin qiymətləri, ordinat oxunda isə kütlənin qiymətləri qeyd edilir. Xətaləri isə hər nöqtədə qeyd etmək olar və ya *Excel* proqramı vasitəsilə avtomatik şəkildə icra etmək olar.

Xətaləri əlavə etmədən alınan qrafik şəkil 1.59-dakı kimi olacaq. Bu qrafik hesablamaların orta qiymətindən alındığından **ən yaxşı uyğunlaşan xətt** adlanır. Çünki o, həqiqi qiymətlərə daha uyğundur.

Xətalər əlavə edildikdə isə qrafik aşağıdakı kimi olacaq (şəkil 1.60). Qrafikdəki üfüqi cizgilər həcmnin qiymətlərindəki xətaləri, şaquli cizgilər isə kütlənin qiymətlərindəki xətaləri göstərir. Həmin cizgilər **xəta cizgiləri** adlanır.

Məsələn, şəkil 1.59-da həcmnin birinci nöqtəyə uyğun qiyməti

$$(0,049 \times 10^{-4} \pm 0,0010 \times 10^{-4}) m^3$$

olduqda $0,0010 \times 10^{-4} m^3$ qiyməti üfüqi cizginin nöqtədən müsbət və mənfi istiqamətlərdəki uzunluqlarını göstərir.

Eyni qaydada kütlənin də mütləq xətası qrafik üzərində ifadə edilib.

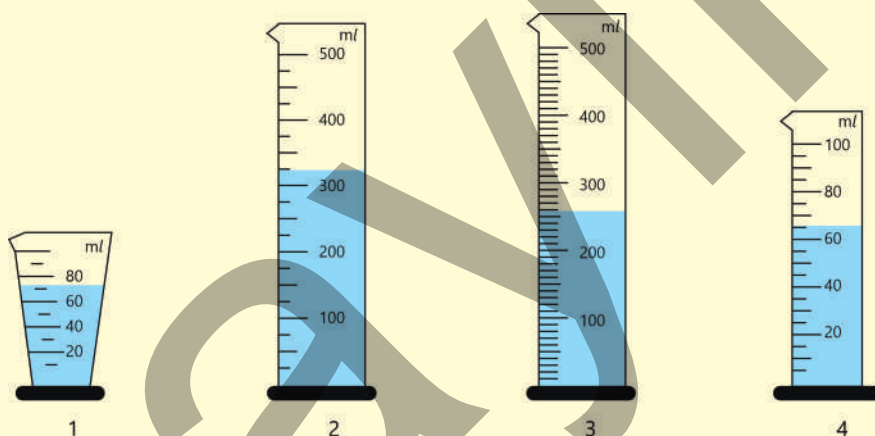
Öyrəndiklərinizi tətbiq edin**Masa səthinin sahəsinin nisbi xətası neçə faiz, mütləq xətası neçə m²-dir?**

Məsələ. Cavid və Lalə evdəki köhnə iş masasının səthinə nazik üzvi şüşə lövhə ilə örtmək istəyirlər. Onlar bu məqsədlə masanın səthinin enini və uzunluğunu ölçürlər. Ölçməni bölgüsünün qiyməti 0,1 sm olan xətkəşlə apardıqda səthin uzunluğunun 135,2 sm, eninin isə 65,1 sm olduğunu təyin etdilər.

Sual 1. Masanın səthinin sahəsi nəyə bərabərdir?**Sual 2.** Sahənin nisbi xətası neçə faizdir?**Sual 3.** Sahənin mütləq xətası neçə m²-dir?**İpucu.** Mütləq xətanın qiymətini nisbi xəta düsturundan ala bilərsiniz: $\Delta S = S \cdot \delta_s$.**Öyrəndiklərinizi yoxlayın**

1. Eyni fiziki kəmiyyətin təkrar ölçmələrində mütləq və nisbi xəta necə hesablanır?

2. Şəkil 1.61-də şkalasında dörd fərqli sayda bölgüsü olan menzurkalar təsvir olunmuşdur. Menzurkalara müxtəlif ölçülərdə su tökülmüşdür.



Şəkil 1.61.

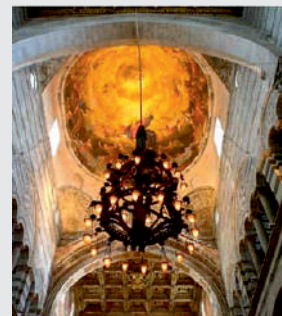
Sual 1. Menzurkaların uyğun olaraq bölgü qiyməti neçə ml-dir?**Sual 2.** Menzurkalardakı mayenin həcmi uyğun olaraq nəyə bərabərdir?**Sual 3.** Hansı menzurka həcmi daha dəqiq ölçər, hansı menzurka isə az dəqiqliklə ölkər? Cavabınızı əsaslandırın.**Sual 4.** Menzurkalardakı ölçmələrin uyğun olaraq mütləq xətası nəyə bərabərdir?

1.3 FİZİKADA EKSPERİMENT

- İstənilən fundamental elmlərdə olduğu kimi fizikada da eksperiment bu elmin inkişafında mühüm rol oynamışdır.
 - Bir düşünün, Qaliley Pizadakı əyri qüllədən müxtəlif kütləli cisimləri ataraq eksperiment aparmasaydı, biz hələ də Aristotelin "ağır cisim daha tez düşür" fikrinə inanardıq mı? Əlbəttə inanmazdıq, lakin bu həqiqi nəticəyə bəlkə də bir neçə yüz ildən sonra gələrdik. Başqa bir sual.
 - Torriçellinin civə sütunu ilə apardığı klassik təcrübəsi olmasaydı, biz atmosfer təzyiqinin çox böyük ədədi qiymətə sahib olduğuna inana bilərdik mi? Əlbəttə inana bilərdik, lakin ola bilsin, bir neçə yüz ildən sonra. Bir sözlə, fizikada eksperimentlər hər zaman olmuş və onlar elmin inkişafında və formalaşmasında çox mühüm rol oynamışdır.

1.3.1 Fizikada eksperiment elmi tədqiqat metodu kimi

Belə bir tarixi fakt məlumdur: 1583-cü ildə italyalı alim Q. Qaliley Piza məbədinə olarkən uzun burazdan asılan çilçirəğin rəqsi hərəkəti onun diqqətini çəkir. O, çilçirəğin rəqsini nəbzinin vurması ilə müqayisə etdikdə məlum olur ki, rəqqasın amplitudu azalsa da, onun bir rəqsə sərf etdiyi zaman (rəqs periodu) dəyişmir. Qaliley sonralar apardığı çoxsaylı eksperimentlərlə ipli rəqqasın uzunluğunu, ondan asılan yükün kütləsini, rəqqasın yerləşdiyi yüksəkliyi (dəniz səviyyəsi ilə müqayisədə), rəqs amplitudunu dəyişməklə isə rəqqasın rəqs periodunun və tezliyinin nədən asılı olduğunu təyin edir.



- **Həqiqətənmi ipli rəqqasın rəqs periodu rəqs amplitudundan asılı deyil?**
- **İpli rəqqasın rəqs periodu nədən asılıdır?**

Açar sözlər fiziki eksperiment, elmi tədqiqat metodu, müşahidə, elmi fərziyyə, nəticə

FƏALİYƏT

İpli rəqqasla təcrübə

Ləvazimat: nazik ipdən asılmış kürəcik, saniyəölçən, xətkəş, mufta və tutqacı olan ştativ

İşin gedişi

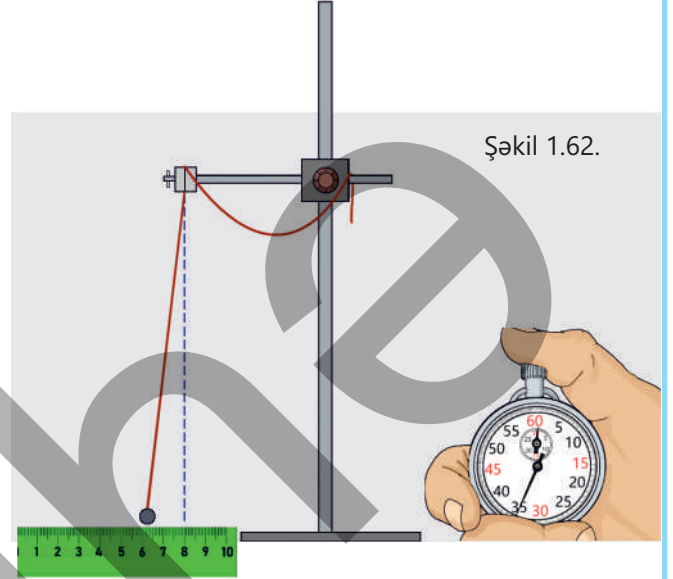
Təcrübə 1. Rəqqasın rəqs periodu rəqs amplitudundan asılıdır mı?

1. Bir ucundan kürəcik asılmış ipi ştativə bağlayıb uzunluğu 1 m olan ipli rəqqas hazırlayın (şəkil 1.62) və cədvəl 1-i iş vərəqinə çəkin.

Cədvəl 1. Uzunluğu 1 m olan ipli rəqqasla təcrübə

Nº	A, (sm)	N, (tam rəqslərin sayı)	t, (san)	T, (san)
1	2	5		
2	4			
3	5			

2. Rəqqası müəyyən amplitudda, məsələn, tarazlıq vəziyyətindən $A = 2$ sm uzaqlaşdırıb buraxmaqla rəqsi hərəkətə gətirin.
3. Saniyəölçəni işə salıb $N = 5$ tam rəqsə sərf olunan t_1 zamanını ölçün və nəticəni cədvəldə qeyd edin.
4. Rəqs amplitudunun 4 sm və 5 sm qiymətlərində təcrübəni daha iki dəfə təkrarlamaqla t_2 və t_3 zamanlarını ölçüb cədvəldə qeyd edin.
5. $T = \frac{t}{N}$ düsturuna əsasən ipli rəqqasın T_1 , T_2 və T_3 rəqs periodunu hesablayıb cədvəldə qeyd edin.



Şəkil 1.62.

Təcrübə 2. İpli rəqqasın rəqs periodu rəqqasın uzunluğundan asılıdırımı?

1. Təcrübə rəqsin başlanğıc amplitudu sabit saxlanaraq (məsələn, 5 sm) yalnız rəqqasın uzunluğu dəyişdirilməklə aşağıdakı ardıcılıqla icra olunur:
 - a) uzunluğu 1 m olan rəqqası rəqsi hərəkətə gətirin və saniyəölçənlə $N = 5$ tam rəqsə sərf olunan t_1 zamanını ölçün. Nəticəni cədvəl 2-də qeyd edin (cədvəli əvvəlcədən iş vərəqinə çəkin);
 - b) rəqqasın uzunluğunu artıraraq onun 1,3 m; 1,35 m; 1,4 m qiymətlərində təcrübəni daha üç dəfə təkrarlayın və uyğun olaraq t_2 , t_3 və t_4 zamanlarını ölçüb cədvəldə qeyd edin.
2. $T = \frac{t}{N}$ düsturuna əsasən ipli rəqqasın T_1 , T_2 , T_3 və T_4 rəqs periodunu hesablayıb cədvəldə yazın.

Cədvəl 2. Rəqs amplitudu 5 sm-dir.

Nº	l, (m)	N, (tam rəqslərin sayı)	t, (san)	T, (san)
1	1	5		
2	1,3	5		
3	1,35	5		
4	1,4	5		

3. Cədvəl 3-ü iş vərəqinə çəkin və uyğun nisbətləri hesablayıb nəticələri qeyd edin. Uyğun sütundakı nisbətlər arasında qanunauyğunluğun olub-olmadığını müəyyənləşdirin.

Cədvəl 3. Nisbətlərin müqayisəsi.

$\frac{T_2}{T_1} =$	$\frac{T_3}{T_1} =$	$\frac{T_4}{T_1} =$
$\frac{l_2}{l_1} =$	$\frac{l_3}{l_1} =$	$\frac{l_4}{l_1} =$

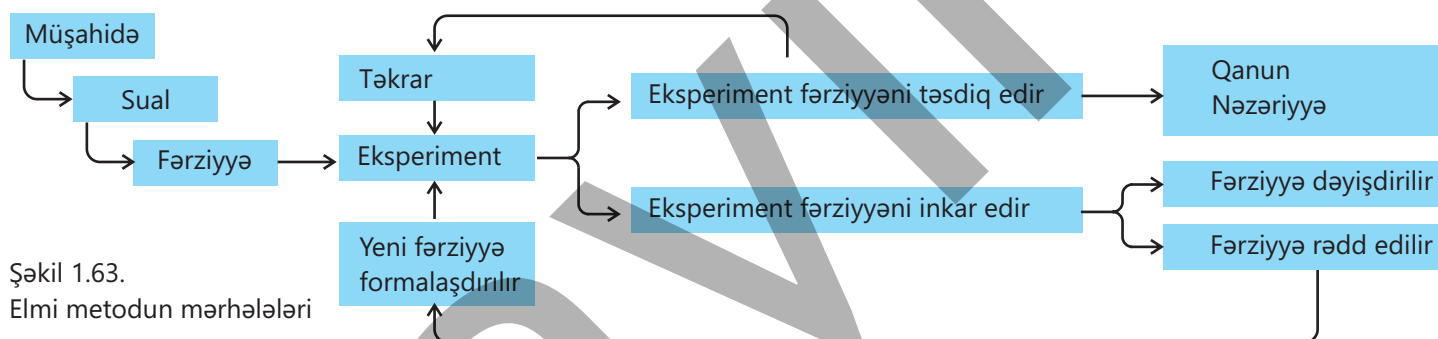
Müzakirə edin

- Təcrübə 1-də ipli rəqqasın rəqs amplitudunun müxtəlif qiymətlərində rəqs periodu necə dəyişdi?
- Bu təcrübədə hansı dəyişənlər iştirak etdi?
- Təcrübə 2-də ipli rəqqasın uzunluğunun dəyişməsi rəqs perioduna necə təsir etdi?
- Rəqs periodlarının nisbəti ilə rəqqasın uzunluqları nisbəti arasında hansı qanunauyğunluğu müəyyən etdiniz?
- Bu təcrübələr sayəsində nə "kəşf" etdiniz?

Fizikada hansısa qanunu kəşf etmək və ya yeni nəzəriyyə formalaşdırmaq üçün yalnız fərziyyə irəli sürərək onu şifahi şəkildə əsaslandırmaq elmi yanaşma baxımından kifayət etmir. Dəqiq və əsaslandırılmış nəticəyə gəlmək üçün elmi metodun mərhələlərindən istifadə etmək vacibdir.

Elmi metod

Alimlər elm sahəsində suallara cavab tapmaq, qanun kəşf etmək, nəzəriyyələri formalaşdırmaq üçün elmi metoddan istifadə edirlər. *Elmi metod – məsələləri araşdırmaq və cavab tapmaq üçün məntiqə, həmçinin sübuta əsaslanan planlı bir yoldur.* Bu metodun tətbiqi vacibdir, çünki o, təcrübələrin düzgün və obyektiv aparılmasına kömək edir. Elmi metod sayəsində şəxsi fikirlərin və birtərəfli yanaşmaların nəticələrinə təsiri azalır. Bu da əldə olunan nəticələrin daha dəqiq və etibarlı olmasını təmin edir. Elmi metod həmçinin imkan verir ki, nəticələr təkrar yoxlanılsın və başqa alimlər tərəfindən də qəbul olunsun. Bu, elmin inkişafında mühüm rol oynayır. Elmi metodun mərhələlərini yığcam və sadə şəkildə aşağıdakı kimi vermək olar (şəkil 1.63).



Şəkil 1.63.
Elmi metodun mərhələləri

Bu metodun ilk mərhələsində müşahidələr aparılır, onun əsasında araşdırıla bilən suallar formalaşdırılır və sualların cavabını tapmaq məqsədilə fərziyyələr irəli sürülür. Tədqiqatçı fərziyyəni səsəndirərkən onun nəticəsinə dair öncədən proqnoz da verə bilər. Lakin fərziyyənin və onun əsasında verilmiş proqnozun elmi dəyəri yalnız eksperiment, müşahidə yolu ilə yoxlanıldıqdan sonra müəyyən edilə bilər. Eksperiment başa çatdıqdan sonra alınmış məlumatlar toplanılır, təhlil olunur və nəticələr çıxarılır. Təhlil mərhələsində əldə olunan göstəricilər əvvəlcədən irəli sürülmüş fərziyyələrlə müqayisə edilir. Əgər nəticələr fərziyyəni təsdiqləyərsə və təkrar eksperimentlərdə eyni nəticələr əldə olunarsa, bu zaman müşahidə olunan hadisə ilə bağlı ümumiləşdirmələr aparılır.

Elmi araşdırmaların nəticələri müxtəlif üsullarla elmi ictimaiyyətə təqdim olunur. Bu nəticələrin ümumiləşdirilməsi son nəticədə fiziki qanunların kəşfinə gətirib çıxara bilər. Fiziki qanunlar çoxsaylı müşahidə və eksperimentlərin nəticəsi olaraq yaranır və təbiətdə muntəzəm şəkildə baş verən hadisə, yaxud proseslərdə müşahidə olunan qanunauyğunluqları əks etdirir. Fizika qanunları yalnız praktik tətbiqlərlə məhdudlaşmır, onlar həm də elmi nəzəriyyələrin formalaşmasına şərait yaradır. Nəzəriyyələr bu qanunların arxasında duran səbəbləri, mexanizmləri, prosesləri daha geniş və sistemli şəkildə izah edir.

Beləliklə, əldə olunmuş nəticələrin təhlili yeni elmi sualların meydana çıxmasına, əlavə araşdırma istiqamətlərinin müəyyənləşdirilməsinə və bütövlükdə isə elmi biliklərin dərinləşməsinə xidmət göstərir. Bu, elmi metodun dövrü və ardıcıl xarakterli olduğunu bir daha sübut edir.

• DÜŞÜN
• MÜZAKİRƏ ET
• PAYLAŞ

Maraqlı problemi həll etmək lazımdır:

- **Sinfinizdəki şagirdlərdən kimlərin hadisələrə reaksiya müddəti daha qısa – oğlanların, yoxsa qızların?**
- **Bu suala dəqiq cavab vermək üçün hansı eksperimenti təklif edərdiniz? Fərziyyələrinizi irəli sürün.**

Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

Kimin reaksiya müddəti daha qısa? Onu necə təyin etmək olar?

Ləvazimat: xətkəş (30 sm), iş vərəqi, qələm, kalkulyator.

İşin icrası

1. Birinci şagird ayaq üstə durub xətkəşin 30 sm yazılan ucundan tutaraq onu şaquli vəziyyətdə saxlayır. İkinci şagird isə açıq əlini xətkəşin 0 sm bölgüsü səviyyəsində saxlayır (şəkil 1.64, a).
2. Birinci şagird xəbərdarlıq etmədən xətkəşi qəfil buraxır.
3. İkinci şagird xətkəşi tuta bildiyi yeri qeyd edir (məsələn, 18 sm). Bu ölçü düşmə məsafəsi sayılır (şəkil 1.64, b).
4. Reaksiya müddəti aşağıdakı düsturla hesablanacaq:

$$h = \frac{gt^2}{2} \rightarrow t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

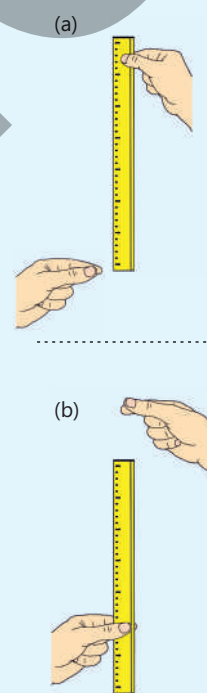
Burada h – düşmə məsafəsi, g – sərbəstdüşmə təcildir.

5. Prosesi hər şagird üçün 3–5 dəfə təkrarlayın və reaksiya müddətinin orta qiymətini $t = \frac{t_1 + t_2 + \dots + t_n}{n}$ düsturuna əsasən hesablayın.

Müzakirə edin

- **Kimin fərziyyəsi doğru çıxdı?**
- **Fərziyyənin doğru olduğunu necə müəyyən etdiniz?**
- **Reaksiya müddətiniz nə qədərdir?**
- **Eksperiment zamanı hansı kəmiyyətlər kontrol dəyişənlər idi?**
- **Bu eksperimentdən sonra hansı ümumiləşməni aparmaq olar?**

Ev tapşırığı: apardığınız eksperimentin xətalər nəzərə alınmaqla hesabatını hazırlayın. Hesabat necə hazırlanır?



Şəkil 1.64.

Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. Eksperiment elmi metodun hansı mərhələsində və hansı məqsədlə istifadə olunur?
2. Elmi metodun sistemli şəkildə tətbiqi elm üçün nə kimi üstünlüklər yaradır?
3. Sizi daim hansı aktual tədqiqat problemi düşündürür? Onun elmi fərziyyəsini irəli sürün və bu fərziyyənin necə yoxlanıla biləcəyini təklif edin.

1.3.2 Fiziki eksperimentin elmi hesabatının hazırlanması (nümunə)

Fizika dərində praktik işi (eksperimenti) yenidən başa vurmursunuzsa, gördüyünüz işə dair hesabat hazırlamaq lazımdır. İlk baxışda bu iş mürəkkəb görünə bilər, lakin bu, müəlliminizə və maraqlana biləcək hər kəsə apardığınız eksperimentin nəticələrinin izahına kömək edəcək sadə bir prosesdir. Hesabata hansı hissələri daxil edəcəyinizi və hansı yazı üsullarından istifadə olunacağını anladıqdan sonra siz tez bir zamanda fizikadan praktik işə dair əsaslandırılmış hesabat yazma biləcəksiniz.

Nümunə olaraq "Sərbəstdüşmə təcilinə təyini" adlı fiziki eksperimentin hesabatının hazırlanması qaydası ilə tanış olaq. Hesabat, adətən, aşağıdakı hissələrdən ibarət olur:

I. Hesabatın titül vərəqi

Titül vərəqində aşağıdakı məlumatlar olur:

Tarix: _____-ci il.

Sizin və ortağınızın adı və soyadı: _____

Sınıf: _____

Eksperimentin adı: "Sərbəstdüşmə təcilinə təyini".



II. Eksperimentin annotasiyası

Qısa xülasə təqdim olunur, eksperimentin məqsədi, fərziyyəsi və əsas nəticələri göstərilir.

Məqsəd. Sınıf otağı şəraitində təcrübi olaraq cismin (pinq-ponq şarının) Yer səthinə yaxın hündürlüklərdən təqribi təyin edilmiş sərbəstdüşmə təcilinə ədədi qiymətinin dəyişmədiyini müəyyən etmək.

Təcrübədə pinq-ponq şarı müxtəlif hündürlüklərdən sərbəst buraxılır və onun Yer səthinə (sınıf otağının döşəməsinə) düşmə vaxtı saniyəölçənle ölçülür. Hər ölçmə azı 3 dəfə təkrar olunur, zamanın orta qiyməti $t_{\text{orta}} = \frac{t_1 + t_2 + t_3}{3}$ düsturu ilə, sərbəstdüşmə təcili isə $g = \frac{2h}{t^2}$ düsturu ilə hesablanır.

Eksperimentin elmi fərziyyəsi

Əgər cisim Yer səthinə yaxın hündürlüklərdən düşürsə, onun sərbəstdüşmə təcili dəyişməz.

Nəticə

1. Eksperiment prosesində istifadə olunan cihaz və ölçü xətalarına baxmayaraq, Yer səthinə yaxın hündürlüklərdən düşən cismin sərbəstdüşmə təcili, demək olar, dəyişmədi.
2. Eksperiment prosesində aparılan ölçmələr və hesablamalar, habelə cismin hündürlük-zaman qrafikinə (nisbi xəta nəzərə alınmaqla) koordinat sistemində düz xəttin alınması elmi fərziyyənin doğruluğunu təsdiq etdi.

III. Eksperimentin gedişinin izahı

Hesabatın bu hissəsində eksperimentdə istifadə olunmuş ləvazimatın siyahısı və işin icrası ardıcıl addımlarla təsvir edilir. Eksperimentin gedişinə dair heç bir məlumatı olmayan oxucunun prosesi tam təsəvvür etməsini və təcrübəni sizin etdiyiniz kimi təkrarlaya bilməsi üçün işin gedişi ətraflı təsvir olunur. Şəkil, yaxud sxem varsa, çəkilir.

Ləvazimat: metrlik xətkəş, karandaş, ping-ponq şarı, saniyəölçən, iş vərəqi.

İşin gedişi

1. Masanın yan tərəfində döşəmədən 0,50 m, 1 m və 1,50 m olan hündürlüklər xətkəşlə ölçülür və karandaşla işarə qoyulur.
2. Ping-ponq şarı seçilən hündürlükdə tutulur və sərbəst buraxılır. Bu zaman dərhal saniyəölçən işə salınır və şar döşəməyə dəyən anda saniyəölçən dayandırılır.
3. Hər hündürlük üçün ölçmə 3 dəfə təkrar olunur. Ölçmələr cədvəl 1-də yazılır.

$t_{\text{orta}} = \frac{t_1 + t_2 + t_3}{3}$ düsturuna əsasən zamanın orta qiyməti hesablanır.

4. Hər hündürlük üçün $g = \frac{2h}{t^2}$ düsturu vasitəsilə sərbəstdüşmə təcili hesablanır və nəticələr cədvələ qeyd edilir.

5. Mütləq və nisbi xəta hesablanaraq cədvəl 1-də qeyd olunur. Bu zaman g üçün alınan qiymətlərin ortalaması ümumi nəticə kimi götürülür.

6. Dəyişən, asılı və kontrol kəmiyyətlər:

- Sərbəst dəyişən: hündürlük (h)
- Asılı dəyişən: zaman (t)
- Kontrol dəyişən: mühit (sınıf otağı)

IV. Hesablamaların aparılmasına nümunə

Məlumatları təhlil etmək üçün hər hansı tənliklərdən istifadə olunmuşsa, nəticələri hesablamaqdan ötrü onlardan necə istifadə olunduğuna dair bir nümunə vermək lazımdır. Eksperiment zamanı tənlikdən bir neçə dəfə istifadə edilsə də, hesabatda yalnız bir nümunənin təqdim olunması kifayətdir.

Eksperiment zamanı yol verilən mümkün xətlər qeyd edilir və onların hesablanmasına aid nümunə verilir.

Nümunə.

Pinq-ponq şarı $h = 0,50$ m hündürlüyündən buraxılır. Onun sinfin döşəməsinə düşmə müddətinin orta qiyməti hesablanır:

$$t_{\text{or}} = \frac{0,36 + 0,34 + 0,35}{3} \text{ san} = 0,35 \text{ san.}$$

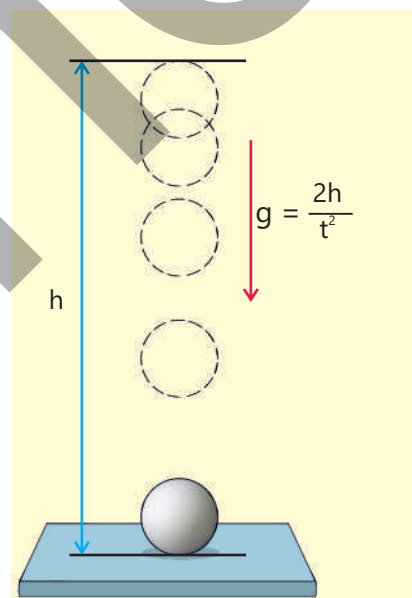
Zamanın bu qiymətindən t^2 -ı və beləliklə, g tapıla bilər:

$$t^2 = 0,1225 \text{ san}^2$$

$$g = \frac{2h}{t^2} = \frac{2 \cdot 0,50 \text{ m}}{0,1225 \text{ san}^2} = 8,163 \frac{\text{m}}{\text{san}^2}.$$

Mümkün xətlər və onların hesablanması:

- 1) Təcrübəçinin reaksiya müddəti ölçmədə əsas xətdir.
- 2) Hündürlük ölçüsündə kiçik xətlər ola bilər.



3) Şarın buraxılma üsulu fərq yarada bilər.

1-ci və 2-ci bəndlərdə olan xətləri hesablamaq mümkündür.

Təcrübəçinin reaksiyasının hesablanması üsulu öncəki mövzuda verilmişdir.

O, təxminən $\Delta t = \pm 0,02$ san-dir.

Ölçmələrdə istifadə edilən cihazlarda xətlər müəyyən olunmuşdur:

- xətkəş üçün $\Delta h = \pm 0,005$ m;
- saniyəölçən üçün $\Delta t = \pm 0,02$ san.

Sərbəstdüşmə təcilinə hesablanmasında nəzərə alınacaq nisbi və mütləq xəta:

$$\frac{\Delta g}{g} = \left(\frac{\Delta h}{h} + 2 \cdot \frac{\Delta t}{t} \right) \cdot 100\%;$$

$$\frac{\Delta h}{h} = \frac{0,005}{0,50} \cdot 100\% = 1\% (0,01);$$

$$\frac{\Delta t}{t} = \frac{0,02}{0,35} \cdot 100\% = 5,7\% (0,057);$$

$$\frac{\Delta g}{g} = 1\% + 2 \cdot 5,7\% = 12,4\% (0,124);$$

$$\Delta g = g \cdot 0,124 = 8,163 \frac{\text{m}}{\text{san}^2} \cdot 0,124 \approx 1,015 \frac{\text{m}}{\text{san}^2};$$

Nəticə:

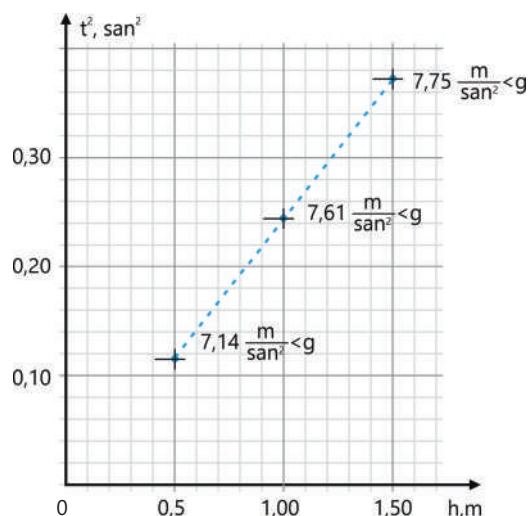
$$g \pm \Delta g, \left(\frac{\text{m}}{\text{san}^2} \right) = (8,163 \pm 1,015) \frac{\text{m}}{\text{san}^2}$$

Cədvəl 1. Ölçmədən alınan yekun nəticələr

h, (m)	t_{or} , (san)	g , ($\frac{\text{m}}{\text{san}^2}$)	$\frac{\Delta h}{h}$	$\frac{\Delta t}{t_{\text{or}}}$	$\frac{\Delta g}{g}$	Δg , ($\frac{\text{m}}{\text{san}^2}$)	$g_{\text{el}} \pm \Delta g$, ($\frac{\text{m}}{\text{san}^2}$)
0,50	0,350	8,163	0,010000	0,0571429	0,1242857	1,015	$8,16 \pm 1,02$
1,00	0,490	8,330	0,005000	0,0408163	0,0866327	0,722	$8,33 \pm 0,72$
1,50	0,600	8,333	0,0033333	0,0333333	0,0700000	0,583	$8,33 \pm 0,58$

V. Eksperimentdən alınan nəticələrin analizi

1. Alınan qiymətlər əsasında uyğun fiziki kəmiyyətlər arasındakı asılılığın qrafik təsviri verilir. Qrafikin meyilliyi müəyyən olunur.



2. Sərbəstdüşmə təcili üçün eksperiment zamanı alınan qiymətlər onun Yer səthinə yaxın hündürlüklərdəki $9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ qiyməti ilə müqayisə edilir. Eksperimentin nəticəsinin məlum qiymətdən niyə fərqli alındığına dair fikirlər izah olunur.

VI. Ümumiləşdirmə (ümumi nəticə) və təkliflər

- Dörd hündürlük üzrə hesablanan sərbəstdüşmə təcilinin orta qiyməti $8,31 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.
- Eksperiment prosesində sərbəstdüşmə təcili üçün alınan qiymət onun Yer səthinə yaxın hündürlüklərdəki $9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ qiyməti ilə müqayisədə 15,3% az olmuşdur.

Eksperimentin effektivliyinin artırılması üçün təkliflər:

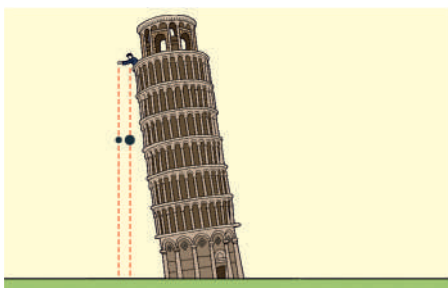
1. Daha dəqiq ölçü alətlərindən, məsələn, elektron saniyəölçəndən istifadə etmək.
2. Zamanı hərəkəti yavaşdan video ilə ölçmək.
3. Təkrar ölçmələrin sayını artırmaq.
4. Pinq-ponq şarını yüksək hündürlükdən sərbəst buraxmaq.

LAYİHƏ

Evdə "Sərbəstdüşmə təcilinin təyini" eksperimentini aparın və hesabat hazırlayın.

1.3.3 Fizika elminin inkişafında eksperimentlərin rolu (təqdimat dərsləri)

Eksperimentlər fizika elminin inkişafında mühüm rol oynayır. Onlar alimlərə müşahidə və idarə olunan şəraitdə təbiət hadisələrini öyrənməyə, elmi fərziyyələri sınaqdan keçirməyə, fizikadan fundamental qanunlar kəşf etməyə və nəzəriyyələr formalaşdırmağa imkan vermişdir. Eksperimentlərin rolu özünü müxtəlif istiqamətlərdə göstərir: elm tarixində, elmi-tədqiqat metodlarının inkişafında, qanunların və nəzəriyyələrin formalaşdırılmasında və təhsildə.



Şəkil 1.65.

Fizika elminin inkişaf tarixi

Nümunə olaraq mühüm fiziki qanunların kəşfinə səbəb olan çoxsaylı klassik eksperimentlərdən beşi ilə tanış olaq.

1. Cisimlərin sərbəstdüşmə qanunauyğunluğu.

Q.Qaliley Piza qülləsində apardığı eksperimentlərlə (1589-cu il) qədim yunan filosofu Aristotelin 2000 il əvvəl söylədiyi ağır cisimlərin yüngüllərdən daha sürətli düşməsi ideyasının səhv olduğunu sübut etdi (şəkil 1.65). Eksperiment zamanı aşkar edildi ki, bütün cisimlər kütlələrindən asılı olmadan eyni sürət dəyişməsi ilə, yəni eyni təcillə düşür.

2. Ağ işığın mürəkkəb tərkibli olmasının eksperimental kəşfi.

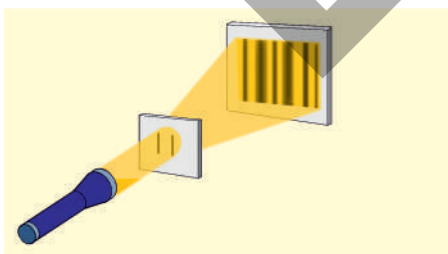
İsaak Nyuton 1666–1667-ci illərdə işığın dispersiyasına dair apardığı çoxsaylı eksperimentlərlə müəyyən etdi ki, dar dəlikdən keçən Günəş şüası şüşə prizmada sınaq ayrılıq ayrılıq rənglərə – spektrə ayrılır (şəkil 1.66).



Şəkil 1.66.

3. İşığın dalğa təbiətli olduğunun kəşfi.

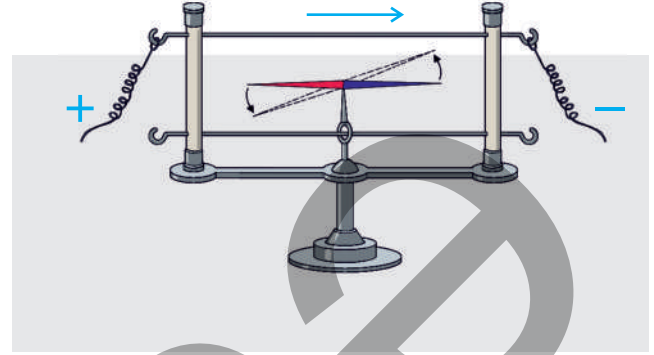
Nyuton hesab edirdi ki, işıq şüası yalnız kiçik zərrəciklər (korpuskullar) selidir. 1803-cü ildə ingilis alimi Tomas Yunq klassik bir təcrübə apardı. O, qeyri-şəffaf müstəvidə iki dar yarıq açıb işıq şüasını ora yönəltdi. Əgər Nyutonun ideyası doğru olsaydı, ekranın mərkəzində iki parlaq işıq zolağı alınardı. Lakin eksperimentdə bir-birini əvəz edən çoxlu sayda işıqlı və qaranlıq zolaqlar alındı (şəkil 1.67). Bu isə işığın zərrəciklər seli kimi deyil, interferensiyaya məruz qalan dalğalar kimi yayıldığını sübut etdi.



Şəkil 1.67.

4. Elektrik cərəyanının maqnit sahəsi yaratması.

1820-ci ildə danimarkalı alim Hans Ersted elektrik cərəyanının maqnit təsirini nümayiş etdirən və beləliklə, elektromaqnetizmin əsasını qoyan klassik eksperiment apardı. Eksperiment belə aparılmışdır: düz naqıl kompasın maqnit əqrəbinə paralel yerləşdirilir. Naqıldən cərəyan keçdikdə maqnit əqrəbi dərhal dönərək keçiriciyə perpendikulyar istiqamət alır. Cərəyanın istiqamətini dəyişdikdə maqnit əqrəbi də qütblərinin yerini dəyişir (şəkil 1.68). Beləliklə, Ersted müəyyən edir ki, elektrik cərəyanı ətrafında maqnit sahəsi yaradır.

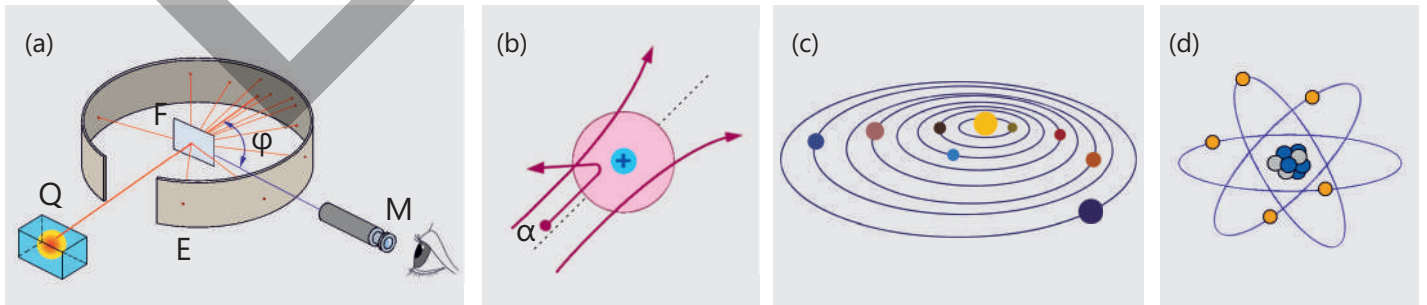


Şəkil 1.68.

5. Atomun planetar modeli.

1907–1911-ci illərdə ingilis fiziki Ernest Rezerford qızıl folqanı α -zərrəcikləri ilə bombardman etdikdə nəticələr gözlənilməz oldu. Belə ki, eksperimentin nəticələri atomun Tomson modelinin səhv olduğunu sübuta yetirdi (bax: şəkil 1.69, a). Eksperimentdən alınan nəticələr aşağıdakılardır:

- atomun daxilində böyük bir boş sahənin olması. Bunu əksər α -zərrəciklərin qızıl atomundan istiqamətini dəyişmədən keçməsi sübut etdi;
- atom nüvəsinin aşkarlanması. Eksperiment bəzi α -zərrəciklərin çox böyük bucaq altında meyil etməsinə səbəb oldu. Bu, atom daxilində "nüvə" adlanan müsbətyüklü kiçik zərrəciyin olduğunu sübut etdi, çünki yalnız nüvə üzərinə gələn müsbətyüklü α -zərrəciklərini geriyyə qaytara və ya hərəkət trayektoriyalarını dəyişdirə bilər (şəkil 1.69, b);
- atomun planetar model fərziyyəsinin yaranması. Rezerfordun təcrübəsinə əsaslanaraq atomun yeni modeli irəli sürüldü. Bu modelə görə atom müsbət yüklü nüvədən və onun ətrafında müxtəlif orbitlər üzrə fırlanan elektronlardan ibarətdir. Bu model planetlərin Günəş ətrafında dolanmasına (şəkil 1.69, c) bənzədiyindən atomun planetar modeli adlandırılmışdır (şəkil 1.69, d).



Şəkil 1.69.

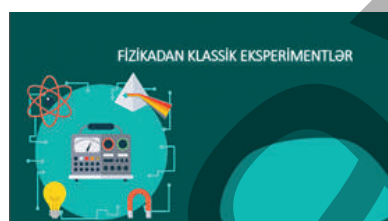
Qanun və nəzəriyyələrin yaranması

Eksperimentlərin nəticələri fiziki nəzəriyyələrin əsaslandığı konkret faktlardır. Məsələn, Qalileyin sərbəstdüşmə qanunundan belə nəticə çıxır ki, planetin səthinə yaxın olan bütün cisimlər eyni təcillə düşür. Bu, çoxsaylı eksperimentlərin ümumiləşdirilməsindən irəli gələn eksperimental faktdır.

Eksperimentlər qanunları ya sübut, ya da təkzib edir. Əgər eksperiment gözlənilən nəticəni verirsə, o zaman qanun düzgün hesab edilə bilər, əks halda onun təkmilləşdirilməsi, yaxud tamamilə yenidən işlənməsi lazımdır.

Təhsil

Eksperimentlər nəzəriyyə ilə təcrübə arasında əlaqə rolunu oynayır. Eksperimentlər sizə tədqiqatın elmi üsullarını mənimsəməyi, fərziyyələr qurmağı, təcrübə planlaşdırmağı, müşahidələr aparmağı və nəticələri təhlil etməyi öyrənməyə imkan verir. Eksperimentlər mücərrəd anlayışları və təbiət qanunlarını vizuallaşdırmağa kömək edir. Məsələn, siz fizika dərslərində hərəkət qanunlarını öyrənərkən müstəqil olaraq müxtəlif cisimlərlə eksperimentlər apara, onların hərəkətini, sürət və istiqamətlərinin dəyişməsinə müşahidə edə bilərsiniz. Beləliklə, sizə fizika elminin inkişafında mühüm rol oynamış klassik, yaxud müasir fiziki eksperimentə dair hazırlayacağınız elektron (*PowerPoint* proqramında) təqdimatın quruluş və məzmununa aid nümunə təqdim olunur.



Slayd №1



Slayd №2



Slayd №3



Slayd №4



Slayd №5



Slayd №6

LAYİHƏ

1. "Müasir fizika elmində inqilab edən eksperimentlər" mövzusunda *PowerPoint* proqramında elektron təqdimat hazırlamaq.

2. "Elektronun yükünün təyini" mövzusunda esse yazmaq.

Elm, texnologiya, həyat

Böyük Adron Kollayderi (BAK)

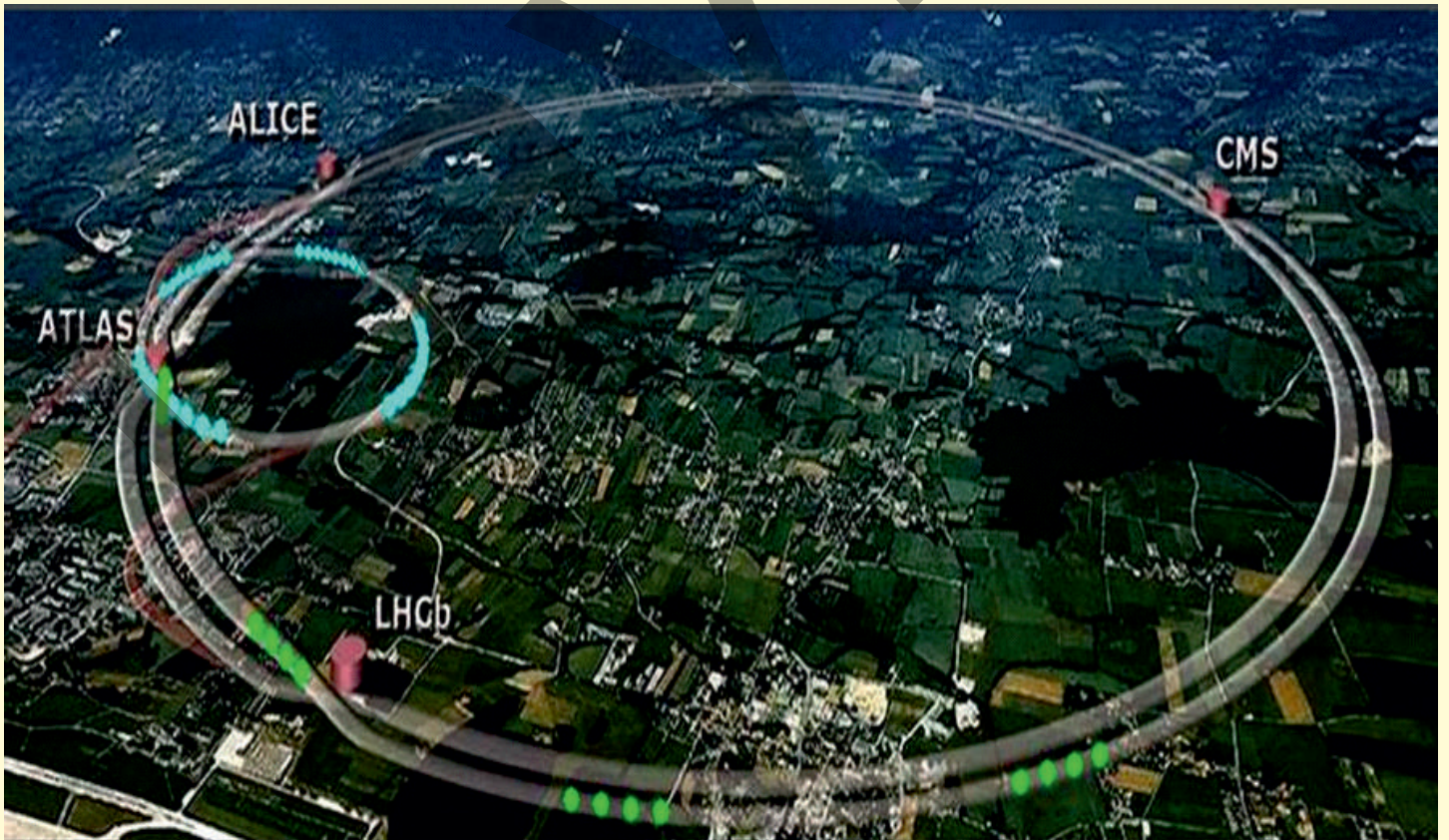
BAK – dünyanın ən böyük eksperimental qurğusu, həm də insan tərəfindən yaradılmış ən mürəkkəb elmi cihazdır. Kollayder İsveçrə ilə Fransa sərhədində, Yüksək Enerjilər Fizikası Mərkəzində yerləşir.

BAK-ın əsas məqsədi maddənin ən kiçik zərrəciklərini öyrənməkdir. Güclü maqnit sahələrinin köməyi ilə kollayder yüklü zərrəcikləri – adronları (əsasən, protonları) işıq sürətinə yaxın sürətlərə qədər sürətləndirir və sonra onları toqquşdurur.

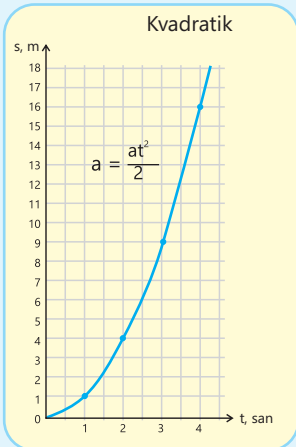
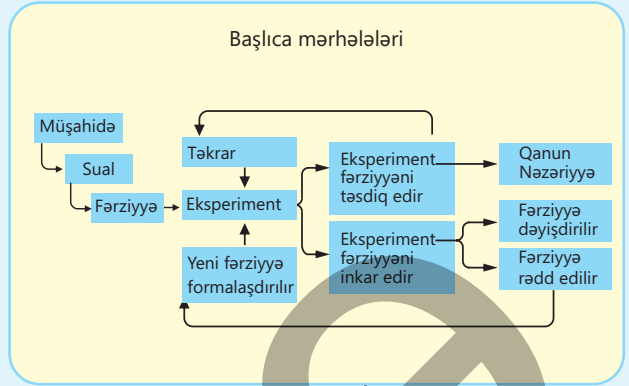
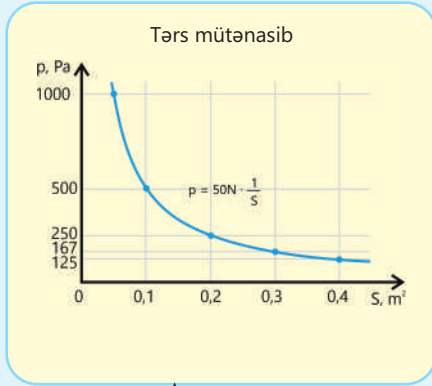
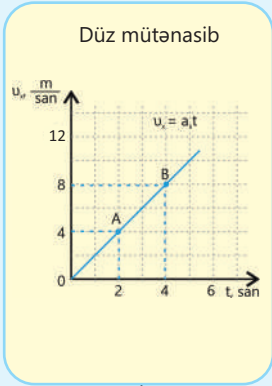
Bu toqquşmalar zamanı nəhəng enerji ayrılır, nəticədə alimlər yeni zərrəciklərin yaranmasını müşahidə edə bilirlər. Məhz bu üsulla 2012-ci ildə Higgs zərrəciyi (maddənin kütləyə sahib olmasına cavabdeh olan elementar zərrəcik) aşkar edilmişdir.

BAK-da aparılan tədqiqatlar kainatın quruluşunu izah edən nəzəri modelləri, xüsusilə "Fizikanın Standart Modeli"ni yoxlamağa imkan verir. Bundan əlavə, bu araşdırmalar antimaddə, qaranlıq maddə və kvant qravitasiyası kimi sahələrin öyrənilməsində mühüm rol oynayır.

BAK üçün hazırlanmış texnologiyalar yalnız elmdə deyil, tibb, informasiya texnologiyaları və materialşünaslıq kimi digər sahələrdə də geniş tətbiq olunur.



Küləsə



Fiziki kəmiyyətlər

Skalyar

Vektorial

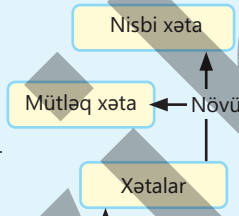
Asılıdır

başlıca mərhələləri

Elmi metodun

əsas mərhələsidir

Fiziki eksperimentdə



Ölçülməsində nəzərə alınır

Əsasən, təyin olunur

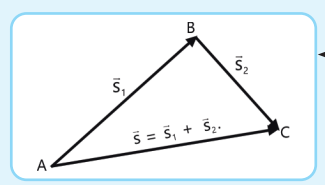
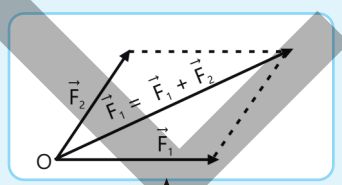
Vektorların xassələri

Skalyar kəmiyyət (və ya skalyar) – e-lə fiziki kəmiyyətə deyilir ki, o müəyyən ölçü vahidində yalnız ədədi qiyməti ilə ifadə olunsun.

Vektorial kəmiyyət (və ya vektor) – e-lə fiziki kəmiyyətə deyilir ki, o həm ədədi qiyməti, həm də fəzada istiqaməti ilə xarakterizə olunsun.

Temperatur, zaman, gedilən yol, kütlə, uzunluq, həcm, sahə, iş, enerji, gərginlik, cərəyan şiddəti, elektrik yükü və s.

Qüvvə, sürət, yerdəyişmə, təcil, elektrik sahəsinin intensivliyi, maqnit sahəsinin induksiyası və s.



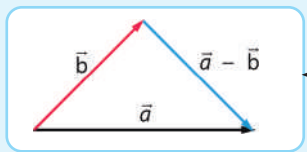
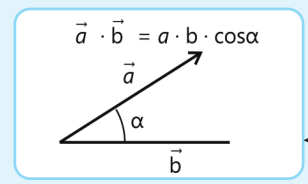
Toplanır

Nümunə

Üçbucaq qaydası

Üsulu

Paraleloqram qaydası



Çıxılır

Skalyar hasil

Ümumiləşdirici tapşırıqlar

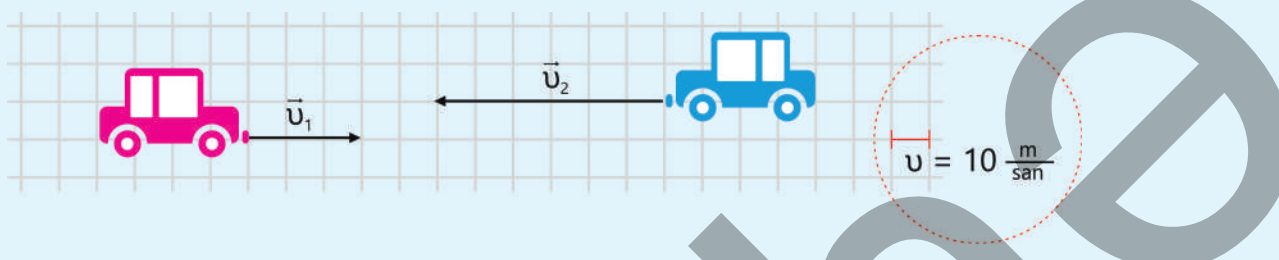
1. Qaldırıcı kran kütləsi 1 ton olan yükü qaldırır və yarımçevrə üzrə hərəkət etdirərək dayanır. Yük şəkildəki kimi asılı vəziyyətdədir.

Sual 1. Şəklə əsasən iki skalyar və iki vektorial fiziki kəmiyyət hansıdır?

Sual 2. Kran yükü yerə qoyarsa, hansı fiziki kəmiyyət dəyişər?



2. İki avtomobil şəkildəki kimi qarşı-qarşıya hərəkət edir.



Sual 1. Avtomobillərin sürət vektorları kollinear olmaya bilərmi? Cavabınızı əsaslandırın.

Sual 2. Birinci avtomobilin ikinci avtomobilə nisbətən sürəti nəyə bərabərdir?

Sual 3. İkinci avtomobilin birinci avtomobilə nisbətən sürəti nəyə bərabərdir?

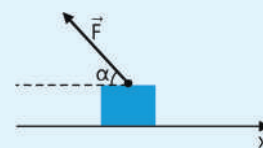
Sual 4. Avtomobillərin yeyinləşən hərəkət etdiyini qəbul edərək onların təcil və əvəzləyici qüvvə vektorları hansı istiqamətə yönələr?

3. Şəkildə təsvir olunmuş cismə \vec{F} qüvvəsi təsir edir.

Sual. Cism hansı istiqamətdə yerini dəyişsə, F qüvvəsinin gördüyü iş:

a) mənfi olar? b) müsbət olar? c) sifra bərabər olar?

Cavabınızı əsaslandırın.



4. Cismın sürət vektorunun komponentləri $u_x = 15 \text{ m/san}$, $u_y = 15 \text{ m/san}$ -dir.

Sual 1. Cismın üfüqə nəzərən hərəkəti hansı istiqamətdədir?

Sual 2. Cismın sürəti nəyə bərabərdir?

5. Arabacıq $\vec{F}_{\text{dartı}}$ və $\vec{F}_{\text{sürtünmə}}$ qüvvələrinin təsiri altında üfüqi müstəvidə yerini 8 m dəyişdi. Dartı qüvvəsinin modulu 120 N, onunla yerdəyişmə arasındakı bucaq 30° -dir. Arabacığa təsir edən sürtünmə qüvvəsi 50 N-dur.

Sual 1. Arabacığa təsir edən qüvvələrin ayrı-ayrılıqda gördüyü işlər nəyə bərabərdir?

Sual 2. Arabacığa təsir edən əvəzləyici qüvvənin gördüyü iş neçə couldur?

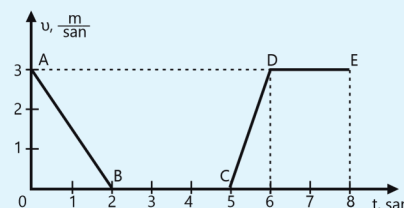
Sual 3. Məsələnin həllində vektorların skalyar hasilinin hansı xassəsindən istifadə olundu?

6. Şəkildə düzxətli trayektoriya üzrə hərəkət edən cismın sürət modulunun t zamanından asılılıq grafiki təsvir edilmişdir.

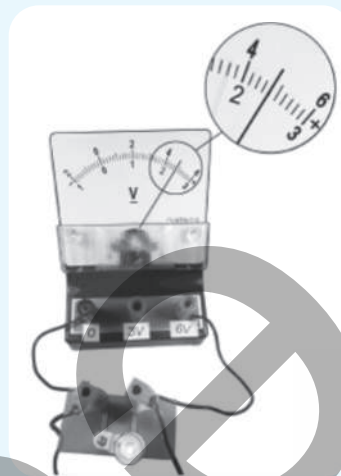
Sual 1. Cism neçə saniyə bərabərsürətli hərəkət etmişdir?

Sual 2. Qrafikin hansı hissəsi dəyişənsürətli hərəkətə uyğundur?

Sual 3. Qrafikin BC hissəsində cismın hərəkəti haqqında hansı mülahizə demək olar?



7. Şekildə elektrik gərginliyini ölçən voltmetrin göstəricisi təsvir olunmuşdur.



Sual 1. Cihazın bir böğsünün qiyməti neçə voltdur?

Sual 2. Cihaz xətası nəyə bərabərdir?

Sual 3. Elektrik gərginliyinin ölçülməsindən alınan nəticə hansı variantda düzgün göstərilmişdir?

- A) $(2,4 \pm 0,2)V$ B) $(2,4 \pm 0,1)V$ C) $(4,4 \pm 0,1)V$
D) $(4,4 \pm 0,2)V$ E) $(4,8 \pm 0,2)V$

8. Kitabın üz qabığının eni və uzunluğu ölçülərək uyğun olaraq $(26 \pm 0,5)$ sm və $(22 \pm 0,5)$ sm ölçüləri alınmışdır.

Sual 1. Bu ölçmədəki xətlər təsadüfi xətalardır, yoxsa sistematik?

Sual 2. Kitabın eni ilə uzunluğunun cəmindəki mütləq xəta nəyə bərabərdir?

Sual 3. Kitabın uzunluğu ilə eninin fərqiindəki mütləq xəta nəyə bərabərdir?

Sual 4. Kitabın bir üz qabığının sahəsinin mütləq xətası və nisbi xətası nəyə bərabərdir?

Sual 5. Kitabın hər iki üz qabığının sahəsinin mütləq xətası və nisbi xətası nəyə bərabərdir?

9. Radiusu R olan çevrə çəkin.

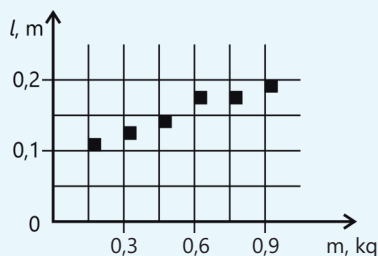
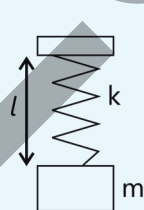
Sual 1. Onun uzunluğunun mütləq xətasını və nisbi xətasını necə hesablamaq olar?

Sual 2. Onun sahəsinin mütləq xətasını və nisbi xətasını necə hesablamaq olar?

10. Qrafikdə yayın uzunluğunun (l) ondan asılmış yüklərin kütləsinin (m) müxtəlif qiymətlərində ölçülməsi zamanı alınan nəticələr təsvir edilmişdir.

Kütlənin ölçmə xətası $\Delta m = \pm 0,01$ kq, uzunluğun ölçmə xətası isə $\Delta l = \pm 0,01$ m təşkil edir.

Sual. Bu ölçmələrin nəticələrinə uyğun gələn iki düzgün ifadə hansıdır ($g = 10 \frac{N}{kq}$)?

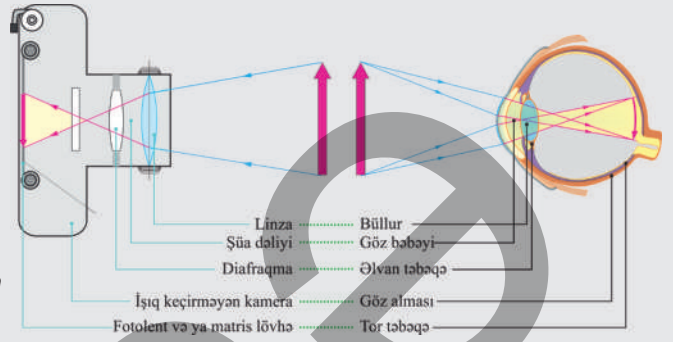


- 1) Yayın sərtliyi $90 \frac{N}{kq}$ -dir.
- 2) Yaydan 450 q kütləli yük asdıqda yayın uzanması 5 sm oldu.
- 3) Yayın sərtliyi $75 \frac{N}{kq}$ -dir.
- 4) Yaydan 900 q kütləli yük asdıqda yayın uzanması 15 sm oldu.
- 5) Kütlənin artması yayın uzunluğuna təsir etmir.

bölmə 2

Həndəsi optika

Fizikanın işıqın yaranma mexanizmini, təbiətini, onun yayılma və maddə ilə qarşılıqlı təsir qanunlarını öyrənən bölməsi "Optika" (yun.: ὀπτική – "görünənlər haqqında elm") adlanır. Optikanın şüa modeli əsasında işıqın yayılma, qayıtma və sınma qanunlarını, bu qanunlara əsaslanmaqla optik cihazların işləmə prinsipinin nəzəri əsaslarını işləyib hazırlamaqla məşğul olan sahəsi "Həndəsi optika" adlanır.



- Bu gün optik cihazlar insanın həyat və fəaliyyətinin ayrılmaz vasitələrindəndir. Məhz bu cihazlar bizə görə bilmədiklərimizi görməyə şərait yaradır, qaranlığı işıqlandırır, milyonlarla kilometr uzaqlıqda yerləşən planetləri və digər göy cisimlərini gözümüzdə yaxınlaşdırır. Gözümüz də canlı optik sistemdir. Məhz bu sistem vasitəsilə hiss üzvlərimizin aldığı informasiyanın 80%-dən çoxunu qəbul edirik.

- 1. Optik sistemlərdə, o cümlədən gözdə hansı hissələr obyektin xəyallarının alınmasını təmin edir?
- 2. Optik sistemlərin iş prinsipi işıqın hansı qanunlarına əsaslanır?
- 3. Bu qanunların gündəlik həyatımızda tətbiqi və təbiət hadisələrində təzahürünə aid nə kimi nümunələr göstərmək olar?

Bölmədə öyrənəcəksiniz

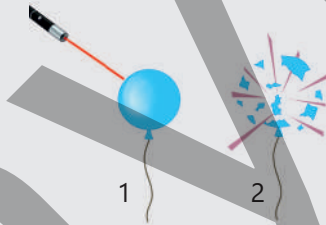
- "Şüa" modelindən istifadə etməklə həndəsi optika qanunlarını və onların tətbiqlərini dəyərləndirəcəksiniz.
- Təbiətdə kölgə və yarımkölgənin alınma qanunauyğunluğunu bilməklə Günəş və Ay tutulmalarını izah edəcəksiniz.
- Müstəvi və sferik güzgülərdə obyektin xəyallarının alınma qanunauyğunluğunu, onların həndəsi ölçülərini və yerini təyin edəcəksiniz.
- Işıq müxtəlif şəffaf maddələrin sərhədində sınma qanununu öyrənəcək, şüanın sınmasını onun qayıtması ilə müqayisə edəcəksiniz.
- Vakuüm və müxtəlif şəffaf maddələrin sındırma əmsallarını bilməklə işıqın həmin mühitlərdə yayılma sürətlərini təyin edəcəksiniz.
- Göyqurşağının yaranma səbəbini şərh edəcək, "ağ işıq" modeli əsasında işıq şüasının mürəkkəb tərkibli olmasını təcrübələrdə aşkar edəcəksiniz.
- Linzaların növlərini fərqləndirəcək, onlarda obyektin xəyallarının alınmasının nəzəri əsaslarını şərh edəcək və fiziki eksperimentlərdə yoxlayacaq, nəticələri əsaslandıracaqsınız.
- Yaxından görən adamın eynəyinin hər kəsə niyə düşmədiyini səbəbini izah edəcək, optik cihazları onların iş prinsipinə əsasən fərqləndirəcəksiniz.

2.1 İŞIĞ ŞÜALARI

- Həndəsi optikada işıq şüası – işıq enerjisinin yayılma istiqamətini göstərən həndəsi modeldir. Başqa sözlə desək, işıq şüası – dar en kəsikli işıq dəstəsidir. Işıq şüalarının bəzi xüsusiyyətləri aşağıdakılardır.
- Şəffaf və bircins (yəni tərkibi eyni olan) mühitdə işıq şüaları düzxətli yayılır. Şəffaf və optik baxımdan bircins mühitlərə bərabər şəkildə isidilmiş havanı, təmiz suyu və qatqısız şüşəni misal göstərmək olar.
- Mühitin bircinsliyi pozulduqda işığın düzxətli yayılma qanunu da pozulur. Məsələn, iki şəffaf mühitin sərhədində işıq şüası əks olunan və sınan olmaqla iki hissəyə ayrılır.
- Əgər mühitin optik xüsusiyyətləri nöqtədən nöqtəyə dəyişsə, işıq şüalarının yayılma trayektoriyası əyilir. Bu hal yalnız işıq şüası mühitlərin sərhədinə perpendikulyar düşdükdə baş vermir.

2.1.1 Işığın təbiəti haqqında təsəvvürlər

Lazer fənarının işığını şişirdilmiş rezin şarın səthinə yönəldib saxlasaq, çox qısa müddətdən sonra şarın partladığının şahidi olarıq.



- **Işıq zərərsiz görünür, lakin necə oldu ki, o, şarı partlatdı?**
- **Işıq şüasında nə daşınır?**

Açar sözlər

ışıq, korpuskul, işığın təbiəti, işığın təsirləri



Evklid
(e.ə. 326–265-ci illər)

Işığın təbiəti

Işığın təbiəti haqqında müasir təsəvvürlər tədricən, çoxəsrlik nəzəri və praktik inkişaf mərhələlərindən keçərək formalaşmışdır. Işıq haqqında ilk fundamental təlim qədim yunan filosofu Evklidə (e.ə. IV-III əsrlər) məxsusdur. Belə ki, o, işıq şüasının korpuskullar (lat.: "korpuskul" – zərrəcik) selindən ibarət olması ideyasını irəli sürmüşdür. Evklid işığın düzxətli yayılma, qayıtma və sınma qanunlarının nəzəri izahını verməklə həndəsi optikanın əsasını qoymuşdur.

Orta əsrlərin müsəlman Şərq filosofları da işığın korpuskul təbiətli olduğu ideyasına üstünlük vermişlər. Elm tarixində "optikanın atası" adlandırılan filosoflardan biri Həsən ibn əl-Heysəmdir (965 – 1039, Avropada Alxazen adıyla tanınır). İbn Heysəmə görə, işıq düzxətli

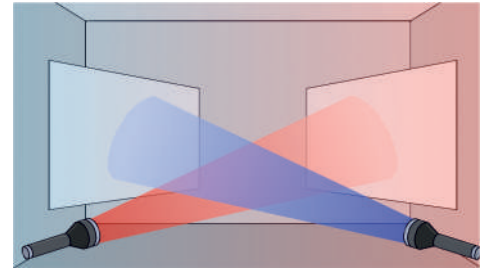
yayılır və gözə kiçik zərrəciklər seli şəklində daxil olur. Filosof ilk dəfə olaraq gözün fizioloji quruluşunu təsvir etmiş, görmənin fiziki əsaslarını izah etmiş, ixtira etdiyi yeni optik cihazların təsvirini vermişdir. İbn Heysəmin ixtira etdiyi cihazlardan biri fotoaparatin ilk prototipi olan *obskur kamerasıdır* (şəkil 2.1).



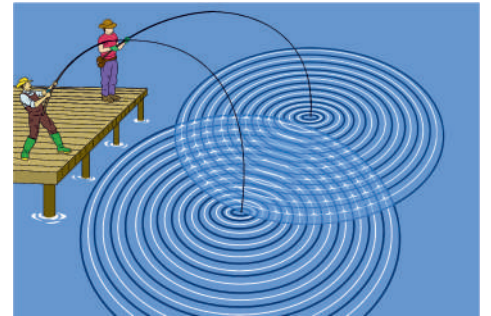
Həsən ibn əl-Heysəm
(Alxazen, 965–1039)

İşığın korpuskul təbiəti haqqında təsəvvürlər XVII əsrin sonlarında ingilis alimi İ.Nyuton (1642 – 1727) tərəfindən nəzəri çəhətdən daha da inkişaf etdirildi. Nyutonun formalaşdırdığı nəzəriyyəyə görə, *ışığı mənbədən buraxılan və sonsuz böyük sürətlə fəzada yayılaraq özü ilə enerji daşıyan zərrəciklər selidir*. İşığın zərrəcik təbiəti onun bəzi təsirlərini və qanunlarını izah edir. Bunlara işığın düzxətli yayılma və iki mühitin sərhədində sınma qanunlarını, işığın maddə ilə qarşılıqlı təsirini və mütləq qara cismin şüalanmasını misal göstərmək olar. Lakin adi zərrəciklər selindən fərqli olaraq işıq şüaları kəsişəndə bir-birinə heç bir təsir göstərmir. Təcrübə göstərir ki, müxtəlif işıq şüaları fəzada bir nöqtədən keçdikdə nə bir-birinə qarışır, nə istiqamətlərini və nə də enerjilərini dəyişir (şəkil 2.2). İşıq şüalarının bu təbiəti havada yayılan səs dalğalarının, yaxud su səthində yayılan iki dalğanın mühitin eyni nöqtəsindən keçdikdə bir-birindən asılı olmadan yollarına davam etməsinə bənzəyir (şəkil 2.3). Bu faktlara əsaslanan hollandiyalı alim Xristian Hüygens (1629 – 1695) işığın dalğa təbiətli olması fərziyyəsini irəli sürdü.

Şəkil 2.1. Həsən ibn əl-Heysəmin *obskur kamerası*. <https://ru.pinterest.com/pin/719450109205889586/>



Şəkil 2.2. Işıq şüalarının bir-birindən asılı olmadan yayılması



Şəkil 2.3. Su səthində bir-birindən asılı olmadan yayılan iki dalğa

• DÜŞÜN
• MÜZAKİRƏ ET
• PAYLAŞ

Təbii və qeyri-təbii işıq mənbələrinin hər birinə aid üç nümunə göstərin.

Hüygensin fərziyyəsinə görə: işıq – bütün məkanı dolduran və cisimlərin içinə nüfuz edən xüsusi nəzəri bir mühit – *efirdə* yayılan dalğadır. Əgər efinin hər hansı bir nöqtəsində bir hissəcik rəqsi hərəkətə başlasa, bu rəqs qonşu hissəciklərə də ötürülür və məkan boyunca böyük sürətlə yayılan *efir dalğası* yaranır. Bu dalğanın mərkəzi həmin ilk rəqsi hərəkət edən zərrəcik olur.

XIX əsrin ortalarında ingilis alimi Ceyms Klerk Maksvelin (1831–1879) elektromaqnit sahəsi nəzəriyyəsi və alman fiziki Henrix Hers (1857–1894) tərəfindən elektromaqnit dalğalarının eksperimental kəşfi, elektromaqnit dalğalarının sürətinin işıq sürəti ilə üst-üstə düşməsinin müəyyən edilməsi işığın dalğa təbiətli olması ideyasını daha da inkişaf etdirirdi. Sonralar aparılan çoxsaylı təcübələrdən müəyyən olundu ki, görünən işıq fizikada elektromaqnit dalğalarının təsnifat şkalasında $(4 \div 7,5) \cdot 10^{-14}$ Hz tezlik və $380 \div 760$ nm dalğa uzunluğu diapazonunu əhatə edən elektromaqnit dalğasıdır.

İşığın dalğa təbiəti də onun bir çox xassəsini izah etdi. Bunlar işığın difraksiyası, interferensiyası, polarizasiyası, dispersiyası hadisələri, işığın qayıtma və sınma qanunlarıdır. Beləliklə, çoxəsrlilik nəzəri və praktik tədqiqatlar nəticəsində müəyyən olundu ki, işıq şüalanması enerji daşınmasından ibarətdir. Enerjinin daşınması isə həm zərrəciklər selinin hərəkəti, həm də dalğaların yayılması ilə baş verir. Buna müvafiq müasir fizikada işığın ikili təbiətli olduğu qəbul edildi. Belə ki, elə işıq hadisələri vardır ki, onlar işığın yalnız zərrəcik təbiəti, elə hadisələr vardır ki, işığın dalğa təbiəti, elə hadisələr də vardır ki, hər iki təbiəti ilə izah edilir.

İşığın təsirləri

Yuxarıda deyildiyi kimi, elektromaqnit dalğalarının təsnifat şkalasında $380 \div 760$ nm dalğa uzunluğu diapazonunda yerləşən elektromaqnit dalğaları gözə **görmə** təsiri göstərir və bu səbəbdən o, görünən işıq adlanır. Gözün işığın görmə təsirlərini qavramaq qabiliyyəti sayəsində biz işıq saçan cisimləri – işıq mənbələrini, yəni Günəşi, ulduzları, ocağın alovunu, elektrik lampasını görürük. Biz həmçinin işıq mənbələrinin işıqlandırdığı cisimləri – səmanı və yeri, dənizi və buludları, göydəki Ayı və planetləri, ağacları və evləri, güzgüdəki əksimizi və digər insanları görürük.

İşıq **istilik** təsirinə də sahibdir. Məsələn, Günəş şüalarının və ocaq alovunun işığını gözlə görməyimizlə yanaşı, dərimizlə onların istilik təsirlərini də hiss edirik. Günəş enerjisinin istilik təsiri hesabına Yer üzərindəki su hövzələrinin səthindən suyun buxarlanması baş verir. Nəticədə planetimizdəki bütün canlıların mövcudluğunu təmin edən “hava maşını” – su dövrəni işə düşür. Buludların, külək və yağışın, çaylardakı və okeanlardakı suyun fasiləsiz axınları baş verir (şəkil 2.4).

Bilir-siniz-mi?

Alimlər ışıqdaböckləri ətraflı tədqiq etmişlər. Məlum olmuşdur ki, böcklərin işıqlanması

bioluminesensiya adlanan təbii bir prosesdir.

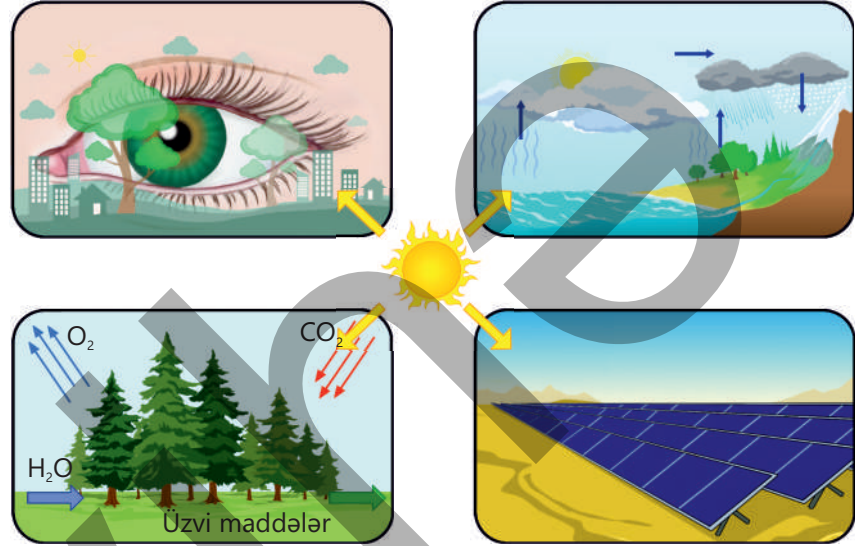
Proses zamanı böcəyin bədənində kimyəvi reaksiya baş verir.

Reaksiyada *lusiferin* (üzvi birləşmə), *lusiferaza* (ferment) və oksigen iştirak edir. Bu maddələrin reaksiyaya girməsi nəticəsində istilik ayrılmadan işıq şüalanması baş verir. Həmin işıq “soyuq işıq” adlanır.



İşığın təsirlərindən biri də onun **kimyəvi** təsiridir. Belə ki, Günəş işığının təsiri nəticəsində bitkilərin yarpaqlarında və gövdələrində **fotosintez** adlanan kimyəvi reaksiya baş verir. Fotosintez prosesində bitkilər atmosferdən zərərli karbon qazını udur, əvəzində canlılar üçün həyati əhəmiyyət kəsb edən oksigen və üzvi maddələr yaradır.

İşıq **elektrik** təsirinə də sahibdir. Belə ki, o, maddədən elektronları qoparmaq və bağlı elektronları sərbəst hala gətirməklə elektrik cərəyanı yarada bilir. İşığın təsiri ilə maddədən elektronların qoparaq sərbəstləşməsi hadisəsi fizikada **fotoeffekt hadisəsi** adlanır. İşığın elektrik təsiri günəş batareyalarının, rəqəmsal fotoaparatlardan və videokameraların fotoelementlərində tətbiq olunur.



Şəkil 2.4. Günəş işığının təsirləri

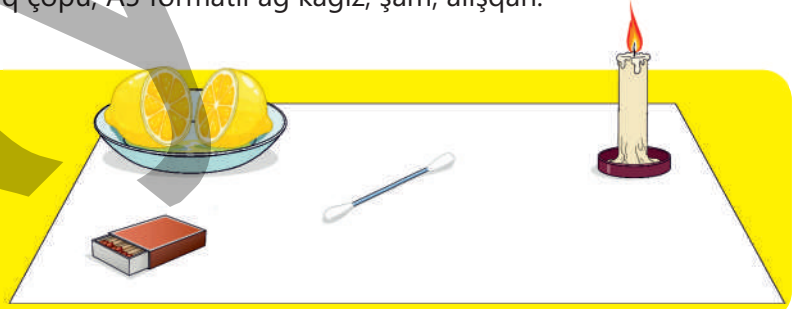
FƏALİYYƏT

İşığın hansı təsiri görünməz yazını görünən etdi?

Ləvazimat: limon, nəlbəki, pambıqlı qulaq çöpü, A5 formatlı ağ kağız, şam, alışqan.

DİQQƏT!

Təhlükəsizlik məqsədilə kağızı alov üzərində müntəzəm hərəkət etdirin ki, o alışmasın.



İşin gedişi

1. Limonu iki yerə bölüb sıxaraq suyunu nəlbəkiyə yığın.
2. Pambıqlı qulaq çöpünü limon suyuna batırıb kağızda iki sözdən ibarət cümlə, yaxud bir söz yazın.
3. Yazının qurumasını gözləyin. Limon suyu ilə yazılmış yazı qurduqca şəffaf və görünməz olur.
4. Kağızın cümlə yazdığınız hissəsini şam alovu üzərində asta-asta sağa-sola hərəkət etdirin. Bu zaman limon suyu qaralmağa və yazı görünməyə başlayacaq.

Müzakirə edin

- **İşığın hansı təsiri (və ya təsirləri) kağızda yazdığınız görünməz gizli sözü görünən etdi? Cavabınızı izah edin.**

Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. Lalə güzgü vasitəsilə Günəş şüasını divara yönəldir və "ışıqlı ləkə" alır. Bu zaman sinif yoldaşı Aqil deyir: "Sən yeni işıq mənbəyi yaratdın".

Sual. Güzgü işıq mənbəyi hesab oluna bilərmi?

2. Adil köhnə fotoaparata kaseti çıxarıb nəzərdən keçirirdi. O, atasından öyrənir ki, bu kasetdə fotolent olur. Fotolentin üzərinə aparatın obyektivindən keçərək işıq şüaları düşdükdə o tündləşir və fotosəkil formalaşır. Adil düşünür: "Görəsən, bu hadisə işığın hansı təsirinə əsaslanır?" Adilə kömək üçün hansı cavabı seçərdiniz?

- A) Işığın istilik təsirinə
- B) Işığın kimyəvi təsirinə
- C) Işığın fotoelektrik təsirinə
- D) Işığın görmə təsirinə
- E) Işığın bütün təsirlərinə

3. 1987-ci ildən Avstraliyada günəş batareyaları ilə işləyən avtomobillərin yarışını üzrə dünya çempionatı (WSC) keçirilir. Yarışın marşrutu 3022 kilometrə çox məsafəni əhatə edir. Marşrut Avstraliyanın şimal ərazisindəki Darwin şəhərindən başlayaraq cənubundakı Adelaida şəhərinədək uzanır. WSC yarışmasında dünyadakı bir çox universitetlər, korporasiyalar və orta məktəb komandaları iştirak edir. Niderlandın Delft Texniki Universitetinin "Nuna" komandası və onların istehsal etdiyi "Nuna" avtomobilləri 2001-ci ildən bəri keçirilən on yarışdan yeddisində qalib gəlmişdir.

Sual 1.
Günəş batareyasının iş prinsipi işığın hansı təsirinə əsaslanmışdır?

Sual 2.
Bu hadisə işığın hansı təbiətə sahib olduğunu təsdiq edir?

2.1.2 İşıq sürətinin təyini

Ulduzlu səmaya baxarkən, yaqın, heç ağılınıza gətirməzsiniz ki, bəzi ulduzlar artıq sönüb. Üstəlik, heç onu da bilmirsiniz ki, bir neçə nəsil əvvəlki əcdadlarımızın heyranlıqla baxdıqları ulduzlar hələ o vaxt artıq mövcud deyildi!



- Necə ola bilər ki, ulduzun işığı var, o görünür, lakin ulduzun özü görüldüyü yerdə yoxdur?

İşıq sürətinin astronomik üsulla təyini

Elektromaqnit dalğaları müxtəlif tezlik və dalğa uzunluğu diapazonları ilə fərqlənmələrinə baxmayaraq, onların vakuumda yayılma sürətləri eynidir. Bu sürət **ışığı sürəti** adlanır və o olduqca böyükdür – vakuumda $\approx 300\,000$ km/san. İşığın bu sürətlə Yer kürəsini "dolanması"na cəmi 0,13 saniyə vaxt kifayət edir!

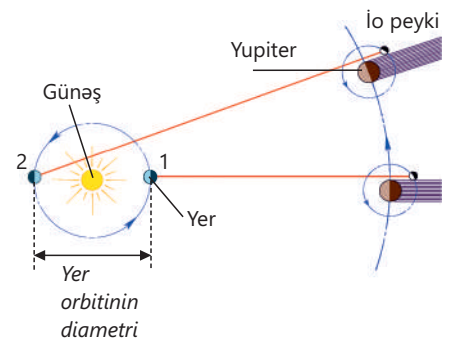
İşıq sürəti necə ölçülmüşdür?

İşığın yayılma sürətini ilk dəfə 1676-cı ildə Danimarka astronomu Olaf Ryomer (1644–1710) ölçə bilmişdir. O bunu Yupiterin İo peykinin tutulmalarını öyrənərkən təyin etmişdir. Astronom əvvəlcə Yerə Yupiterin orbitinə ən yaxın nöqtədə (1 nöqtəsində) olduğu vaxt İo peykinin Yupiterin kölgəsindən çıxma zamanını qeydə alır. Bir neçə ay sonra isə o, Yer kürəsi Yupiterin orbitindən ən uzaq nöqtədə (2 nöqtəsində) olarkən eyni müşahidəni yenidən təkrarlayır. Bu zaman Ryomer müşahidə edir ki, ikinci halda İo peykinin Yupiterin kölgəsindən çıxması 22 dəqiqə gecikdi (şəkil 2.5). Deməli, işığın İo peykindən 2 nöqtəsində olan Yerə gəlib çatması üçün o, Yer orbitinin diametri qədər, yəni D qədər əlavə yol getməlidir. Yer orbitinin diametri XVII əsrdə aparılan qeyri-dəqiq hesablamalara görə, $D \approx 2,84 \cdot 10^8$ km idi. Beləliklə, apardığı hesablamalardan Ryomer işığın yayılma sürəti üçün tarixi baxımdan mühüm olan çox böyük sonlu qiymət alır:

$$c = \frac{D}{t} = \frac{2,84 \cdot 10^8 \text{ km}}{22 \text{ dəq}} = \frac{2,84 \cdot 10^8 \text{ km}}{1320 \text{ san}} \approx 215000 \frac{\text{km}}{\text{san}} = 2,15 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{san}}$$

$$c \approx 215000 \frac{\text{km}}{\text{san}} = 2,15 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{san}}$$

Burada c – işığın yayılma sürətidir.



Şəkil 2.5.

İşıq sürətinin astronomik üsulla təyini

- DÜŞÜN
- MÜZAKİRƏ ET
- PAYLAŞ

Əgər işığı sürətinə yaxın sürətlə hərəkət edə bilən raket hazırlamaq mümkün olsaydı, onunla kosmik fəzada təhlükəsiz uça bilərdikmi? Cavabınızı əsaslandırın.

Bilir-siniz-mi?

İşığın sürəti ilə bağlı dəqiq qərar alimlər tərəfindən XX əsrin ikinci yarısında verildi. Bu, şüalanma tezliyinin son dərəcə sabitliyi ilə fərqlənən mazer və lazerlərin yaradılması ilə mümkün oldu. 1970-ci illərin əvvəllərində ölçmələrdəki xəta 1 km/san-dək azaldıldı. Nəticədə 1975-ci ildə keçirilmiş XV Beynəlxalq Ölçü və Çəki Konfransının tövsiyəsinə əsasən qərara alındı ki, vakuumda işığın sürəti bundan sonra **299 792,458 km/san** qəbul edilsin.

• *İşığın vakuumda yayılma sürəti təbiətdə mümkün olan ən böyük sürətdir. Bu sürət inersial hesablama sisteminin seçilməsindən asılı deyil.*

İşığın havada yayılma sürəti onun vakuumdakı sürətindən az fərqlənir. Lakin digər mühitlərdə işığın yayılma sürəti onun vakuumdakı sürətindən fərqlənir; məsələn:

$$v_{su} \approx 2,25 \cdot 10^8 \frac{m}{san}; \quad | \quad v_{şüşə} \approx 2,0 \cdot 10^8 \frac{m}{san}; \quad | \quad v_{almaz} \approx 1,25 \cdot 10^8 \frac{m}{san}.$$

İşıq çoxkilometrlik məsafələri çox-çox kiçik müddətə, məsələn, mində bir saniyə müddətində qət edir. Məhz buna görə də əgər işıq mənbəyi ilə qəbuledici arasındakı məsafə kiçikdirsə, bizə elə gəlir ki, işıq ani yayılır. Lakin uzaq ulduzlardan gələn işıq bizə minlərlə, hətta milyonlarla il ərzində çatır. Ona görə də, ola bilsin ki, işığı bizə gəlib çatan ulduz artıq yerində yoxdur və ya məhv olub. Bu səbəbdən ulduz astronomiyasında işıq ili adlanan uzunluq vahidindən istifadə edilir.

• *İşıq ili işıq şüasının vakuumda bir ildə qət etdiyi məsafədir.*

Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

İşıq sürətinin təyininə dair Maykelson təcrübəsi

ABŞ alimi Albert Maykelson (1852–1931) 1924 – 1927-ci illərdə işıq sürətini təyin etmək üçün hazırladığı optik qurğu vasitəsilə apardığı eksperimentlərdə daha dəqiq nəticələr əldə etmişdir. Qurğunun sadələşdirilmiş sxemi şəkil 2.6-da təsvir olunmuşdur. Belə ki, Los-Anceles yaxınlığında yerləşən Maunt-Vilson dağında **S** işıq mənbəyi, fırlanan səkkizüzlü güzgü **A** prizması və **C** okulyarı quraşdırılmışdı. Bu sistemdən 35,2 km məsafədəki San-Antonio dağında isə qaytarıcı **B** güzgülər sistemi yerləşdirilmişdi.

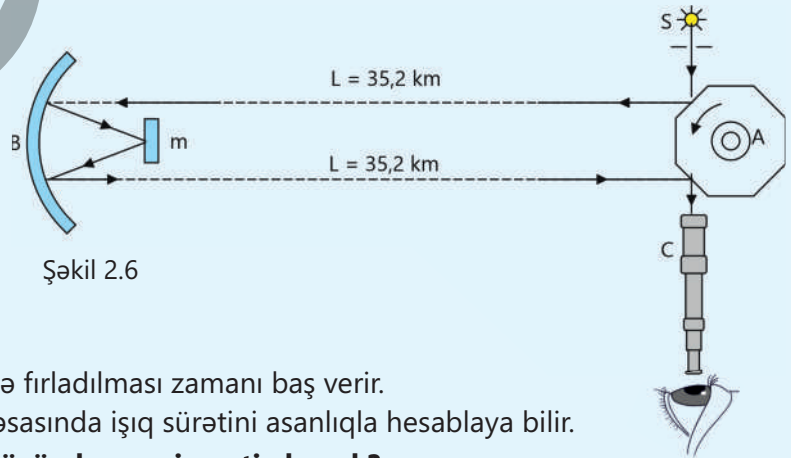
İşıq əvvəlcə rotor vasitəsilə fırladılan prizmaya düşür. Prizmanın fırlanma sürəti okulyarda işıq mənbəyinin təsviri görünənədək tədricən artırılır. Bu yalnız o zaman mümkün olur ki, prizma bir yan səthi qədər dönsün, yəni işıq prizma ilə güzgülər arasındakı məsafəni gedib qayıdanadək prizmanın yan səthi tam dövrün 1/8 hissəsi qədər dönsün.

İşığın görünməsi prizmanın $528 \frac{dövr}{san}$ tezliyi ilə fırladılması zamanı baş verir.

Beləliklə, Maykelson əldə etdiyi bu verilənlər əsasında işıq sürətini asanlıqla hesablaya bilər.

1. Maykelson işıq sürəti üçün hansı qiyməti almışdı?

2. O bu hesablamaları hansı düsturla etmişdi?



Şəkil 2.6

İpucu. Eksperiment prosesində alınan aşağıdakı verilənlərdən və riyazi ifadələrdən istifadə edin:

Verilir	Həlli
$L = 35,2 \text{ km} = 35\,200 \text{ m},$ $v = 528 \frac{\text{dövr}}{\text{san}},$ $\Delta\varphi = \frac{1}{8} 2\pi = \frac{\pi}{4}.$ $c - ?$	Işıq sürəti: $c = \frac{2L}{t}.$ Burada t işığın L məsafəsinə gedib-qayıtma müddətidir. O, prizmanın dönmə bucağı və bucaq sürəti düsturuna əsasən təyin olunur, yəni: $t = \frac{\Delta\varphi}{\omega}.$ Burada ω – prizmanın dönmə bucağıdır, yəni: $\omega = 2\pi v.$
Hesablanması	
Beləliklə, Maykelson bütün verilənləri sürət düsturunda nəzərə alaraq işıq sürətini hesablamışdır.	

Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. Elmi araşdırmalar aparan Lalə və Adil işığın sürəti ilə məsafəni hesablamaq üçün kosmosla bağlı maraqlı tapşırıqlar hazırlayırlar. Onlar bilirlər ki, işıq vakuumda 300 000 km/san sürətlə yayılır. Şagirdlər bu bilikdən istifadə edərək bəzi hesablamalar aparmaq istəyirlər.

Sual 1. Lalə internetdən öyrənir ki, Ay işığı Yerə 1,28 saniyəyə çatır. O bu məlumat əsasında Aydan Yerə qədərki məsafəni hesablamaq istəyir. Sizcə, Lalə axtardığı məsafəni hesablaya bilərmə?

Sual 2. Adil öyrənir ki, Günəşdən Marsa qədərki orta məsafə $228 \cdot 10^6$ km-dir. O, Günəş şüasının Marsın səthinə hansı müddətə çatdığını hesablamaq istəyir. Adil apardığı hesablama nəticəsində həmin müddət üçün hansı qiyməti alır?

2. Müəllim dərstdə şagirdlərə işıq sürətindən istifadə edərək Gliese 667 (MLO 4) ulduzu haqqında aşağıdakı sualları cavablandırmağı tapşırır.

Sual 1. Gliese 667 (MLO 4) ulduzu Yerdən 22,7 işıq ili uzaqlığındadır. Ulduz Yerdən neçə kilometr məsafədədir?

Sual 2. Gliese 667 (MLO 4) ulduzunun şüalandırdığı işıq hansı müddətə Yerə çatır?

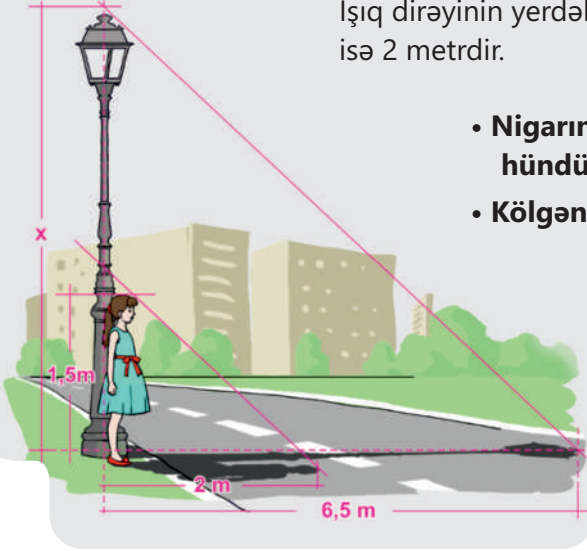
3. Günəş Yerdən 150 000 000 km uzaqlıqdadır. Lakin Saturndan əks edən işıq Günəşlə müqayisədə Yerə 9,3 dəfə gec çatır.

Sual 1. Saturn Yerdən neçə km uzaqlıqdadır?

Sual 2. Təyyarənin sürəti ilə Saturna çatmaq üçün təxminən nə qədər vaxt lazımdır (təyyarənin orta sürəti 900 km/saat-dır)?

2.1.3 Işığın düzxətli yayılma qanunu

Işıq dirəyinin yerdəki kölgəsinin uzunluğu 6,5 metr, Nigarın kölgəsinin uzunluğu isə 2 metrdir.



- Nigarın boyunun 1,5 m olduğu məlumdursa, dirəyin hündürlüyünü necə təyin etmək olar?
- Kölgənin alınması işığın hansı xassəsinə əsasən baş verir?

Açar
sözlər

tam kölgə, yarımkölgə, nöqtəvi işıq mənbəyi, Günəş tutulması, Ay tutulması, düzxətli yayılma

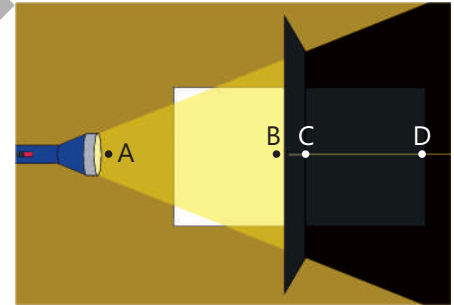
FƏALYAT

Işığın yayılma hadisəsinin tədqiqi

Ləvazimat: işıq mənbəyi, şaquli yarığı olan ekran, A4 formatlı ağ vərəq, karandaş, xətkəş.

Işın gedişi

1. Şaquli yarığı olan ekranı mənbədən düşən işıq şüasının yolunda ağ vərəqin üzərində yerləşdirin. Şüanın ekrandan sonrakı yolunu izləyin.
2. Karandaşla vərəqin üzərində dörd nöqtə qeyd edin: işıq mənbəyinin yaxınlığında A nöqtəsini, ekrandakı yarığın yaxınlığında B nöqtəsini, ekranın arxasındakı işıq şüasında C və D nöqtələrini (şəkil 2.7).
3. Ekranı kənarlaşdırın. Əvvəlcə A və B nöqtələrindən, daha sonra isə C və D nöqtələrindən keçməklə düz xətt çəkin.



Şəkil 2.7.

Müzakirə edin

1. CD düz xətti AB xəttinin davamı oldumu?
2. Təcrübədən işığın bircins mühitdə yayılma xassəsi haqqında hansı nəticəyə gəlmək olar?

?

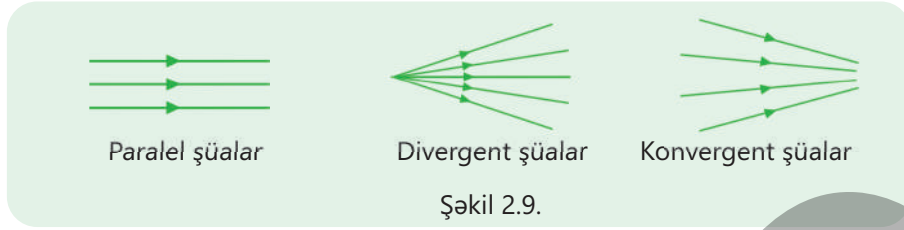
- Işıq şüası nədir?
- Işıq şüaları hansı şəraitdə görünür, hansı şəraitdə görünmür?

Işıq şüası çox dar bir işıq dəstəsinin modeli kimi qəbul olunur. Belə şüaya misal kimi lazer fənerinin işığını göstərmək olar (şəkil 2.8). Işıq şüası imkan verir ki, müxtəlif istiqamətlərə yayılan işıq dəstəsi istiqamətlənmiş düz xətlə (oxla) göstərilsin. *Işıq şüası – işıq enerjisinin yayıldığı istiqaməti göstərən xətdir.*

İşıq şüaları paralel, divergent (haçalanan) və konvergent (yaxınlaşan) ola bilər (şəkil 2.9).



Şəkil 2.8.



Şəkil 2.9.

İşıq şüaları yalnız o halda görünür ki, onun yayıldığı mühitdə maddə zərrəcikləri (məsələn, müxtəlif qazların atom və molekulları, su damcıları, tüstü və toz hissəcikləri) olsun. İşıq şüaları həmin zərrəcik və hissəciklərdən müxtəlif istiqamətlərə səpilməklə mühiti işıqlandırır. Hər hansı mənbənin şüalandırdığı işıq vakuumdən keçsə də, o görünür, çünki işıq şüalarının səpilməsinə səbəb olan mühit yoxdur.



İşıq şüası vakuumba və bircins mühitdə necə yayılır?

Apardığınız təcrübədən aşkar etdiniz ki, işıq şüası havada düz xətt boyunca yayılır. Təbiətdə işığın düzxətli yayılmasını tez-tez müşahidə edirik. Məsələn, ağac budaqlarının və buludların arasından keçən Günəş şüaları işığın düzxətli yayılmasının təbii təzahürüdür (şəkil 2.10).

Fizikada optikanın işıq şüalarının yolunu öyrənən bölməsi həndəsi optika adlanır. Çünki şüaların yolunu müəyyən etmək üçün çox vaxt həndəsi modelləşdirmələrdən (düz xətlər və onların yaratdığı bucaqlar, üçbucaqlar və onların xassələri və s.) istifadə olunur.

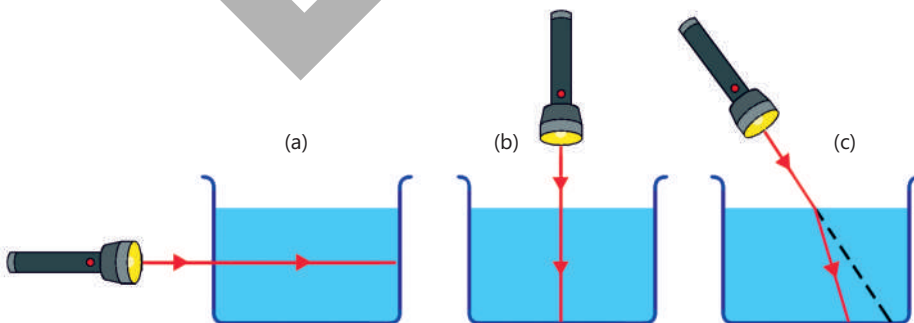
• *İşıq vakuumba və bircins mühitdə düz xətt boyunca yayılır. Bu, işığın düzxətli yayılma qanunudur.*

Bircins (homogen) mühit bir nöqtədən digərinə keçərkən xüsusiyyətləri dəyişməyən mühitdir.

Mühit qeyri-bircins olduqda (bir neçə bircins mühitdən ibarət olduqda) işığın düzxətli yayılma qanunu o vaxt ödənilir ki, şüa ikinci mühitin səthinə perpendikulyar istiqamətdə düşsün.



Şəkil 2.10. İşığın düzxətli yayılma mənzərəsi



Şəkil 2.11.



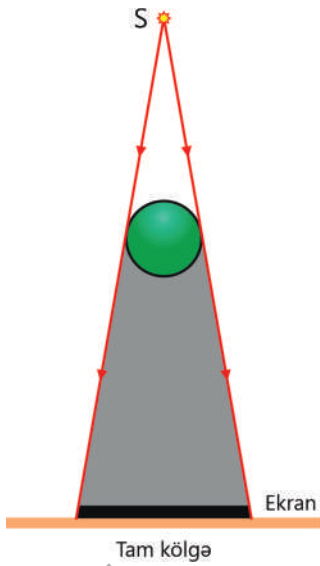
Bütün qalan hallarda işıq şüası istiqamətini dəyişir. Məsələn, lazer şüası içərisində su olan qabın yan divarına, yaxud havadan suyun səthinə perpendikulyar yönəldilərsə, o, yayılma istiqamətini dəyişmədən öz yolunu düzxətli davam etdirəcək (şəkil 2.11, a və b). Şüanı iki mühitin sərhədinə maili yönəldəndə isə işığın düzxətli yayılma qanunu pozulur. Çünki iki mühit sərhədində işığın yayılma sürəti dəyişir və o, sınımaya məruz qalır (şəkil 2.11, c; bax: "Təbiət – 5", səh. 50-52).

İşığın düzxətli yayılma qanunu bir çox işıq hadisələrini izah etməyə imkan verir. Məsələn, müəyyən edilmişdir ki, üzərinə işıq şüaları düşən qeyri-şəffaf cisim kölgə yaradır. Əgər bu cismi nöqtəvi işıq mənbələri işıqlandırarsa, həmin cismin arxasındakı səthdə (divarda, ekranda)

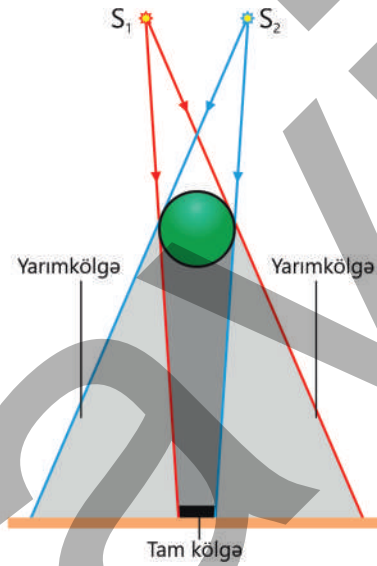
onun tam kölgəsi alınır. Çünki nöqtəvi işıq mənbəyindən düşən şüalar düzxətli yayılaraq cismin arxasında qaranlıq sahə yaradır, yəni həmin sahədən baxdıqda işıq mənbəyi görünmür (şəkil 2.12).

Nöqtəvi işıq mənbəyi – verilmiş şəraitdə ölçüləri nəzərə alınmayan işıq mənbəyidir. Işıq nöqtəvi mənbədən bütün istiqamətlərə yayılır.

Cisim eyni zamanda bir neçə nöqtəvi mənbədən, yaxud nöqtəvi olmayan iriölçülü mənbədən işıqlandırılırsa, ekranda tam kölgə ilə yanaşı, yarımkölgə də alınır. Yarımkölgə ekranın elə hissəsində yaranır ki, həmin hissədən onu yaradan işıq mənbəyi qismən görünür (şəkil 2.13).



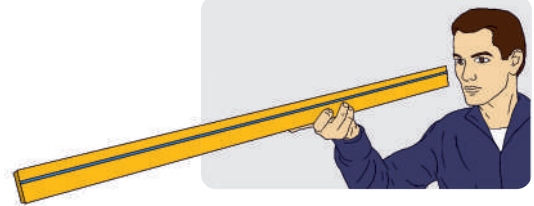
Şəkil 2.12.
Tam kölgənin alınması



Şəkil 2.13.
Tam və yarımkölgənin alınması

• DÜŞÜN
• MÜZAKİRƏ ET
• PAYLAŞ

Yəqin ki, təmir işlərində bəzən ustanın hər hansı məmulatın, məsələn, taxta tirin bir ucunu göz bərabərliyində saxlayıb digər ucuna baxdığını müşahidə etmişsiniz.



• Usta bu üsulla nəyi yoxlayır və işığın düzxətli yayılması bu hadisədə nə kimi rol oynayır?

Öyrəndiklərinizi tətbiq edin**Günəş və Ay tutulması işığın düzxətli yayılması qanununu təsdiq edən təbiət hadisəsidir**

Şəkildə Günəş, Ay və Yer kürəsinin bir düz xətt üzrə düzülmə sxemi təsvir olunmuşdur. Sxemi iş vərəqinə köçürün. İşığın düzxətli yayılma qanununa əsasən sxemi tamamlayaraq Yer səthində Günəşin tam və qismən tutulduğu sahələri göstərin.

**Müzakirə edin**

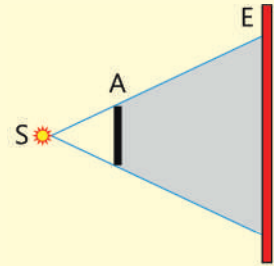
- Yerin kürəsinin hansı hissəsində yaşayan insanlar Günəşin tam tutulmasını (tam kölgəsini), hansı hissəsində isə qismən tutulmasını (yarımkölgəsini) müşahidə edəcəklər?
- Obyektin tam kölgəsi onun yarımkölgəsindən nə ilə fərqlənir?

Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. Şəkildə **S** nöqtəvi işıq mənbəyi, **A** qeyri-şəffaf cismi və bu cismin kölgəsinin alındığı **E** ekranı təsvir edilmişdir.

Sual. Cismi mənbədən uzaqlaşdırıb ekrana yaxınlaşdırdıqda nə baş verəcək?

- | | |
|--|------------------|
| 1. Kölgənin ölçüləri artacaq | A) yalnız 1 və 4 |
| 2. Kölgənin ölçüləri dəyişməyəcək | B) yalnız 2 və 5 |
| 3. Kölgənin ölçüləri kiçiləcək | C) yalnız 3 və 4 |
| 4. Kölgənin sərhədləri aydın seçiləcək | D) yalnız 3 və 5 |
| 5. Yarımkölgə alınacaq | E) yalnız 2 və 4 |



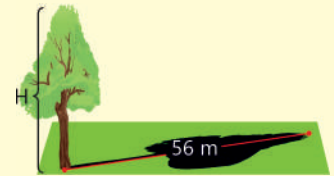
2. Müəllim sinfə müraciət edərək soruşur: "Sizdə yalnız 1 m uzunluğunda xətkəş vardır. Kim bu xətkəşdən istifadə etməklə məktəbin həyətidəki uca sərvi ağacına çıxmadan onun hündürlüyünü ölçə bilər?"

"Mən", – deyər Cavid cavab verir və dərhal ağacın hündürlüyünü onun kölgəsinin uzunluğuna əsasən ölçməyin həndəsi üsulunu izah edir.

Həm müəllim, həm də sinif yoldaşları bu izahdan razı qalırlar. Tənəffüsdə şagirdlər həyətdə çıxır və uca sərvi ağacının hündürlüyünü Cavidin təklif etdiyi üsulla təyin edirlər.

Sual 1. Ağacın hündürlüyünü təyin etmək üçün Cavid hansı üsulu təklif etdi?

Sual 2. Bu üsulu tətbiq etməklə ağacın **H** hündürlüyünün neçə metr olduğunu necə hesabladınız?



3. Bütün klinikaların əməliyyat otaqlarında çoxfənlili "cərrahi işıqlar" sistemindən istifadə olunur.

Sual. Əməliyyat otaqlarında "cərrahi işıqlar"dan istifadə hansı zərurətdən irəli gəlir?



2.2 İŞIĞIN QAYITMASI

- Əvvəlki dərsdə qeyd olundu ki, şəffaf bir (bircins) mühitdə işıq düz xətt üzrə yayılır. Bəs işıq öz yolunda qeyri-şəffaf cismə – maneəyə rast gələrsə, nə baş verər? Bu zaman işığın bir hissəsi cismin səthindən əks olunur və o gəldiyi mühitə qaydır. Bu hadisə *ışığın qayıtması*, yaxud *əksolunması* adlanır.

2.2.1 İşığın qayıtma qanunu

Xalq rəssamı Səttar Bəhlulzadənin Azərbaycan Milli İncəsənət Muzeyində nümayiş etdirilən əsərləri arasında "Torpağın arzusu" tablosu rəng çalarlarının zənginliyi və parlaqlığı ilə diqqəti cəlb edir.



S.Bəhlulzadə. "Torpağın arzusu", 1963

- **Rəsm əsəri işıq mənbəyi deyil, lakin biz onu görürük, niyə?**
- **Rəsm əsərinə müxtəlif bucaq altında tamaşa etdikdə oradakı rənglər niyə gah parlaq və aydın, gah da tutqun və süzölmüş kimi görünür?**

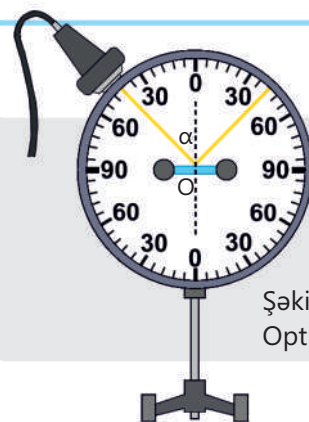
Açar sözlər işığın qayıtması, düşmə bucağı, qayıtma bucağı, müstəvi güzgü, diffuz qayıtma

FƏALİYƏT

Cisimlər işığı necə əks etdirir?

Ləvazimat: optik disk (komplekti ilə birlikdə).

- Cihazın təsviri**
- Optik disk ibarətdir (şəkil 2.14):
 - çevrəsi üzrə bərabər bölgüləri olan dairəvi metal lövhədən (bölgülər uyğun bucaqlar üzrə dərəcələnməmişdir);
 - diskin çevrəsi ətrafında asanlıqla hərəkət etdirilə bilən nöqtəvi işıq mənbəyindən – lazer fənarından;
 - diskin və işıq mənbəyinin quraşdırıldığı ştativdən.



Şəkil 2.14. Optik disk

İşin gedişi

1. Cihazın komplektindən götürdüyünüz kiçik müstəvi güzgünü diskin mərkəzinə bərkidin. Lazer şüasını güzgünün səthindəki mərkəzi nöqtəyə müəyyən bucaq altında yönəldin. Bu zaman güzgüyə düşən və qayıdan şüanın düşmə nöqtəsindən səthə qaldırılan normal ilə (qırıq xətlə) əmələ gətirdikləri bucaqları ölçün.
2. Işıq şüasını güzgünün səthinə 56° , 60° və 72° bucaq altında yönəltməklə təcrübəni təkrarlayın.

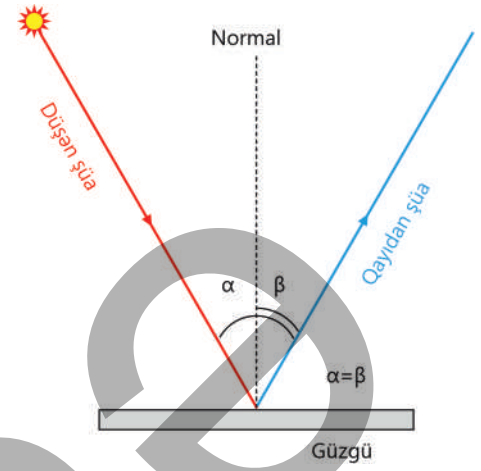
Müzakirə edin

- **Təcrübədən hansı qanunauyğunluğu aşkar etdiniz?**

Müstəvi güzgü (*səthi müstəvi parçası olan güzgü*) və işıq mənbəyi ilə apardığınız araşdırmada aşağıdakı mühüm hadisəni müəyyən etdiniz.

1. Müstəvi güzgünün səthinə havadan düşən işıq şüası düşdüüyü nöqtədən havaya da qayıtdı (əks olundu).
2. Işıq şüasının düşmə nöqtəsindən güzgünün səthinə fikrən n normalı qaldırılsa, düşən şüanın, qayıdan şüanın və həmin normalın fikrən bir müstəvi üzərində olduğunu təsəvvür etmək olar.
3. Normal, düşən şüa ilə qayıdan şüa arasındakı bucağı iki bərabər hissəyə bölür. Yəni səthdən qayıdan şüa ilə normal arasındakı *qayıtma bucağı* düşən şüanın həmin normala əmələ gətirdiyi *düşmə bucağına* bərabərdir (şəkil 2.15).

Beləliklə, *ışığın qayıtması* aşağıdakı qanunla baş verir:

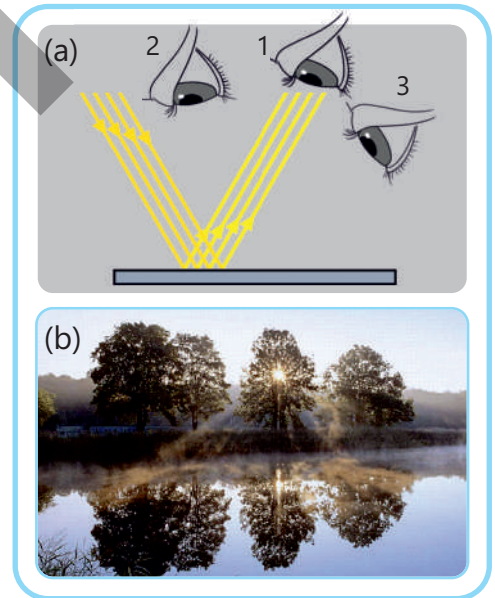


Şəkil 2.15.
Işığın qayıtma qanunu

İşığın qayıtma qanunu – düşən şüa, qayıdan şüa və düşmə nöqtəsindən səthə qaldırılan normal bir müstəvi üzərindədir. Qayıtma bucağı düşmə bucağına bərabərdir:

$$\beta = \alpha$$

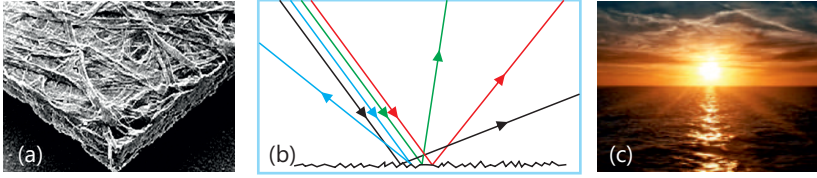
Müxtəlif cisimlərin işığı qaytarması da fərqlidir. Məsələn, müstəvi güzgünün səthinə paralel düşən işıq şüaları qayıtma qanununa əsasən paralel olaraq qayıdır. Bu zaman göz 1 nöqtəsində olduqda qayıdan şüalar gözə düşür və işıq mənbəyinin güzgüdə əksi, yəni xəyalı görünür. Lakin göz 2 və 3 nöqtələrində olduqda mənbənin güzgüdəki xəyalı görünür, çünki qayıdan şüalar gözə düşür (şəkil 2.16, a). Işığın belə qayıtması **güzgü qayıtması** adlanır. Güzgü qayıtmasına işıq şüalarının sakit su səthindən qayıtmasını misal göstərmək olar (şəkil 2.16, b).



Şəkil 2.16. Işığın güzgü qayıtması

? Paralel şüalar dərsliyinizin hamar ağ səhifəsinin səthinə düşdükdə siz bütün səhifəni görür, oradakı yazıları oxuyur, təsvirlərə tamaşa edə bilərsiniz. Işıq şüalarının hamar kağız vərəqin səthindən əks etməsi güzgü qayıtması deyilmi?

Şəkil 2.17, a-da kağız vərəqin səthinin və kənarlarının mikroskopda görünüşü təsvir olunmuşdur. Adi gözlə hamar görünən kağız vərəq, əslində, çoxlu sayda kələ-kötür səthdən ibarətdir. Ona görə də belə səthə paralel düşən işıq şüaları fərqli qayıtma bucaqları altında hər tərəfə səpilməklə bizə kitabın tam səhifəsini görməyə, oradakı yazıları oxumağa imkan verir (şəkil 2.17, b). Işığın kələ-kötür səthdən səpilməsi **diffuz qayıtma** adlanır.



Şəkil 2.17. Işığın diffuz qayıtması

• DÜŞÜN
• MÜZAKİRƏ ET
• PAYLAŞ

Işıq müstəvi güzgünün səthinə perpendikulyar istiqamətdə düşərsə, şüa səthdən hansı istiqamətə qayıdacaq? Cavabınızı sxem çəkərək izah edin.

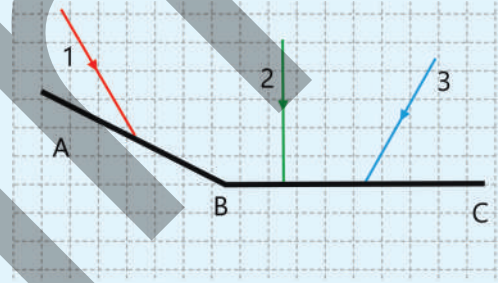
Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

Işığın qayıtma qanununu yoxlayaq

Şəkilə ABC güzgüsünə düşən 1, 2, 3 işıq şüaları təsvir edilmişdir. Bu şəkli iş vərəqinə köçürün və aşağıdakı sualları araşdırın.

Sual 1. Işıq şüaları hansı istiqamətə qayıdacaq? Sxemdə təsvir edin.

Sual 2. Verilmiş işıq şüaları üçün düşmə və qayıtma bucaqları neçə dərəcədir (transportirdən istifadə etməklə)?

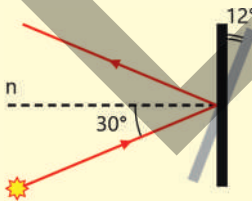


Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. Şaquli qoyulan müstəvi güzgüyə işığın düşmə bucağı 30° -dir. Işıq mənbəyi tərpətilmədən güzgü şəkildə göstəriləndiyi kimi 12° döndərilir.

Sual 1. Bu zaman işığın qayıtma bucağı nə qədər olar? Cavabı dərəcələrlə verin.

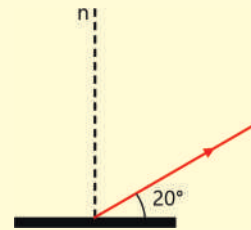
Sual 2. Bu zaman düşən şüa ilə güzgü arasındakı bucaq nəyə bərabər olacaq? Cavabı dərəcələrlə verin.



2. Şagird müstəvi güzgü ilə təcrübə aparır. O, qayıdan şüa ilə güzgü arasındakı bucağı ölçür və onun 20° olduğunu müəyyən edir.

Sual 1. Işığın düşmə bucağı nəyə bərabərdir?

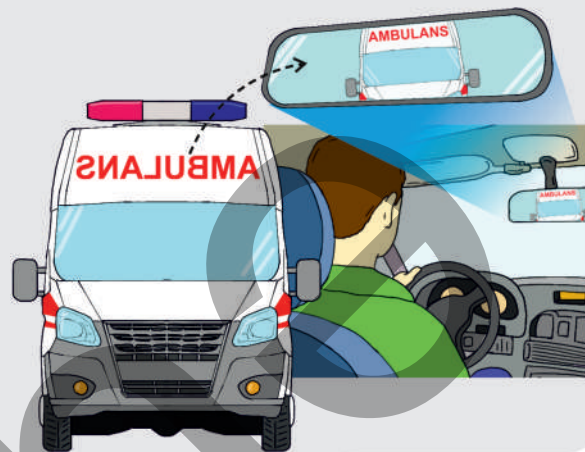
Sual 2. Düşən şüa ilə qayıdan şüa arasındakı bucaq neçə dərəcədir?



3. Işığın hansı növ əksətməsi görmə hissi üçün daha əhəmiyyətlidir – işığın səthdən güzgü əksətməsi, yoxsa səpilməsi (diffuz qayıtması)? Cavabınızı əsaslandırın.

2.2.2 Müstəvi güzgüdə cismin əksi necə alınır?

Bütün dünyada təcili tibbi yardım avtomobillərinin ön hissəsində "AMBULANS" sözü tərsinə olaraq ШАЛУБМА kimi yazılır. Lakin bu yazı qarşıda gedən avtomobilin güzgüsündən düzünə əks edir, yəni sürücü onu "AMBULANS" kimi görür və o, avtomobilini kənara çəkərək təcili yardım avtomobili üçün yolu boşaldır.



- **Niyə tərsinə yazılmış yazı güzgüdə düzünə görünür?**
- **Güzyə baxdıqda özünüz və güzyədəki əksiniz arasında hansı eyniliklər və fərqliliklər diqqətinizi cəlb edib?**

Açar sözlər

cisim məsafəsi, xəyal məsafəsi, mövhumi xəyal, güzyə nəzərən simmetriklilik



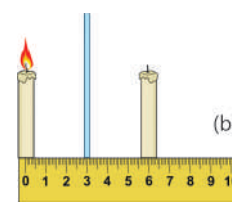
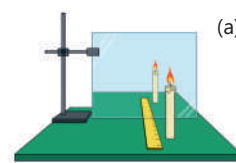
FƏALİYƏT

Müstəvi güzgüdə cismin əksi harada alınır?

Ləvazimat: şam (2 ədəd.), ştativə şaquli bərkidilmiş şüşə lövhə, alısqan, 50 sm uzunluqlu xətkəş, karandaş, A3 formatlı kağız vərəq.

İşin gedişi

1. Şüşə lövhəni vərəq üzərinə qoyun. Xətkəşi ona perpendikulyar elə yerləşdirin ki, lövhə xətkəşin orta bölgüsünün üzərinə düşsün.
2. Şamı yandırıb onu şüşə lövhənin qarşısına qoyun. Bu zaman güzyədə olduğu kimi, şüşədə də şamın əksi görünəcək (şəkil 2.18, a).
3. Yanmayan şamı xətkəş boyunca irəli və geri sürüşdürməklə elə nöqtə tapın ki, yanmayan şam həmin nöqtədə lövhədə görünən yanan şamın əksi ilə üst-üstə düşsün.
4. Təcrübənin sxemini iş vərəqinə çəkin (bax: şəkil 2.18, b). Yanan şamdan şüşə lövhəyə və lövhədən yanmayan şama qədərki məsafələri ölçüb sxem üzərində qeyd edin.



Şəkil 2.18.

Müzakirə edin

- **Şüşə lövhə arxasındakı yanmayan şam hansı yerdə olduqda yanan şam kimi göründü?**
- **Şamın və onun lövhədəki əksinin ölçüləri arasında hansı münasibəti müəyyən etdiniz?**
- **Təcrübədə cismin müstəvi güzgüdə xəyalının alınmasına dair hansı nəticəyə gəlmək olar?**

Müstəvi güzgüdə cismin əksinin alınmasının qanunauyğunluğu

Cismin müstəvi güzgüdə alınan təsviri onun əksidir, yəni **cismin xəyalıdır**.

Cismin xəyalının güzgüdə olan məsafəsi **xəyal məsafəsi** adlanır və **f** hərfi ilə işarə olunur.

Cismin özünün güzgüdə olan məsafəsi isə **cisim məsafəsi** adlanır və **d** hərfi ilə işarə edilir.

Hər iki məsafənin BS-də vahidi metrdir.

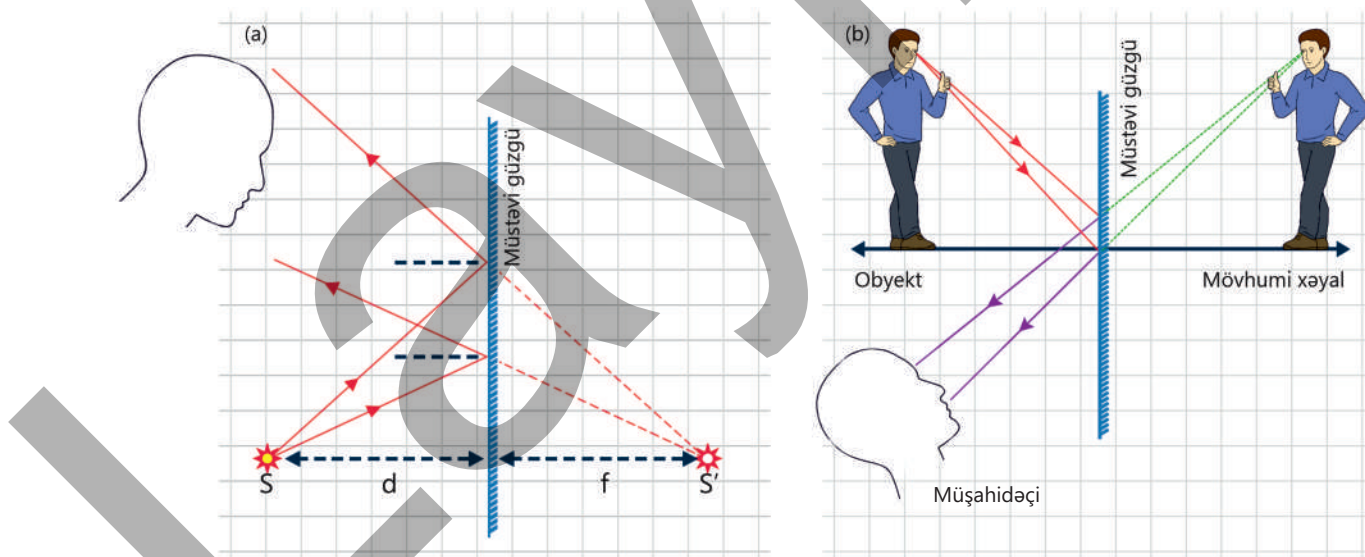
?

Şamlarla apardığınız təcrübədə hansı məsafə cisim məsafəsi, hansı məsafə xəyal məsafəsidir?



Cismin müstəvi güzgüdə xəyalının necə alınması ilə tanış olaq. Əvvəlcə qeyd edək ki, hər hansı cismin güzgüdə xəyalı onun nöqtələrinin xəyalından ibarətdir. Ona görə də gəlin bir nöqtənin müstəvi güzgüdə xəyalını quraq. Bu məqsədlə işığın qayıtma qanunu əsasında S nöqtəvi işıq mənbəyindən çıxaraq güzgünün səthinə düşən ixtiyari iki şüanın sonrakı yolunun sxemini quraq. Göründüyü kimi, güzgüdən əks edən şüalar bir-birindən uzaqlaşaraq hansı mühtdən düşübsə, həmin mühtə də qayıdır (şəkil 2.19, a). Əgər qayıdan şüaların uzantılarını çəksək, onlar güzgünün arxasında müəyyən S' nöqtəsində kəsişəcək.

Əgər xəyal qayıdan şüaların özlərinin deyil, bu şüaların uzantılarının kəsişməsindən alınrsa, o, **mövhumu xəyal** adlanır. Deməli, S' nöqtəsi S nöqtəsinin mövhumi xəyalıdır. Güzgüdən qayıdan şüaları görə müşahidəçiyə elə gəlir ki, onun gözüne düşən şüalar mövhumi xəyaldan, yəni güzgünün arxasından gəlir (şəkil 2.19, b).



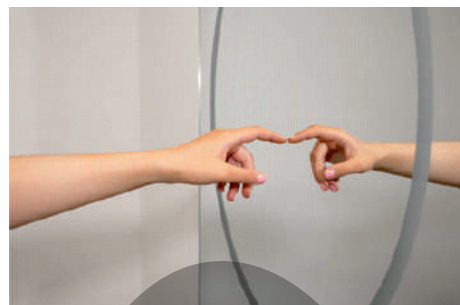
Şəkil 2.19. Mövhumi xəyal və cisim güzgüyə nəzərən simmetrikdir.

Əgər sxem çəkilən vərəqi mərkəzi xətti müstəvi güzgü olmaqla iki yerə qatlasaq, S nöqtəsi ilə S' nöqtəsinin, yəni nöqtə ilə onun mövhumi xəyalının tamamilə üst-üstə düşdüyünü görürük. Bu isə o deməkdir ki, nöqtə və onun güzgüdəki xəyalı bir düz xətt üzərində olmaqla güzgüyə perpendikulyar və güzgüdən eyni məsafələrdə yerləşir (bax: şəkil 2.19).

Beləliklə, apardığınız praktik araşdırma və nəzəri tədqiqatlardan cismin müstəvi güzgüdə xəyalının alınmasının iki qanunauyğunluğunu müəyyən etdiniz:

1. Cismin müstəvi güzgüdə xəyalı mövhumi alınır.
 2. Cisim və onun xəyalı müstəvi güzgüyə nəzərən simmetrikdir.
- Güzgüdə simmetrikiyin xüsusiyyətləri aşağıdakılardır:

- Xəyal məsafəsi cisim məsafəsinə bərabərdir: $f = d$.
- Mövhumi xəyal cismin özü boydadır. Xəyalın ölçüləri cismin ölçüləri ilə eynidir.
- Güzgüdə sağ və sol yerlərini dəyişmiş kimi görünür, yəni sağ əl sol əl kimi, sağ ayaq sol ayaq kimi, düzgün yazı tərs yazı və s. kimi görünür. Məsələn, güzgüyə sol əlinizi uzatsanız, güzgüdəki xəyal sizə sağ əlini "uzadacaq" (şəkil 2.20).



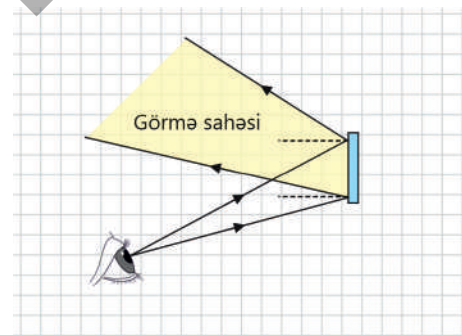
Şəkil 2.20.
Güzgüdə sağ və solun yerlərini dəyişməsi

•DÜŞÜN•MÜZAKİRƏ ET•PAYLAŞ•

Əgər obyekt güzgünün müstəvisinə perpendikulyar olarsa, onun mövhumi xəyalının təsviri necə görünür?

Müstəvi güzgüyə baxan gözün güzgüdə görmə sahəsini necə müəyyən etmək olar?

Bu məqsədlə şərti olaraq göz nöqtəvi işıq mənbəyi kimi qəbul edilir. Onun yerləşdiyi nöqtədən güzgünün kənar nöqtələrinə iki şüa yönəldilir. Həmin nöqtələrdən qayıdan şüaların əhatə etdiyi sahə bu güzgüyə baxan gözün görmə sahəsini əmələ gətirir (şəkil 2.21). Görmə sahəsində yerləşən ixtiyari obyekt görünür, bu sahədən kənarında olan obyektlər isə görünmür.

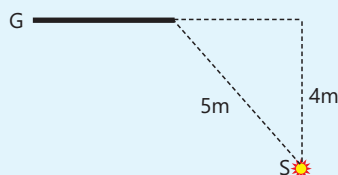


Şəkil 2.21.
Güzgüdə gözün görmə sahəsi

Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

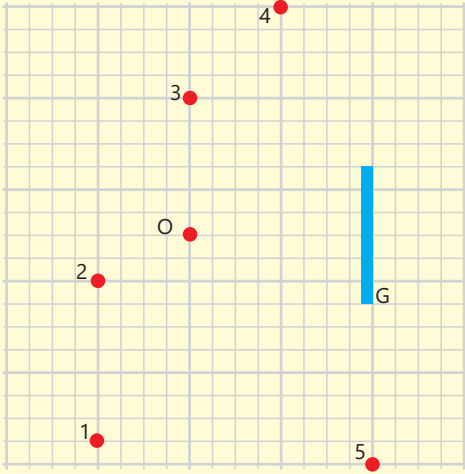
Məsələ. Şəkində G müstəvi güzgüsü və S nöqtəvi işıq mənbəyi təsvir edilmişdir. Buna görə təyin edin:

1. S işıq mənbəyinin xəyalının alındığı nöqtənin yerini.
2. Xəyaldan nöqtəvi mənbəyə qədərki məsafəni.



Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. "O" nöqtəsində yerləşən göz G müstəvi güzgüsünə baxdıqda 1, 2, 3, 4 və 5 nöqtələrindən hansı görünür (şəkil 2.22)? Cavabınızı sxem çəkməklə əsaslandırın.



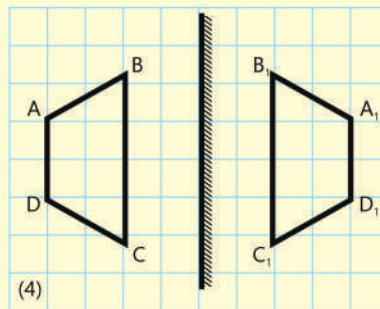
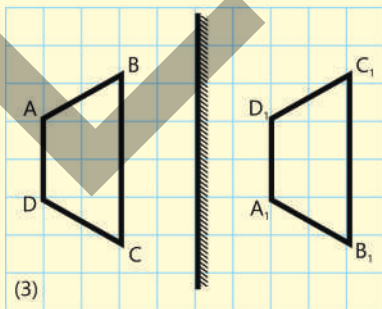
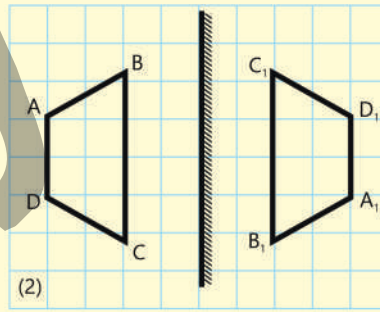
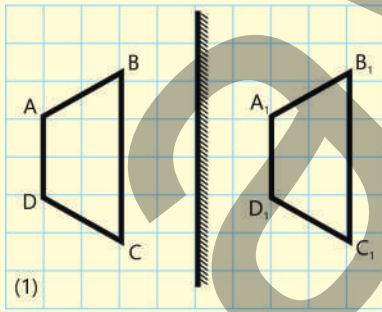
Şəkil 2.22

2. Cismi müstəvi güzgüdən uzaqlaşdırdıqda onun xəyalının ölçüsü və xəyal məsafəsi necə dəyişər?

Hər bir kəmiyyət üçün dəyişikliyin uyğun xarakterini müəyyənləşdirin: 1 – artdı; 2 – azaldı; 3 – dəyişmədi. Cədvəldəki hər bir fiziki kəmiyyət üçün uyğun rəqəmləri yazın. Cavabda rəqəmlər təkrarlana bilər.

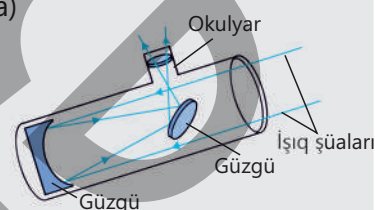
Cismin müstəvi güzgüdə xəyalının ölçüsü	Xəyal məsafəsi

3. ABCD obyektini müstəvi güzgüdə əks olunur. Hansı şəkildə bu obyektin güzgüdəki $A_1B_1C_1D_1$ xəyalı düzgün göstərilib?



2.2.3 Sferik güzgü

Astronomlar ulduzları, planetləri və digər göy cisimlərini tədqiq etmək məqsədilə bu obyektlərdən gələn paralel dar işıq şüalarını toplayan qurğulardan – *teleskop-reflektorlardan* istifadə edirlər. Şəkildə reflektorunun diametri 2 m olan Şamaxı Astrofizika Rəsədxanasındakı teleskop və onun optik sisteminin sadələşdirilmiş sxemi təsvir edilmişdir. Sxemdən görün-
düyü kimi, qurğunun optik sistemində müxtəlif güzgülər var. Bu güzgülər teleskopun obyektivinə daxil olan paralel şüaların toplanmasında və okulyara (baxış borusuna) yönəldilməsində mühüm rol oynayır.



- **Paralel gələn işıq şüalarının bir nöqtəyə toplanmasında hansı növ güzgülərdən istifadə olunur?**
- **Belə güzgülərdə xəyalların alınması qanunauyğunluğu nədən ibarətdir?**

Açar sözlər sferik güzgü, çökük güzgü, qabarıq güzgü, fokus nöqtəsi, əyrilik radiusu, baş optik ox, fokal müstəvi

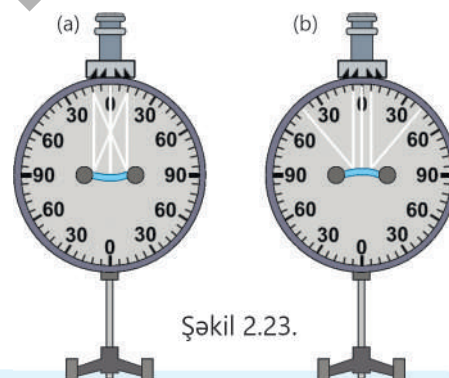
FƏALİYƏT

Sferik güzgülərdə işığın qayıtmasında hansı qanunauyğunluq var?

Ləvazimat: optik disk.

İşin gedişi

1. Çökük güzgü modelini diskin mərkəzində yerləşdirib bərkidin.
2. Işıq mənbəyini disk boyunca hərəkət etdirərək güzgünün səthinə 3 paralel şüa yönəldin. Bu zaman işıq mənbəyini elə tənzimləyin ki, şüalardan biri güzgünün səthinin tən ortasına perpendikulyar düşsün. Müşahidə etdiyiniz hadisənin sxemini iş vərəqinə çəkin (şəkil 2.23, a).
3. Təcrübəni qabarıq güzgü ilə təkrarlayın və müşahidə etdiyiniz hadisənin sxemini iş vərəqinə çəkin (şəkil 2.23, b).



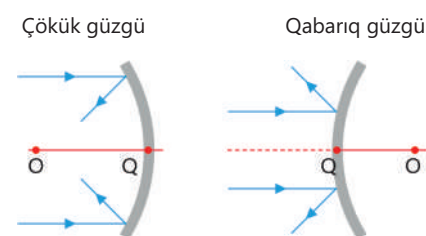
Müzakirə edin

- **Sferik güzgülərin səthinə paralel düşən şüaların sonrakı yollarında müstəvi güzgü ilə müqayisədə hansı oxşar və fərqli qanunauyğunluq müşahidə olundu?**

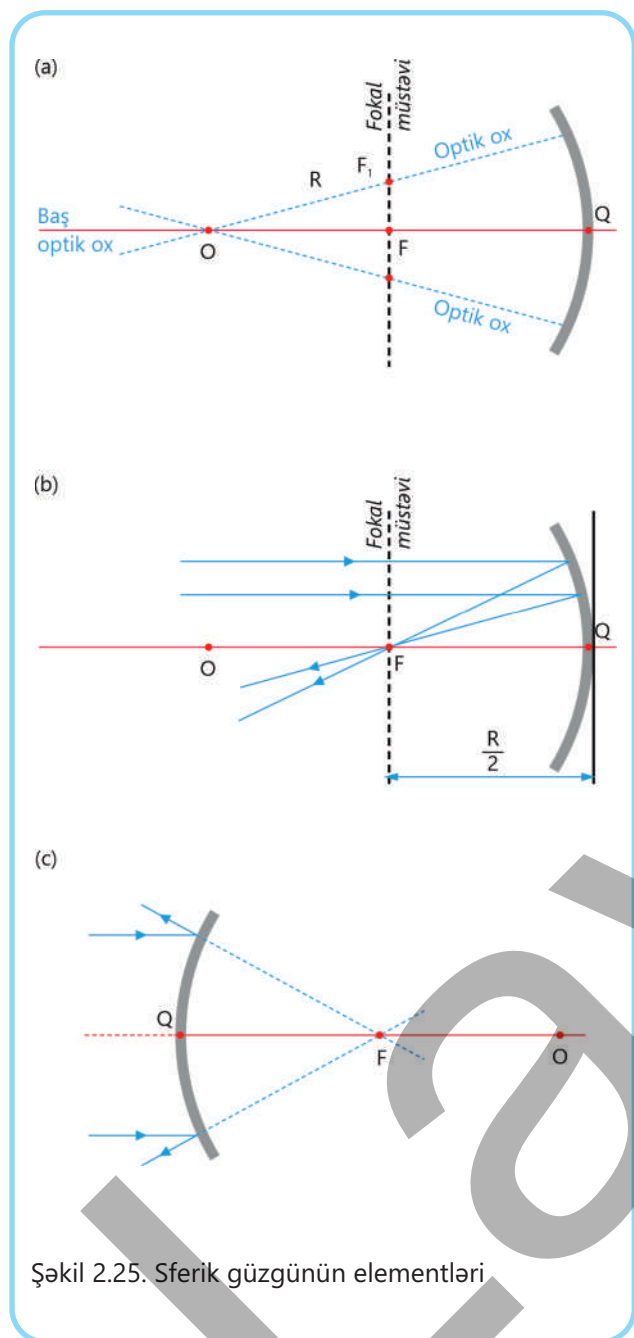
Təcrübədən aydın oldu ki, sferik güzgünün qabarıq, yaxud çökük olması onun hansı tərəfinin işığı əks etdirən səth olmasından asılıdır (şəkil 2.24).

Çökük sferik güzgü (konkav güzgü) – paralel işıq şüalarını sferanın daxili səthindən qaytararaq bir nöqtədə toplayan güzgüdür.

Qabarıq sferik güzgü (konveks güzgü) – paralel işıq şüalarını sferanın xarici səthindən səpələyən güzgüdür.



Şəkil 2.24. Sferik güzgülər



Sferik güzgünün xarakterik elementləri aşağıdakılardır.

Sferik güzgünün əyrilik mərkəzi (O nöqtəsi) – sferik seqmentin uzantısının əmələ gətirdiyi sferanın mərkəzidir.

Sferik güzgünün qütb nöqtəsi (Q) – sferik seqmentin zirvə nöqtəsidir.

Sferik güzgünün əyrilik radiusu (R) – sferik güzgünün əyrilik mərkəzindən güzgünün səthinə qədərki məsafədir.

Sferik güzgünün optik oxu – əyrilik mərkəzindən keçən ixtiyari düz xətdir.

Sferik güzgünün baş optik oxu – güzgünün qütb nöqtəsi və əyrilik mərkəzindən keçən optik oxdur (şəkil 2.25, a).

Sferik güzgünün baş fokus nöqtəsi (F) – çökük güzgüdə baş optik oxa paralel düşən şüalar qayıtdıqdan sonra kəsişdikləri nöqtədir. Çökük güzgünün baş fokusu həqiqidir, çünki həmin nöqtədə güzgüdən qayıdan şüaların özləri kəşir (şəkil 2.25, b). Qabarıq güzgünün baş fokus nöqtəsi isə mövhumidir, çünki bu nöqtədə güzgüdən qayıdan şüaların özləri deyil, onların uzantıları kəşir (şəkil 2.25, c).

Fokal müstəvi – baş optik oxa perpendikulyar olmaqla baş fokus nöqtəsindən keçən müstəvidir. Bütün optik oxların fokal müstəvi ilə kəsişdiyi nöqtə həmin optik oxa görə güzgünün fokus nöqtəsidir, məsələn, F_1 və F_2 nöqtələri (bax: şəkil 2.25, a).

• DÜŞÜN
• MÜZAKİRƏ ET
• PAYLAŞ

Sferik güzgülərin praktik tətbiqinə aid iki nümunə söyləyin.

Fokus məsafəsi (və ya fokal məsafə) – güzgünün qütb nöqtəsində sfera seqmentinə toxunan xətdən fokal müstəviyə qədərki məsafədir. Fokus məsafəsi F hərfi ilə işarə olunur və o, güzgünün əyrilik radiusunun yarısına bərabərdir (bax: şəkil 2.25, b):

$$F = F_1 = F_2 = \dots = F_n = \frac{R}{2}.$$

Öyrəndiklərinizi tətbiq edin**Hansı növ sferik güzgü tətbiq edilir?****A. Günəş sobası layihəsi**

Cavid və Lalə Günəş enerjisi ilə işləyən soba düzəldib onu soyutma yumurta bişirməklə sınaqdan çıxarmaq istəyirlər. Uşaqlar bilirlər ki, sobanın əsas hissəsi Günəş şüalarını bir nöqtəyə toplaya bilən güzgüdə ibarət olmalıdır. Bu zaman qazanı şüaların toplandığı yerdə yerləşdirməklə Günəşin istiliyi hesabına yumurtanı soyutma bişirmək mümkündür.

Sual. Bu layihədə hansı növ sferik güzgüdən istifadə olunmalıdır?

**B. Güzgü üzərində güzgü**

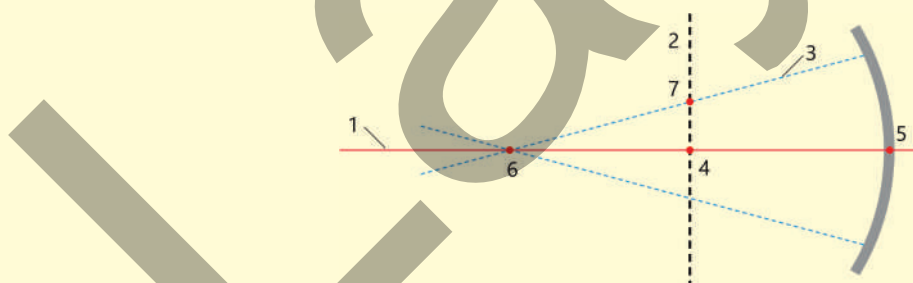
Nəzrin valideynləri ilə birlikdə minibusla kəndə, nənəsigilə gedirdi. Birdən onun diqqətini avtomobilin yan güzgüsü cəlb etdi. Güzgü iki hissədən ibarət idi: müstəvi güzgü və onun üzərinə bərkidilmiş dairəvi sferik güzgü.

Nəzrin öz-özünə düşündü: "Görəsən, güzgü hansı növ sferik güzgüdür və onun əsas funksiyası nədir?"

Sual. Nəzrinə düşündürən sualı necə cavablandırardınız?

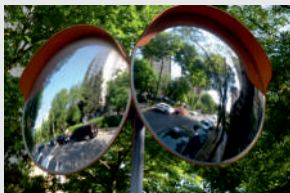
**Öyrəndiklərinizi yoxlayın**

1. Sferik güzgünün əyrilik mərkəzindən və qütb nöqtəsindən keçən xətt nə adlanır?
2. Şəkilə sferik güzgü və onun elementləri təsvir edilmişdir. Sxemi iş vərəqinə çəkin və uyğun rəqəmlə hansı elementin işarə edildiyini yazın.



3. Ətrafınızdakı fiziki cisimlərə diqqət yetirin və onların içərisindən sferik güzgülərin tətbiq olunduğu əşyaları tapın. Hansı cisimlərdə çökük, hansılarda isə qabarıq sferik güzgülərdən istifadə olunmuşdur? Niyə?

2.2.4 Sferik güzgülərdə xəyalın qurulması

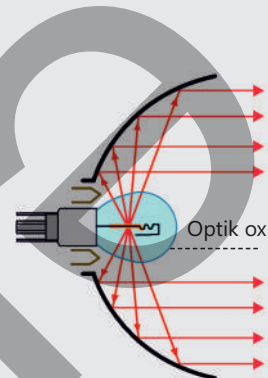


Görünüşün məhdud olduğu yol qovşaqlarında müəyyən diametrlə sferik güzgülərə rast gəlmək olur. Onlar mürəkkəb relyef, tikililər və ya bitki örtüyü səbəbindən müşahidənin çətinləşdiyi sahələrdə sürücülərə yol şəraitini qiymətləndirməyə kömək edir.

• **Bu situasiyada hansı növ güzgü tətbiq olunur? Niyə?**

Avtomobil farası elə qurulub ki, işıq mənbəyinin (lampanın) arxasında yerləşdirilən sferik güzgü lampadan hər tərəfə yayılan işığı toplayaraq önə doğru parlaq şəkildə yönəldir.

• **Farada hansı növ sferik güzgüdən istifadə olunur? Burada lampa güzgünün hansı nöqtəsində yerləşdirilir?**



FAƏLİYYƏT

Sferik güzgülərdə müşahidə olunan xəyallar həqiqidir, yoxsa mövhumi?

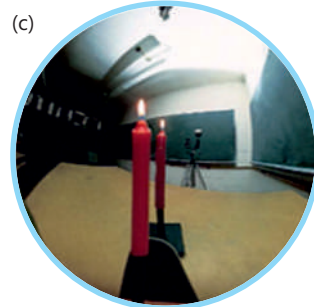
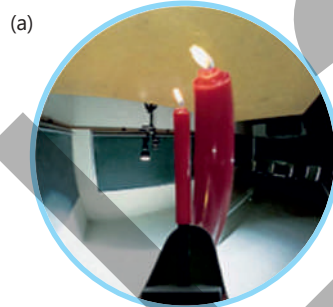
Ləvazimat: çökük və qabarıq güzgülər, ştativ, şam (dayaq üzərinə bərkidilmiş), alışıqan.

İşin gedişi

1. Çökük güzgünü ştativə bərkidin. Şamı yandırın və onu güzgüyə elə məsafəyə qədər yaxınlaşdırın ki, güzgüdə şamın aydın, düzünə və böyüdülmüş xəyalı müşahidə olunsun (şəkil 2.26, a).

2. Şamı güzgüdən tədricən uzaqlaşdırın. Bu zaman onun xəyalının forma və ölçüsünün necə dəyişdiyinə diqqət yetirin (şəkil 2.26, b).

3. Təcrübəni qabarıq güzgü ilə təkrarlayın. Şamı güzgüdən müxtəlif məsafələrdə yerləşdirib müşahidə olunan xəyalların forma və ölçülərinə diqqət yetirin (şəkil 2.26, c).



Şəkil 2.26.

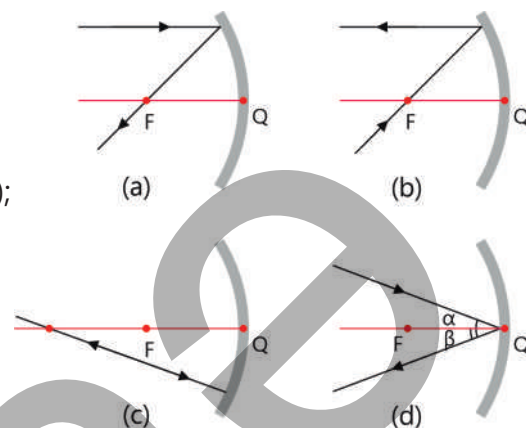
Müzakirə edin

1. Çökük güzgüdə şamın hansı xəyalını müşahidə etdiniz: həqiqi, yoxsa mövhumi?
2. Şamı çökük güzgüdən uzaqlaşdırdıqca onun xəyalı niyə tərsinə və kiçildilmiş alındı?
3. Qabarıq güzgüdə şamın xəyalının forma və ölçüsü məsafədən asılı olaraq hər hansı dəyişikliyə məruz qaldımı?
4. Cismın sferik güzgülərdə alınan xəyalının yerini, ölçüsünü və formasını qabaqcadan sxematik necə müəyyən etmək olar?

Sferik güzgülərdə xəyalların qurulmasında istifadə olunan düşən şüalar

Sferik güzgülərdə ixtiyari nöqtənin xəyalını qurmaq üçün xüsusiyyətləri məlum olan əlverişli şüalar əsas götürülür. Belə ki:

- əgər düşən şüa güzgünün baş optik oxuna paraleldirsə, o zaman qayıdan şüa baş fokus nöqtəsindən keçir (şəkil 2.27, a);
- əgər düşən şüa güzgünün baş fokus nöqtəsindən keçirsə, o zaman qayıdan şüa baş optik oxa paralel istiqamətdə yayılır (şəkil 2.27, b);
- əgər düşən şüa güzgünün əyrilik mərkəzindən keçirsə, o zaman qayıdan şüa həmin xətt üzrə əks istiqamətdə yayılır (şəkil 2.27, c);
- əgər düşən şüa güzgünün qütb nöqtəsinə düşürsə, o zaman düşmə nöqtəsindən qaldırılan normal baş optik ox olur və şüa qayıtma bucağına bərabər bucaq altında qayıdır, yəni $\beta = \alpha$ (şəkil 2.27, d).



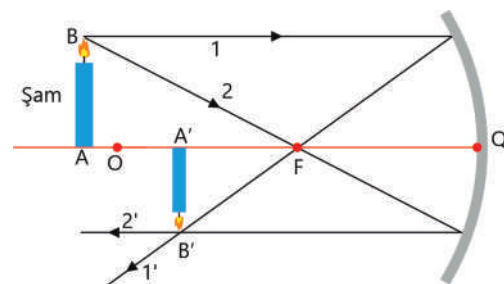
Şəkil 2.27.
Çökük güzgüdə xəyalın düşən şüaya görə qurulması

• DÜŞÜN
• MÜZAKİRƏ ET
• PAYLAŞ

Düşən şüa sferik güzgünün əyrilik mərkəzindən keçirsə, niyə qayıdan şüa da həmin xətt üzrə yayılır? Cavabınızı əsaslandırın.

Beləliklə, sferik güzgülərdə xəyalqurma sxeminin sadəliyi üçün yuxarıda qeyd edilən şüalardan ixtiyari ikisindən istifadə etmək əlverişlidir. Şəkil 2.28-də apardığınız araşdırmada şamın çökük güzgüdə xəyalının qurulma sxemi modelləşdirilmişdir. Sxemdən görüldüyü kimi, burada iki düşən şüadan istifadə olunmuşdur. Bunlar şam alovunun **B** nöqtəsindən baş optik oxa paralel **1** şüası və güzgünün baş fokus nöqtəsindən keçən **2** şüasıdır. Həmin şüalar güzgüdən əks edərək uyğun olaraq **1'** və **2'** oxları üzrə qayıdır. Qayıdan şüalar isə **B'** nöqtəsində kəsişdiklərinə görə həmin nöqtə **B** nöqtəsinin xəyalı olacaq. Şamın **A** oturacağı baş optik ox üzərində olduğundan ox boyunca düşən şüa həmin ox üzrə də qayıdacaq və **A'** xəyalı da baş optik ox üzərində alınacaq.

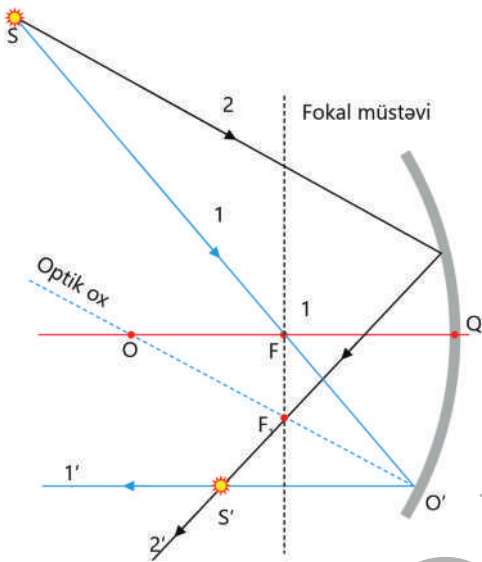
Qeyd edək ki, şamın xəyalını **B'** nöqtəsindən baş optik oxa perpendikulyar endirməklə də **A'** xəyalını almaq olar. Bu o deməkdir ki, şamın çökük sferik güzgüdə xəyalı tərsinə çevrilmiş formadadır.



Şəkil 2.28.
Şamın çökük güzgüdə xəyalının alınma sxemi

?

Hər hansı bir cismin (məsələn, işıq mənbəyinin) sferik güzgüdə xəyalının qurulması üçün əlverişli sayılan düşən şüalardan yalnız birindən istifadə etmək mümkündürsə, onun xəyalını necə qurmaq olar?



Şəkil 2.29.
S nöqtəsinin xəyalının qurulması

Şəkil 2.29-da təsvir olunan S işıq mənbəyinin xəyalını quraq. Göründüyü kimi, işıq mənbəyindən yalnız 1 şüası əlverişli düşən şüadır. O, baş fokus nöqtəsindən keçdiyindən baş optik oxa paralel qayıdır (1' şüası). İkinci düşən ixtiyari şüa güzgünün səthinə ixtiyari nöqtəyə yönləndirilir (2 şüası).

Bəs o necə qayıdacaq? Bunun üçün 2 şüasına paralel OO' optik oxu çəkilir. Sonra fokal müstəvi çəkilir. OO' optik oxun fokal müstəvi ilə kəsişdiyi F_1 nöqtəsi həmin optik ox üzrə güzgünün fokus nöqtəsi olacaq. Qayıdan 2' şüası F_1 nöqtəsindən keçəcək. Beləliklə, qayıdan şüaların kəsişməsindən alınan S' nöqtəsi S nöqtəsinin xəyalıdır.

Çökük güzgüdə xəyalın qurulması

Çökük güzgüdə cismin beş halda həqiqi, bir halda isə mövhumu xəyalı alınır.

1. Cisim sonsuzluqda olduqda, yəni $d \rightarrow \infty$ olarsa, düşən şüalar paralel qəbul olunur və qayıdan şüalar güzgünün fokusunda kəşir. Xəyal məsafəsi fokus məsafəsinə bərabər olur (bax: şəkil 2.25, b): $f = F$.
2. Cisim güzgünün əyrilik mərkəzindən uzaqda olduqda, yəni: $d > R$ olarsa, xəyal güzgünün əyrilik mərkəzi ilə fokusu arasında, yəni $R > f > F$ -də alınır. Bu halda xəyal həqiqi, tərsinə çevrilmiş və kiçildilmiş olur (bax: şəkil 2.28).
3. Cisim güzgünün əyrilik mərkəzində olduqda, yəni: $d = R$

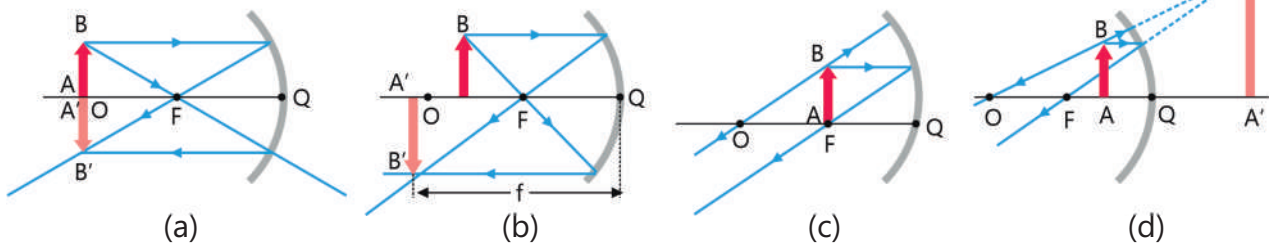
olarsa, xəyal güzgünün əyrilik mərkəzində alınır: $f = R$. Bu halda xəyal həqiqi, tərsinə çevrilmiş və özü boyda olur (şəkil 2.30, a).

4. Cisim güzgünün əyrilik mərkəzi ilə fokusu arasında olduqda, yəni $R > d > F$ olarsa, xəyal güzgünün əyrilik mərkəzindən uzaqda alınır: $f > R$. Bu halda xəyal həqiqi, tərsinə çevrilmiş və böyüdülmüş olur (şəkil 2.30, b).

5. Cisim güzgünün fokusunda olduqda, yəni $d = F$ olarsa, xəyal sonsuzluqda alınır: $f \rightarrow \infty$ (şəkil 2.30, c).

6. Cisim güzgünün fokusu ilə qütb nöqtəsi arasında olduqda, yəni $d < F$ olarsa, xəyal güzgünün arxasında – mövhumu, düzünə və böyüdülmüş olur (şəkil 2.30, d).

Şəkil 2.30.
Çökük sferik güzgüdə xəyalların qurulması



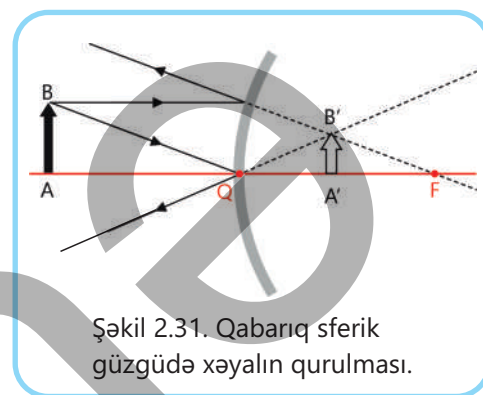
Beləliklə, çökük sferik güzgülərdə cismin xəyallarının alınmasını iki nəticə ilə ümumiləşdirmək olar:

- *Cisim məsafəsi ilə güzgünün fokus məsafəsi arasında münasibətin $d \geq F$ olduğu bütün hallarda çökük güzgü cismin həqiqi xəyalını verir, çünki cismin xəyalı qayıdan şüaların özlərinin kəsişməsindən alınır.*

- *Cisim məsafəsinin çökük güzgünün fokus məsafəsindən kiçik olduğu ($d < F$) halda isə çökük güzgüdə cismin mövhumu xəyalı alınır, çünki cismin xəyalı qayıdan şüaların uzantılarının güzgünün arxasında kəsişməsindən yaranır.*

Qabarıq sferik güzgüdə xəyalın qurulması

Qabarıq güzgünün fokusunu mövhumu olduğundan cisim məsafəsindən asılı olmayaraq bütün hallarda xəyal güzgünün arxasında mövhumu, güzgünün qütb nöqtəsi ilə fokus arasında, düzünə və kiçildilmiş alınır (2.31).



Şəkil 2.31. Qabarıq sferik güzgüdə xəyalın qurulması.

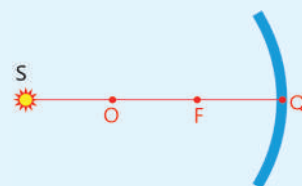
Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

S işıq mənbəyinin xəyalı harada alınacaq?

S işıq mənbəyi sferik güzgünün baş optik oxu üzərində əyrilik mərkəzindən uzaqda yerləşir. Sxemi iş vərəqinə köçürün və işıq mənbəyinin xəyalını qurun.

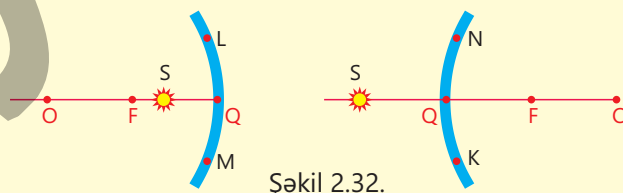
Müzakirə edin

- **İşıq mənbəyinin xəyalının qurulmasında hansı düşən şüalardan istifadə etmək əlverişlidir?**
- **İşıq mənbəyinin xəyalı harada alındı?**



Öyrəndiklərinizi yoxlayın

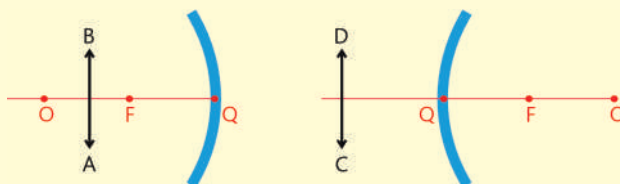
1. S işıq mənbəyindən çökük və qabarıq güzgülərin, uyğun olaraq L və M, N və K nöqtələrinə düşən və qayıdan şüaları çəkin (şəkil 2.32).



Sual 1. S işıq mənbəyinin çökük güzgüdə xəyalı hansı nöqtədə alınacaq? Bu xəyal həqiqidir, yoxsa mövhumu?

Sual 2. S işıq mənbəyinin qabarıq güzgüdə xəyalı hansı nöqtədə alınacaq? Bu xəyal həqiqidir, yoxsa mövhumu?

2. Şəkildə təsvir olunan AB və CD cisimlərinin uyğun olaraq çökük və qabarıq güzgüdə xəyallarını qurun.



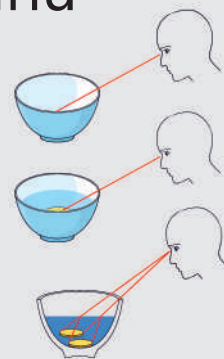
2.3 İŞIĞIN SINMASI – REFRAKSIYA

- İşığın sınması (refraksiya) – işığın öz yayılma istiqamətini dəyişdirdiyi hadisədir. Bu hadisə işıq iki fərqli şəffaf mühitin sərhədindən keçərkən baş verir. Məsələn, işıq havadan şüşəyə, suya və ya plastikə keçərkən. "Refraksiya" və "sınma" terminləri bir-birini əvəz edən bilən anlayışlardır:
 - "Refraksiya" termini, adətən, işığın belə mühitlərdə yayılmasını təsvir etmək üçün istifadə olunur ki, orada sınma əmsali nöqtədən nöqtəyə tədricən dəyişir (bu zaman şüa hamar şəkildə əyilən trayektoriya üzrə hərəkət edir).
 - "Sınma" termini isə, adətən, şüanın trayektoriyasının sərt şəkildə dəyişdiyi halları, yəni mühitlərin sınma əmsalları arasında böyük fərq olduğu sərhədlərdə baş verən dəyişiklikləri təsvir etmək üçün istifadə olunur.

2.3.1 İşığın sınması qanunu: Snellius qanunu

Lalə müəllimin tapşırığı ilə evdə belə bir sadə eksperiment apardı. O, çay içdiyi boş fincanı masanın üzünə qoyub dibində 50 qəpiklik yerləşdirdi. Sonra o, masadan elə məsafəyə qədər uzaqlaşdı ki, qabın dibindəki metal pul fincanın kənarının arxasında gizlənsin, yəni görünməsin. Lalə başının mövqeyini dəyişmədən qardaşı Caviddən fincana su tökməsini xahiş etdi. Fincana yarıdan yuxarı su əlavə edildikdə gözlənmədən oradakı 50 qəpik Laləyə görünməyə başladı.

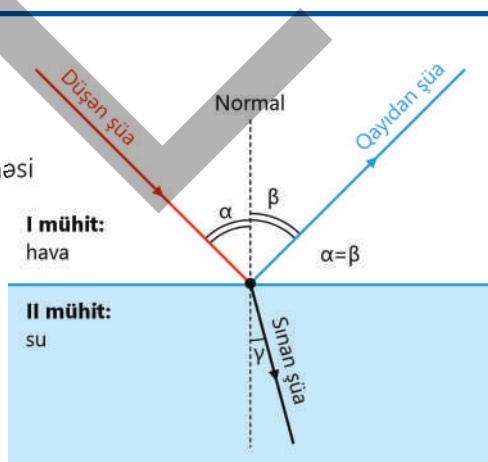
Təcrübəni geriye təkrarladıqda, yəni Cavid boş şprislə fincandakı suyu çəkib tamamilə çıxardıqda 50 qəpik Laləyə yenə görünməz oldu.



- **Sizcə, Lalənin əvvəl görmədiyi 50 qəpikliyi su əlavə edildəndən sonra görməsi hansı fiziki hadisə ilə izah olunur?**
- **Bu hadisə işığın hansı qanunauyğunluğu ilə əlaqədardır və o necə izah olunur?**

Açar sözlər işığın sınması, sınma bucağı, nisbi sındırma əmsali, optik sıxlıq, Snellius qanunu

Şəkil 2.33.
İşığın hava-su
sərhədinə düşməsi



Siz artıq bilirsiniz ki, bircins şəffaf mühitdə işıq düzxətli yayılır. Lakin işıq şüası iki bircins şəffaf mühitin sərhədinə, məsələn, havadan suyun səthinə düşdükdə onun bir hissəsi əks olunaraq birinci mühitə qaydır, digər hissəsi isə istiqamətini dəyişərək ikinci mühitə, yəni suya keçir (şəkil 2.33). Sxemdən görüldüyü kimi:

α – düşmə bucağıdır, yəni düşən şüa ilə normal arasındakı bucaqdır.



β – qayıtma bucağıdır, yəni qayıdan şüa ilə normal arasındakı bucaqdır.

γ (qamma) – sınma bucağıdır, yəni işığın düşmə nöqtəsindən iki mühitin sərhədinə qaldırılan normalın uzantısı ilə sınıyan şüa arasındakı bucaqdır (bax: şəkil 2.33).

• **İşığın sınması – işıq şüasının bir şəffaf mühitdən digər şəffaf mühitə keçərkən bu mühitlərin sərhədində öz istiqamətini dəyişməsidir.**

FƏALİYƏT

İşığın sınma bucağı ilə düşmə bucağı arasında hansı münasibət müşahidə olundu?

Ləvazimat: optik disk, yarım silindr formalı şüşə lövhə.

İşin gedişi

1. Şüşə lövhəni optik diskin mərkəzinə bərkidin və mənbədən çıxan dar işıq şüasını onun səthinə müəyyən düşmə bucağı, məsələn, 42° bucaq altında yönəldin (şəkil 2.34). Şüanın sınma bucağını təyin edin.

2. Işıq mənbəyini disk boyunca hərəkət etdirərək düşmə bucağının 30° , 60° və 0° qiymətlərinə uyğun sınma bucaqlarını təyin edin. Nəticələri verilən cədvəldə qeyd edin.

Nº	Düşmə bucağı	Sınma bucağı
1	42°	
2	30°	
3	60°	
4	0°	



Şəkil 2.34.

Müzakirə edin

1. **İşığın sınma bucağı düşmə bucağından asılı olaraq necə dəyişdi?**

2. **Hansı halda işıq şüası iki bircins şəffaf mühitin sərhədinə düşdükdə sınımaya məruz qalmadı?**

3. **İşığın sınması hadisəsini tədqiq edərkən niyə yarım silindr formalı şüşə lövhədən istifadə etmək əlverişlidir?**

4. **Bu araşdırmada hansı qanunauyğunluğu müəyyən etdiniz?**

Araşdırmadan müəyyən etdiniz ki, düşmə bucağı artarsa, sınma bucağı da artır, düşmə bucağı azaldıqda isə sınma bucağı da azalır (bax: şəkil 2.34). Əgər işıq iki mühit arasındakı səthə perpendikulyar düşsə, yəni düşmə bucağı $\alpha = 0^\circ$ olarsa, işığın yayılma istiqaməti dəyişmir.

İşığın sınmasının riyazi qanunauyğunluğunu keyfiyyətcə ilk dəfə XIII əsrin ortalarında Azərbaycan filosofu Nəsirəddin Tusi (1201 – 1274) özünün "İşığın qayıtması və sınması" risaləsində* izah etmişdir. O, işıq şüasının iki şəffaf mühitin – hava-su sərhədində sınırkən sınma bucağının düşmə bucağından asılı olaraq dəyişdiyini sxemlərlə ətraflı əsaslandırmışdır. Tusinin fikrincə, bu dəyişmə mühitin sıxlığından asılıdır.



Nəsirəddin Tusi
(1201–1274).
Azərbaycan
təbiətşünas filosofu



Villebrord Snellius
(1580–1626).
Niderland
riyaziyyatçısı

* **Risələ** (köhn.) – kiçik həcmli elmi əsər.



Təqribən 400 il sonra, yəni 1621-ci ildə Niderland riyaziyyatçısı Vilebrord Snellius (1580 – 1626) əvvəlki tədqiqatlara əsaslanaraq işığın sınmasını kəmiyyətə təsvir edən qanun müəyyən etmişdir:

- **Düşən şüa, sınan şüa və şüanın düşmə nöqtəsindən iki mühitin sərhədinə qaldırılan normal bir müstəvi üzərində yerləşir.**
- **Düşmə bucağı sinusunun sınma bucağı sinusuna olan nisbəti verilən iki bircins şəffaf mühit üçün sabit kəmiyyətdir.**

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n_{21}$$

Burada n_{21} – sabit fiziki kəmiyyət olub ikinci mühitin (ışığın sınmasından sonra yayıldığı mühit) birinci mühitə (ışığın düşdüğü mühit) nəzərən nisbi sındırma əmsalındır, yəni:

$$n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$$

Burada n_1 və n_2 – uyğun olaraq birinci və ikinci mühitin mütləq sındırma əmsalındır.

? İşığın sınmasının başlıca səbəbi nədir?

İşıq müxtəlif mühitlərdə müxtəlif sürətlə yayılır. Lakin bu sürətlər işığın vakuumda yayılma sürətindən kiçikdir. Məsələn, suda işığın yayılma sürəti

vakuumdakı sürətindən təxminən 1,33 dəfə kiçikdir. İşıq sudan şüşəyə keçəndə onun sürəti əlavə olaraq 1,18 dəfə də azalır. Havada isə işığın yayılma sürəti şüşədəkinə nisbətən 1,57 dəfə çoxdur və vakuumdakı sürətindən çox cüzi (təxminən 1,0003 dəfə) kiçikdir.

İşığın bir şəffaf mühitdən digər şəffaf mühitə keçərkən sürətinin dəyişməsi məhz onun sınmasının başlıca səbəbidir. Bu səbəbdən elmdə "optik sıxlıq" anlayışından istifadə olunur:

– əgər işıq mühitdə nisbətən yavaş sürətlə yayılırsa, həmin mühitin sındırma əmsalı böyükdür və deməli, bu mühitin optik sıxlığı da yüksəkdir;

– əgər işıq mühitdə böyük sürətlə yayılırsa, həmin mühitin sındırma əmsalı kiçikdir və deməli, bu mühitin optik sıxlığı da kiçikdir.

Nisbi sındırma əmsalı (n_{21}) həm də birinci mühitdə işığın yayılma sürətinin ikinci mühitdə işığın yayılma sürətindən neçə dəfə böyük (və ya kiçik) olduğunu göstərir:

$$n_{21} = \frac{v_1}{v_2}$$

Burada v_1 – işığın birinci şəffaf mühitdəki sürəti, v_2 – işığın ikinci şəffaf mühitdəki sürətidir.

2.1 cədvəlində müxtəlif mühitlərin mütləq sındırma əmsallarının qiymətləri verilmişdir. Beləliklə, iki mühit sərhədində işığın sınma qanununu ümumi şəkildə belə də yazmaq olar:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$$

Cədvəl 2.1.

Maddə	n
Almaz	2,42
Şüşə	1,57
Daş duz	1,54
Kvars	1,54
Bitki yağı	1,52
Pleksiqlas (üzvi şüşə)	1,50
Skipidar	1,47
Qliserin	1,47
Etil spirti	1,36
Su	1,33
Buz	1,31
Hava	1

Snellius qanununu ifadə edən bu düstur iki şəffaf bircins mühit arasında işığın sınımasını kəmiyyətə təsvir edir.

Qanunun fiziki mənası odur ki, işığın iki şəffaf mühitin sərhədində sınıması onun müxtəlif mühitlərdə müxtəlif sürətlə yayılmasının nəticəsidir. İşığın yayılma sürətinin kiçik olduğu mühit sındırma əmsalı böyük olan mühit, işığın yayılma sürətinin böyük olduğu mühit isə sındırma əmsalı kiçik olan mühitdir.

Adətən, hər hansı şəffaf bircins mühitdə işığın yayılma sürəti onun vakuumdakı yayılma sürəti ilə müqayisə edilir.

• *Mühitin vakuuma nəzərən sındırma əmsalı həmin mühitin mütləq sındırma əmsalı adlanır. Mütləq sındırma əmsalı işığın verilən mühitdəki sürətinin vakuumdakı sürətindən neçə dəfə kiçik olduğunu göstərir:*

$$n = \frac{c}{v}$$

• DÜŞÜN
• MÜZAKİRƏ ET
• PAYLAŞ

Snellius qanunundan, yəni $\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$ düsturundan hansı nəticəyə gəlmək olar? İki nəticə qeyd edin.

Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

Sınma bucağı nəyə bərabərdir?

İşığın havada sürəti təqribən $3 \cdot 10^8$ m/san, suda isə $2,25 \cdot 10^8$ m/san-dır. Fərz edək ki, işığın havadan suyun səthinə düşmə bucağı 30° -dir.

Müzakirə edin

- **İşiq suda hansı sınma bucağı altında yoluna davam edəcək?**
- **Əgər işiq suyun səthinə normala nəzərən 45° bucaq altında düşərsə, işığın suda sınma bucağı nəyə bərabər olar?**

Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. Hansı mühitin optik sıxlığı daha yüksəkdir – suyun, yoxsa şüşənin? Hansı mühitin optik sıxlığı daha kiçikdir – şüşənin, yoxsa havanın?
2. İşığın pleksiqlasda yayılma sürəti nəyə bərabərdir (bax: cədvəl 2.1)?
3. İşiq havadan almazın səthinə normala nisbətən 30° bucaq altında düşür.

Sual 1. İşiq almazda hansı sınma bucağı altında yayılır?

Sual 2. İşığın almazda yayılma sürəti nəyə bərabərdir?

2.3.2 Işığın tam daxili qayıtması

İnformasiyaların işıq siqnalları vasitəsilə Yer kürəsinin materiklərinə ötürülməsi üçün dəniz və okeanların dibi ilə çəkilən xüsusi rabitə kabellərindən istifadə olunur. Bu kabellərin əsas hissəsi optik işıqötürücülərdən – optik liflərdən ibarətdir. Optik liflər işıq siqnallarına çevrilmiş informasiyaları minlərcə kilometr məsafələrə çatdırmaqla sürətli və etibarlı rabitəni təmin edir.

- Sizcə, işıqötürücü liflərdə siqnalların daşınması işığın hansı xassəsi əsasında həyata keçirilir?



Açar sözlər tam daxili qayıtma, limit bucağı, işıqötürən, optik lif

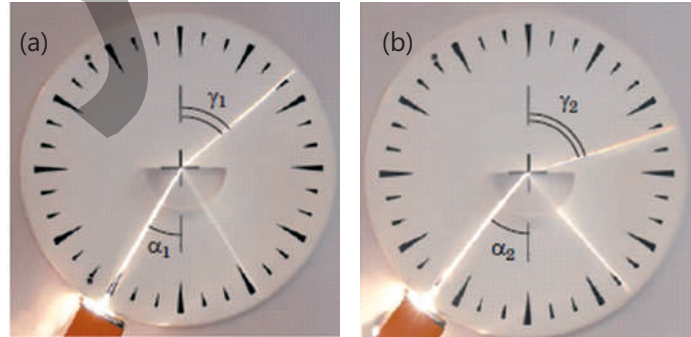
FƏALYYƏT

İşıq şüasının şüşədən havaya keçməsinin tədqiqi

Ləvazimat: optik disk, yarımsilindr formalı şüşə lövhə.

İşin gedişi

1. Yarımsilindr formalı şüşə lövhəni optik diskin mərkəzində yerləşdirin.
2. Dar işıq şüasını şüşə lövhənin içərisində şüşə-hava sərhədinə normala nəzərən 30° bucaq altında yönəldin. Şüanın havada hansı bucaq altında sınmasına diqqət yetirin (şəkil 2.35).
3. Işığın şüşə-hava sərhədinə düşmə bucağını tədricən 35° , 40° , 41° və 45° -yə qədər artırın. Düşmə bucağının uyğun qiymətlərində şüanın şüşə-hava sərhədində sonrakı yolunu diqqətlə izləyin.



Şəkil 2.35.

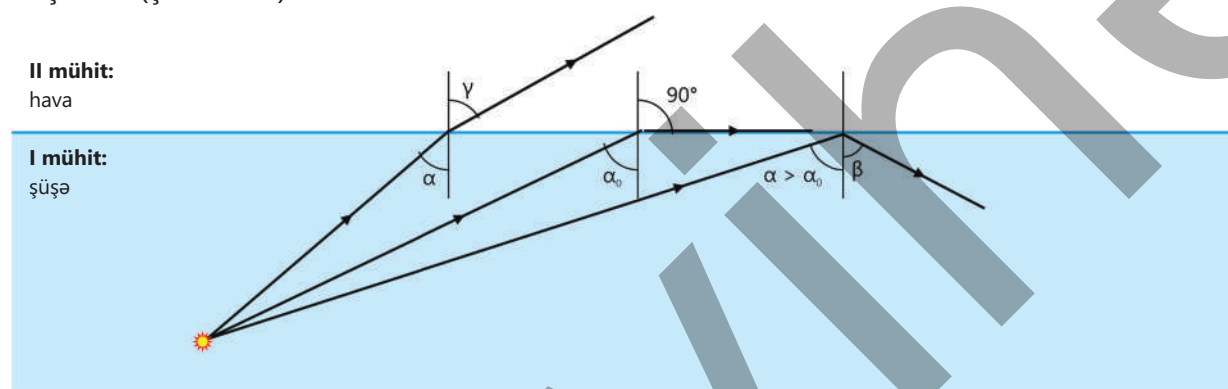
Müzakirə edin

1. Işıq şüasının şüşə-hava sərhədinə düşmə bucağı artdıqca onun havada sınma bucağı necə dəyişdi?
2. Işığın şüşə-hava sərhədinə düşmə bucağının hansı qiymətində şüanın havada sınma bucağı 90° oldu?
3. Işığın şüşə-hava sərhədinə düşmə bucağının hansı qiymətində şüanın havada sınması baş vermədi və şüa sərhəddən tamamilə şüşə daxilinə qayıtdı?
4. Işıq şüasının tam daxili qayıtması hansı şərtlər ödənildikdə baş verdi?



Araşdırmada işığın optik sıxlığı daha böyük olan mühitdən optik sıxlığı kiçik olan mühitə, məsələn, şüşədən havaya keçməsi halını nəzərdən keçirdiniz. Məlum oldu ki, bu zaman sınma bucağının qiyməti düşmə bucağından böyük oldu. Yəni işıq şüası şüşə daxilindən onun hava ilə sərhədinə yönəldikdə düşmə bucağı artdıqca ($\alpha_2 > \alpha_1$ olduqda) sınma bucağı 90° -yə yaxınlaşır. Bu zaman sınan şüanın parlaqlığının azaldığı, qayıdan şüanın isə parlaqlığının artdığı müşahidə olundu.

Nəhayət, düşmə bucağının müəyyən qiymətində işıq şüası ikinci mühitə (havaya) keçmir, sınma bucağı 90° olur, yəni şüa şüşə-hava sərhədi boyunca yayılır. Düşmə bucağının sonrakı artımında isə şüşə-hava sərhədinə düşən işığın sınması baş vermir, şüa tamamilə şüşənin daxili səthindən əks olunur – *ışığın tam daxili qayıtma* hadisəsi baş verir (şəkil 2.36).



Şəkil 2.36. İşığın şüşə-hava sərhədindən tam daxili qayıtması

İşığın iki bircins şəffaf mühitin sərhədindən, yəni optik sıxlığı daha kiçik olan mühitdən tamamilə qayıtması hadisəsi **ışığın tam daxili qayıtması** adlanır.

Sınma bucağının 90° -yə uyğun olan α_0 düşmə bucağı tam daxili qayıtmanın **limit bucağı** adlanır.

Sınma bucağının 90° olan halı üçün sınma qanunu belə yazılır:

$$\frac{\sin \alpha_0}{\sin 90^\circ} = \frac{n_2}{n_1}$$

Havanın sındırma əmsalı $n_2 = 1$, $\sin 90^\circ = 1$ olduğundan ifadəni belə ümumiləşdirmək olar:

$$\sin \alpha_0 = \frac{1}{n}$$

Beləliklə, işığın tam daxili qayıtması iki şərt ödənildikdə baş verir:

1. Işıq optik sıxlığı böyük olan mühitdən optik sıxlığı kiçik olan mühitə keçməlidir.
2. Düşmə bucağı limit bucağından böyük olmalıdır.

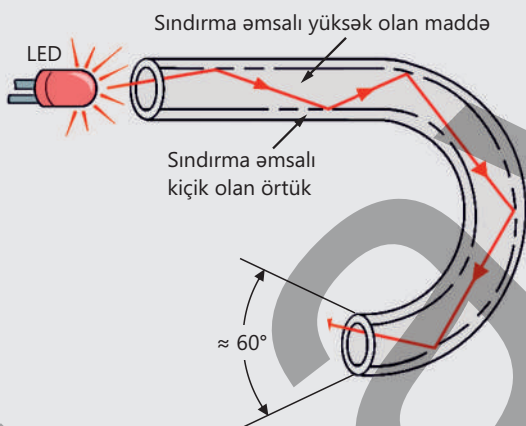
• DÜŞÜN • MÜZAKİRƏ ET • PAYLAŞ •

Dəniz dalğalarının parlaqlığını işığın tam daxili qayıtması hadisəsi əsasında necə izah etmək olar?

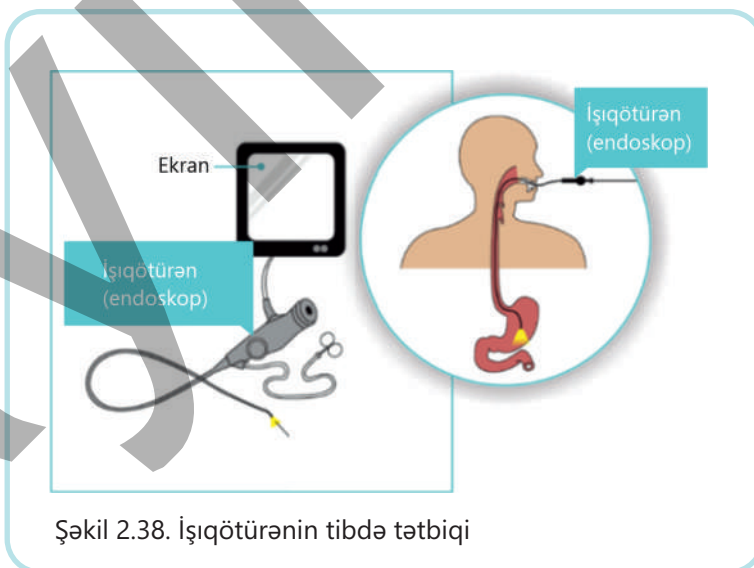
Cədvəl 2.2.
Bəzi maddələr üçün tam daxili qayıtmanın
limit bucağı

Nº	Maddə	Sındırma əmsalı	Tam daxili qayıtmanın limit bucağı
1	Almaz	2,64	$\approx 24,5^\circ$
2	Şüşə	1,51	$\approx 41,2^\circ$
3	Spirt	1,34	$\approx 46,5^\circ$
4	Su	1,33	$\approx 48,5^\circ$
5	Buz	1,31	$\approx 49,5^\circ$

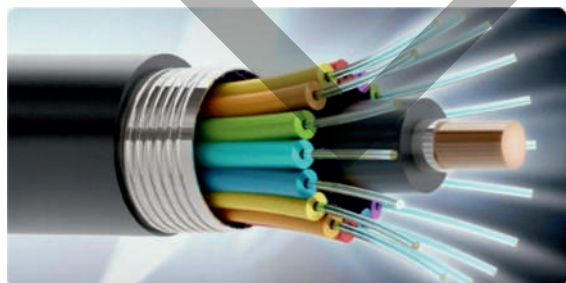
içərisinə işıq şüası göndərilərsə, bu şüa borunun daxilində dəfələrlə tam daxili qayıtmaya məruz qalaraq digər ucundan çıxacaq. Bu zaman işıq şüasının tam daxili qayıtması borunun düz və ya əyri olmasından asılı olmayaraq baş verir. Belə şüşə borulara **ışığıötürücülər** deyilir (şəkil 2.37). Beləliklə, işığıötürücülər sındırma əmsalı kiçik olan örtük və sındırma əmsalı böyük olan daxili mühitdən ibarət qurğudur.



Şəkil 2.37. Işıqötürücü



Şəkil 2.38. Işıqötürənin tıbdə tətbiqi



Şəkil 2.39. Optik lif rabitə kabeli

İşıqötürücülər tıbdə daxili orqanların müayinəsi (endoskopiyası) üçün istifadə olunur. Texnikada isə, məsələn, mühərriklərin içindəki nasazlıqların onları sökmədən aşkar edilməsində, qapalı məkanların Günəş işığı ilə işıqlandırılmasında və s. sahələrdə də istifadə olunur (şəkil 2.38). Lakin işığıötürücülərdən ən çox məlumat ötürmək üçün kabel kimi istifadə edilir (şəkil 2.39). Belə "şüşə kabel"lər mis və alüminium kabellərlə müqayisədə daha ucuz və yüngül başa gəlir. Onlar ətraf mühitin təsiri altında, demək olar ki,

heç bir fiziki və kimyəvi dəyişikliyə uğramır. İşıqötürücü kabellər həm də siqnalların uzaq məsafələrə əlavə gücləndiricilərə ehtiyac olmadan ötürülməsinə imkan yaradır. Bu gün optik lif rabitə xətləri sürətlə ənənəvi rabitə sistemlərini əvəz edir.

Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

Niyə işıq şüası su şırnağından kənara çıxmadı?

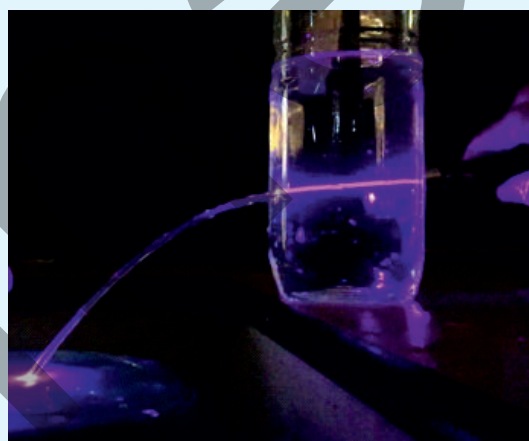
Ləvazimat: plastik butulka (1 və ya 2 litrlik), su (2l), lazer fənəri, küvet.

İşin gedişi

1. Butulkanın oturacağından bir qədər yuxarıdan dəlik açıb içərisinə su doldurun və qapağını bağlayıb küvetin yaxınlığında yerləşdirin.
2. Butulkanın qapağını açın. Nazik su şırnağı dəlikdən küvetə axmağa başlayacaq.
3. Fənəri işə salıb lazer şüasını butulkanın içərisinə elə yönəldin ki, o, dəlikdən axan su şırnağına düşsün. Bu zaman şüanın sonrakı yolunu diqqətlə izləyin.

Müzakirə edin

- Niyə işıq şüası su şırnağından kənara çıxmadı?



Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. Işıq havada yayılaraq şüşənin səthinə 60° bucaq altında düşərsə, tam daxili qayıtma hadisəsi baş verərmə? Cavabınızı tam daxili qayıtmanın baş verməsinin iki şərti əsasında izah edin.

2. Yer kürəsi materiklərinin etibarlı internet rabitə əlaqəsi ilə təmin edilməsində işıqötürücü optik lif kabelləri əvəzsiz rol oynayır.

Sual 1. Optik lif içərisi boş plastik borudan nə ilə fərqlənir?

Sual 2. Işıq şüası optik lifdə yayılarkən niyə onun daxilindən, demək olar, xaricə çıxmır?

3. Almaz-hava sərhədi üçün tam daxili qayıtmanın limit bucağının təyin edilməsini nəzərdən keçirin.

Sual 1. Hansı maddədə tam daxili qayıtma hadisəsi baş verəcək? Niyə?

Sual 2. Almaz-hava sərhədi üçün tam daxili qayıtmanın limit bucağı nəyə bərabərdir? Cavabınızı hesablamalarla əsaslandırın.

2.3.3 Işığın paralel üzlü müstəvi şüşə lövhədə və üçüzlü şüşə prizmada yolu

Açar sözlər paralel üzlü şüşə lövhə, şüşə prizma, iki dəfə sınma, düşmə bucağının sınma bucağına bərabər olması

1. Paralel üzlü müstəvi şüşə lövhədə işıq şüasının yolu

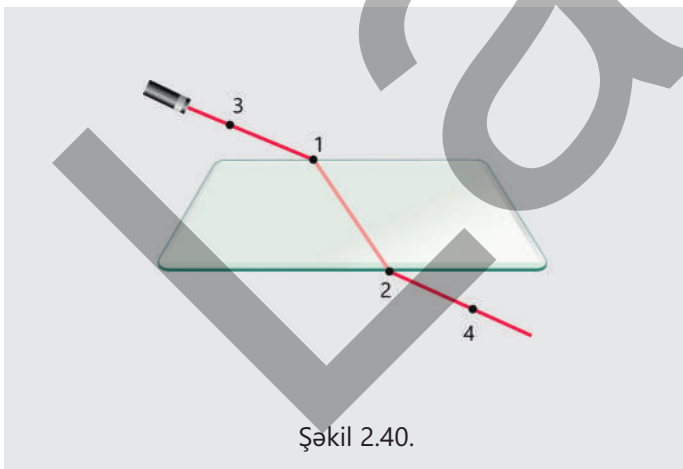
Eksperimental məsələ

Işığın hava-şüşə və şüşə-hava sərhədində sınması.

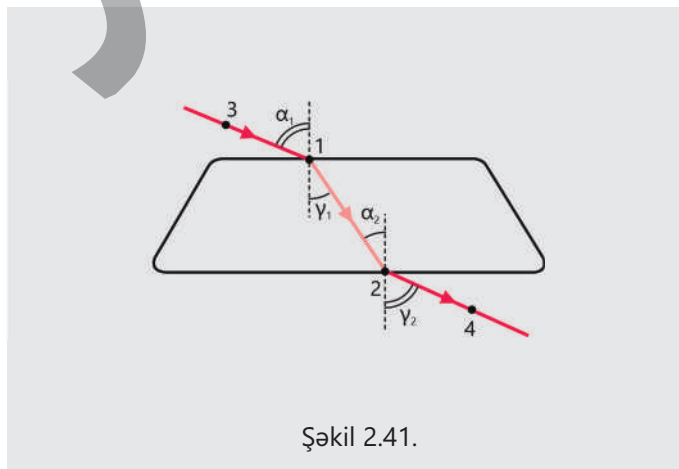
Ləvazimat: paralel üzlü müstəvi formalı şüşə lövhə, lazer göstəricisi, iş vərəqi, karandaş, xətkəş, triqonometrik cədvəl.

Işın gedişi

1. Müstəvi şüşə lövhəni iş vərəqinin üzərində yerləşdirib konturunu karandaşla xətləyin.
2. Lazer şüasını lövhənin üzərinə ixtiyari bucaq altında yönəldin.
3. Karandaşla şüanın hava-şüşə sərhədinə düşmə 1, şüşə-hava sərhədinə düşmə 2 nöqtələrini qeyd edin (şəkil 2.40).
4. Daha sonra hava-şüşə sərhədinə düşən və şüşə-hava sərhədində sınan şüaların yayılma trayektoriyaları üzərində 3 və 4 nöqtələrini karandaşla qeyd edin (bax: şəkil 2.40).
5. Lövhəni və lazer göstəricisini iş vərəqindən kənarlaşdırın. Kontur üzərində düşən və sınan şüaları, düşmə və sınma bucaqlarını çəkərək sxemi şəkil 2.41-dəki kimi tamamlayın.



Şəkil 2.40.



Şəkil 2.41.

Problem

Fərz edək ki, işıq şüasının hava-şüşə sərhədinə düşmə bucağı $\alpha_1 = 60^\circ$ -dir. Işığın şüşə-hava sərhədində γ_2 sınma bucağı nəyə bərabərdir?

Problemin həlli

a) Əvvəlcə Snellius qanununa görə işığın şüşədə γ_1 sınma bucağı təyin edilir:

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \gamma_1} = \frac{1,51}{1} \rightarrow \sin \gamma_1 = \frac{\sin 60^\circ}{1,51} = \frac{0,8660}{1,51} = 0,5735. \quad \frac{\sin \alpha_1}{\sin \gamma_1} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\gamma_1 \approx 35^\circ.$$

b) İşıq şüası şüşə daxilində şüşə-hava sərhədində də $\alpha_2 = \gamma_1$ bucağı altında düşəcək. Snellius qanununu tətbiq etməklə işığın şüşə-hava sərhədində γ_2 sınma bucağı təyin edilir:

$$\frac{\sin \gamma_1}{\sin \gamma_2} = \frac{1}{1,51} \rightarrow \sin \gamma_2 = \sin 35^\circ \cdot 1,51 = 0,5735 \cdot 1,51 = 0,8660.$$

Cavab: $\gamma_2 \approx 60^\circ$, yəni $\alpha_1 = \gamma_2 \approx 60^\circ$.

Beləliklə, havada paralel üzlü müstəvi şüşə lövhə ilə apardığınız eksperimental məsələdə həll etdiyiniz problemdən üç nəticə çıxır:

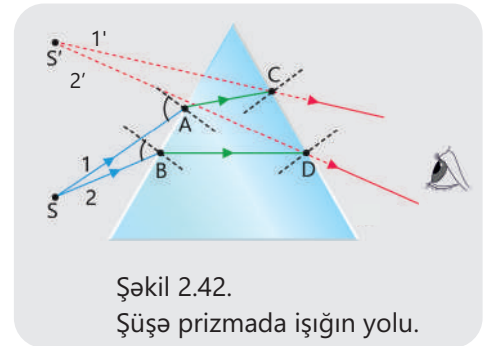
- işıq şüası havada paralel üzlü müstəvi şəffaf lövhə üzərinə düşükdə o, iki dəfə sınımaya məruz qalır: hava-şüşə sərhədində və şüşə-hava sərhədində;
- işıq şüası havada paralel üzlü müstəvi şəffaf lövhəyə hansı bucaq altında düşürsə, həmin bucaq altında da lövhədən havaya çıxır;
- şüşədən çıxan şüa düşən şüaya paralel yönəlik, onun yeri müəyyən qədər sürüşür, lakin yayılma istiqamətini dəyişmir.

2. Üçüzlü şüşə prizmada işıq şüasının yolu

Üçüzlü şüşə prizmada işıq şüasının yayılma istiqaməti prizmanın sındırma əmsali səbəbindən dəyişir. Nəticədə paralel üzlü müstəvi şüşədən fərqli olaraq prizmadan çıxan şüa prizmaya düşən şüaya paralel olmayıb prizmanın oturacağına doğru meyil edir. Yəni optik sıxlığı böyük mühitdən optik sıxlığı kiçik olan mühitə keçərkən şüa normaldan uzaqlaşır. Şüanın şüşə prizmada sınması necə baş verir? S mənbəyindən gələn 1 və 2 şüaları A və B nöqtələrində prizmaya düşərək sınır prizmanın içərisində AC və BD istiqamətlərində

yollarına davam edir. Işıq şüası prizmanın ikinci üzünə çataraq ikinci dəfə sınır. Nəticədə müşahidəçi işıq mənbəyini şüaların 1' və 2' uzantılarının kəsişdiyi S' nöqtəsində görür, yəni S mənbəyi şüşə prizmanın sındırıcı üzləri arasında qalan təpə bucağına doğru yerini dəyişmiş kimi görünür (şəkil 2.42).

• S işıq mənbəyindən prizmanın üzərinə düşən şüalar istiqamətlərini prizmanın alt üzünə doğru dəyişir, yəni optik sıxlığı böyük olan mühitə keçərkən şüa normala yaxınlaşır.



Şəkil 2.42.
Şüşə prizmada işığın yolu.

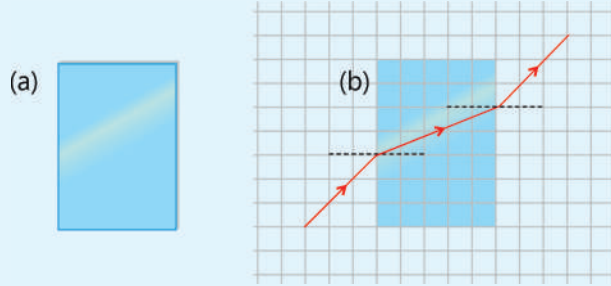
• DÜŞÜN • MÜZAKİRƏ ET • PAYLAŞ •

Şəkildə şüşə prizmanın səthinə düşən işıq şüası təsvir edilmişdir. O hansı yolu gedəcək?
Cavabınızı sxem çəkməklə əsaslandırın.



Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

Şəkil 2.43, a-da paralel üzlü müstəvi şüşə lövhə, şəkil 2.43, b-də isə bu lövhədən keçən işıq şüasının yolu təsvir edilmişdir.



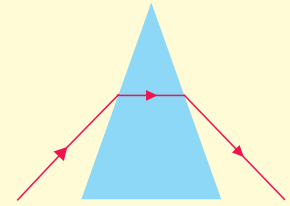
Şəkil 2.43.

- 2.43, b şəklindəki sxemi iş vərəqinə köçürün. Sxemdə işıq şüasının bütün düşmə və sınma bucaqlarını qeyd edin.
- Düşmə və sınma bucaqlarının sinusunu təyin edin (transportirdən istifadə etməklə).
- Snellius qanununa əsasən paralel üzlü şüşə lövhənin sındırma əmsalını hesablayın.
- İşıq şüası paralel üzlü müstəvi şüşədən çıxdıqdan sonra niyə lövhənin üzərinə düşən şüaya paralel yayıldığını izah edin.

Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. Şəkil 2.44-də şüşə prizmadan keçən işıq şüasının getdiyi yol sxematik təsvir edilmişdir.

- Sxemi iş vərəqinə köçürün. Işıq şüasının bütün düşmə və sınma bucaqlarını qeyd edin.
- Şüşə prizmanın üzərinə düşən şüa niyə öz istiqamətini prizmanın oturacağına doğru dəyişir? Cavabınızı əsaslandırın.

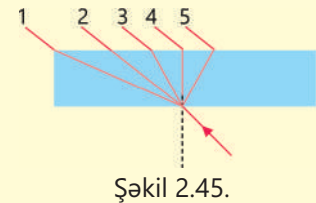


Şəkil 2.44.

2. Şəkil 2.45-də havada yayılan və paralel üzlü müstəvi şüşə lövhəyə düşən şüanın yolu göstərilir.

Sual 1. 1-5 şüalarından hansı işığın lövhədən keçən yoluna uyğundur?

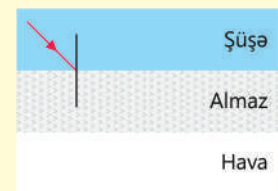
Sual 2. Şüanın paralel üzlü müstəvi şüşə lövhənin hava-şüşə sərhədində sınma bucağı və şüşə daxilində şüşə-hava sərhədinə düşmə bucaqları arasında hansı münasibət var?



Şəkil 2.45.

3. Şəkil 2.46-da işıq şüasının şüşə-almaz sərhədinə düşməsi təsvir edilmişdir. Təsviri iş vərəqinə köçürün. Işıq şüasının bütün düşmə və sınma bucaqlarını qeyd edin.

İşıq şüşə-almaz və almaz-hava sərhədində hansı yolu gedəcək (cədvəl 2.2-dəki məlumatlardan istifadə edin)?



Şəkil 2.46.

2.3.4 Ağ işığın rənglərə ayrılması: dispersiya

Lalə yay tətlini kənddə yaşayan nənə və babasının yanında keçirirdi. Günlərin birində hava çox günəşli idi və o, həyətdə kitab oxuyurdu. Birdən hava dəyişdi, göydə buludlar göründü və narın yağış yağmağa başladı. Maraqlısı o idi ki, yağış yağsa da, Günəş hələ də parlayırdı. Elə bil bu yağış Günəşin hələ də işıq saçdığını görmürdü. Ona görə də el arasında belə yağışı “kor yağış” adlandırırlar. Lalə başını qaldırıb göyə baxanda al-əlvan göyqurşağının əmələ gəldiyini gördü və heyranlıqla onu seyr etməyə başladı.



- Bəs göyqurşağı niyə əmələ gəldi?
- Bu zaman hansı işıq hadisəsi baş vermişdi?

Açar sözlər göyqurşağı, spektr, dispersiya, monoxromatik şüa

FƏALİYYƏT

Ağ işıq niyə rənglərə ayrıldı?

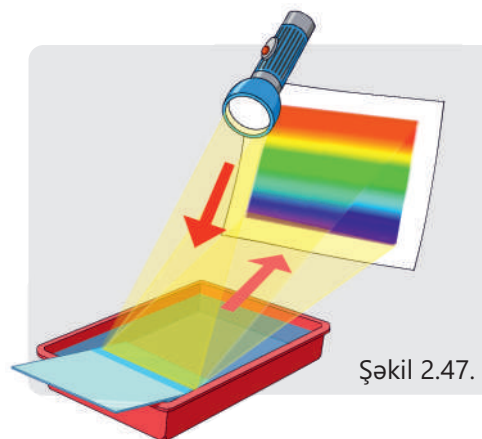
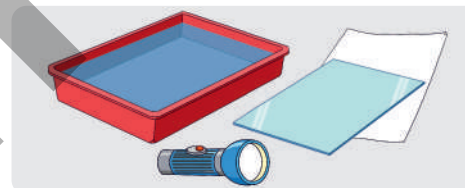
Ləvazimat: fənər (ağ işıq verən), küvet (dayaz plastik qab), müstəvi güzgü, A3 formatlı ağ kağız vərəq, su (2-3 litr).

İşin gedişi

1. Küveti su ilə doldurun və güzgünü onun içərisində məli yerləşdirin.
2. Fənərin işığını güzgünün suyun içərisindəki səthinə yönəldin.
3. Ağ vərəqi güzgüdə əks olunan işıq şüalarının qarşısında yerləşdirin. Işıq şüasının güzgüyə düşmə bucağını elə tənzimləyin ki, vərəqdə rəngli zolaqlar alınsın (şəkil 2.47).

Müzakirə edin

1. Ağ işığın müxtəlif rənglərə ayrılmasının səbəbi nədir?
2. Bu rənglər hansılardır və onların düzülüş ardıcılığında hansı qanunauyğunluq var?



Şəkil 2.47.

Azərbaycan filosofu Nəsirəddin Tusi 1260-cı ildə yazdığı “Göyqurşağının öyrənilməsinə dair” risaləsində elm tarixində ilk dəfə olaraq ağ işığın rəng məkanı modelini təklif etmişdi. Bu modelə görə, ağ işığın görünən azı beş tərkibi var. Bunlar qırmızı, sarı, yaşıl, mavi və göy rənglərdir. Onun fikrincə, təbiətdə bölünməz mütləq vahidlik olmadığı kimi, ağ işıq da çoxtərkibli. Günəş işığı yağış damcılarında iki dəfə sınmaqla bu tərkibə ayrılır ki, biz də onu səmada yaranan al-əlvan göyqurşağı şəklində müşahidə edirik.



Şəkil 2.48.
Işığın tərkib hissələrinə ayrılması



Şəkil 2.49.
Ağ işığın görünən spektri

Görkəmli filosof göyqurşağının əmələ gəlməsinin səbəbini nəzəri olaraq işıq şüasının yağış damcısında iki dəfə sınması sxemi əsasında izah etmişdir.

Təqribən 400 il sonra, yəni 1666 və 1667-ci illərdə ingilis alimi İ. Nyuton şüşə prizma ilə apardığı çoxsaylı təcrübələrlə ağ işığın görünən tərkibə ayrılmasını əyaniləşdirə bilmişdi. O, qaranlıq otağın pəncərəsini örtən qara pərdədə dar dəlik açmış və oradan keçən Günəş şüasının qarşısında üçbucaqlı şüşə prizma yerləşdirmişdi. Bu zaman dar ağ işıq şüasının prizmadan keçərkən iki dəfə sınaq divarda **spektr** adlanan (lat.: *spektrum* – görünmə, təsvir) geniş rəngli zolaqlara ayrıldığını aşkar etdi (şəkil 2.48). Həmin zolaqlar kəsilmədən bir-birinin ardınca gələn görünən qırmızı, narıncı, sarı, yaşıl, mavi, göy və bənövşəyi rənglərdən ibarət idi (şəkil 2.49).

Ağ işığın müxtəlif rəngli şüalar toplusuna ayrılması hadisəsinə **ışığın dispersiyası** deyilir.



Qeyd edək ki, spektrdəki hər bir rəngli şüa **monoxromatik şüa** (yun.: *monos* – bir, *tək*; *xromos* – rəng deməkdir) adlanır. Monoxromatik şüalar şüşə prizmadan keçdikdə rəngini dəyişmir, yəni monoxromatik şüa tərkib hissələrə ayrılmayan şüadır.

• DÜŞÜN • MÜZAKİRƏ ET • PAYLAŞ •

Dispersiya hadisəsi hansı halda daha qabarıq nəzərə çarpır – ağ işıq paralel üzlü müstəvi şüşə lövhədən, yoxsa üçüzlü şüşə prizmadan keçdikdə? Cavabınızı əsaslandırın.

Bilir-siniz-mi?

Təbiətdə ağ işıq deyilən işıq, əslində, mövcud deyil. Ağ işıq yalnız insan gözünün və beyninin qavrayışıdır. Yəni insan gözüne qırmızıdan bənövşəyi qədər bütün şüaların eyni zamanda təsiri beyində ağ işıq qavrayışı yaradır.

?

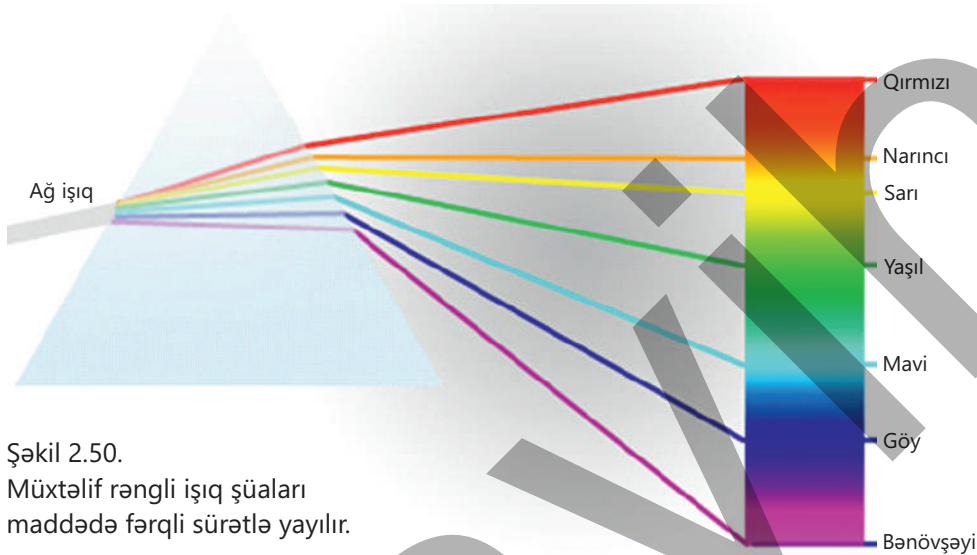
Ağ işıq şüşə prizmada sındıqda niyə rənglərə ayrılır?

Bunun səbəbi işığın elektromaqnit təbiəti əsasında izah olunur. Məlumdur ki, elektromaqnit dalğası dalğa uzunluğundan asılı

olmayaraq vakuumda 300 000 km/san sürətlə yayılır. Lakin maddədə müxtəlif dalğa uzunluqlu elektromaqnit dalğalarının yayılma sürətləri eyni deyil. Bilirsiniz ki, işığın iki müxtəlif şəffaf mühitin sərhədində sınması müxtəlif mühitlərdə işığın sürətindəki fərqlə izah olunur. Bu o deməkdir ki, maddədə müxtəlif sürətlə yayılan elektromaqnit dalğaları (o cümlədən işıq) üçün sınma dərəcəsi də fərqli olacaq. Ağ işıq dalğa uzunluqları fərqli olan



elektromaqnit dalğalarının və müxtəlif rəngli monoxromatik şüaların məcmusudur. İşığın prizmada sınması zamanı yaranan dispersiya hadisəsi monoxromatik şüaların ayrılmasına, spektrin əmələ gəlməsinə səbəb olur. Aparılan təcrübələrdən məlum olmuşdur ki, spektrin görünən zolağında bənövşəyi şüa şüşədə (şəffaf maddədə) ən kiçik sürətlə yayıldığından o, qalan rəngli şüalara nisbətən ən çox sınıma məruz qalır. Qırmızı rəngli şüa isə, əksinə, şüşədə ən böyük sürətlə yayıldığından ən az sınır. Spektrin qalan şüalarının sürətləri və deməli, sınımları bənövşəyi ilə qırmızı şüaların arasında yerləşir (şəkil 2.50).



Şəkil 2.50.
Müxtəlif rəngli işıq şüaları
maddədə fərqli sürətlə yayılır.

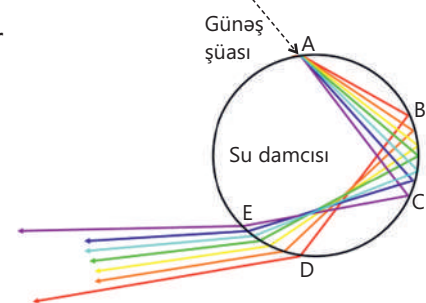


Göyqurşağı
necə yaranır?

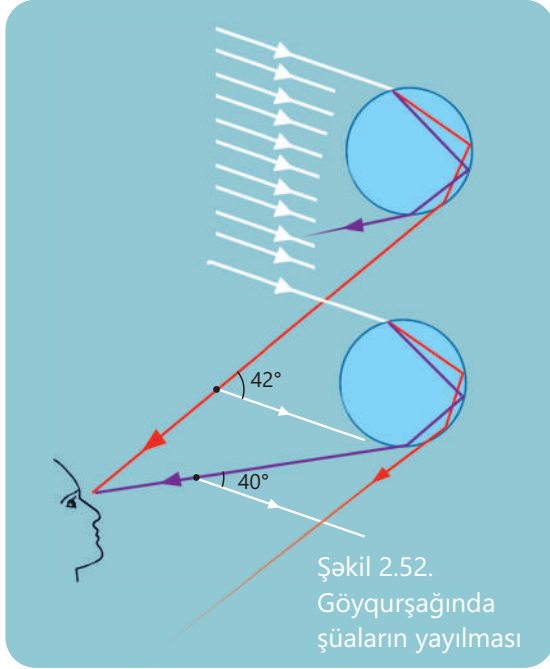
Göyqurşağı Günəş şüalarının yağışdan sonra atmosferdəki yağış damcılarında, şalala və fəvvarələrdən səpələnən su damcılarında iki dəfə sınması nəticəsində yaranan optik hadisədir (şəkil 2.51).

Şəkil 2.51-də **A** nöqtəsində sferik su damcısına düşən ağ işıq şüası təsvir edilmişdir. Işıq damcıda sınaq rəngli şüalara ayrılır. Bu şüalar damcının daxili divarının **B** və **C** nöqtələri arasındakı hissəyə düşür. Həmin hissədən əks edən şüalar damcı-hava sərhədinin **D** və **E** nöqtələri arasındakı hissəyə düşür. Orada şüalar sınaq damcıdan çıxır. Məhz **D** və **E** nöqtələri arasındakı hissədən çıxan şüalar göyqurşağını əmələ gətirir.

Şəkil 2.52-də soldan üzərinə Günəş şüası düşən iki yağış damcısı göstərilir. Üst damcıdan müşahidəçinin gözüne çatan işıq qırmızı, aşağıdan gələn işıq isə bənövşəyi rəngdədir. Bu iki damcı arasındakı yağış damcılarının spektrin digər rənglərinin işığını göyqurşağı müşahidəçisinin gözüne yayır. Hər bir rəngi müşahidə etmək üçün lazım olan görüş bucaqları təkcə şaquli xətt boyunca deyil, həm də



Şəkil 2.51.
Günəş şüasının su damcısında
rənglərə ayrılmasının sxemi



Şəkil 2.52.
Göyqurşağında
şüaların yayılması

yan tərəflərdə meydana gəldiyi üçün göyqurşağı əyri qövs kimi görünür.

Aparılan araşdırmalardan müəyyən olunmuşdur ki, Günəş şüaları ilə su damcılarında çıxan şüalar arasındakı bucaq 40° olduqda bənövşəyi, 42° olduqda isə qırmızı işıq görünür. Bu bucaqlar arasında spektrin bütün rəngləri görünür (bax: şəkil 2.52).

Cisimlərin rəngi

Cismin rəngi onun səthinin işığı əksətdirmə və udma xüsusiyyətlərindən asılıdır:

- əgər cisim üzərinə düşən işığın hamısını udursa, yəni qaytarmırsa, bu halda cisim qara görünəcək;
 - əgər cisim spektrin bütün rəngdə olan şüalarını qaytarırsa, o zaman cisim ağ rəngdə görünəcək;
 - əgər cisim üzərinə düşən işıq şüalarının qırmızı rəngdən başqa hamısını udursa, bu halda cisim qırmızı görünəcək;
 - əgər cisim yaşıl rəngli şüadan başqa üzərinə düşən bütün şüaları udursa, o, yaşıl görünəcək.
- Şəffaf cisimlərin, məsələn, şüşənin rəngini ondan keçən şüaları udduqdan sonra qalan şüanın rəngi müəyyənləşdirir.

Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

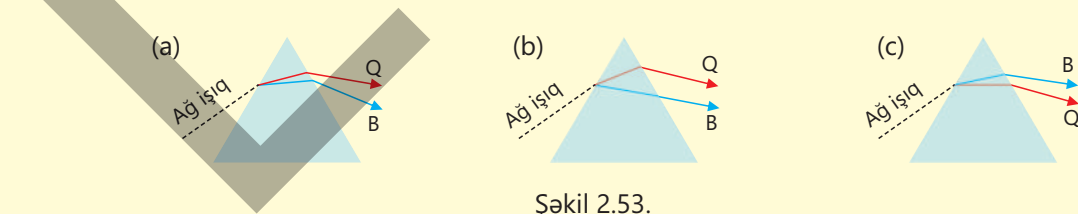
Məsələ. Göyqurşağı təbiətdə müşahidə olunan ən gözəl optik hadisədir.

Sual 1. Səhər Günəş doğanda göyqurşağını görmək üçün üzünüz hansı tərəfə durmaq lazımdır?

Sual 2. Göyqurşağının yaranması hansı optik hadisə nəticəsində baş verir?

Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. Şəkil 2.53-də verilən hansı prizmada ağ işığın şüşə prizmada sınıması düzgün təsvir edilmişdir?



Şəkil 2.53.

2. Şüşədə mavi işıq sarı işıqla müqayisədə daha kiçik sürətlə yayılır.

Sual 1. Hansı şüa şüşə prizmada daha çox sınırar?

Sual 2. Rəngli şüalardan hansı üçün şüşənin sındırma əmsalı daha böyükdür?

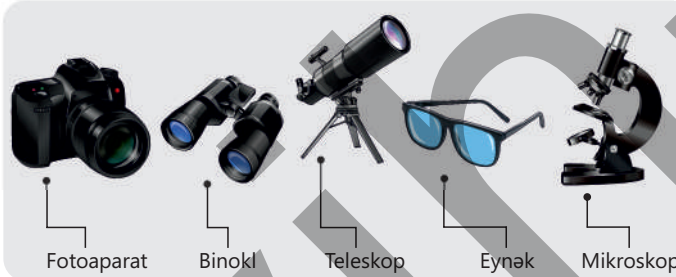
3. Göyqurşağının yaranma səbəbini izah edərkən "ışığın qayıtması" və "ışığın sınıması" anlayışlarından istifadə olunur. Lakin onlardan hansı işığın dispersiyasını yaradır?

2.4 LİNZALAR

- Həndəsi optika qanunları bizə nəhəng teleskoplardan eynəklərə qədər müxtəlif optik cihazların işini layihələndirməyə və hesablamağa imkan verir. Bütün optik cihazların, demək olar, əsas hissəsi linzalardır.

2.4.1 Linzalar. Linzaların əsas elementləri

Çox güman ki, fotoaparatdan istifadə etmişsiniz, binokl, teleskopla tanışsınız, biologiya dərslərində mikroskopla işləmişsiniz. Aranızda, yəqin ki, eynək taxan da var.



- Sizcə, adıçəkilən bu cihazların quruluş və iş prinsipində ortaq cəhət nədir?

Açar sözlər linza, qabarıq linza, çökük linza, nazik linza, linzanın fokusu, baş optik ox, fokal müstəvi, optik mərkəz

Linzalar

Şəkil 2.54-də çoxunuza tanış olan "böyüdücü" və "kiçildici" şüşələr təsvir olunmuşdur. Belə şüşələr *linza* (lat: *lens* – mərcimək deməkdir) adlanır.

- *Linza sferik səthlərlə (bəzən səthlərdən biri müstəvi də olur) hüdudlanmış şəffaf cisimdir.*

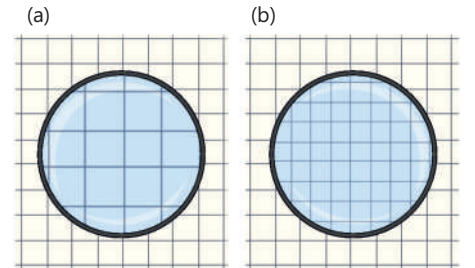
Linzalar iki növ olur: *qabarıq və çökük*.

- *Qabarıq linzalar – orta hissəsi kənarlarına nisbətən qalın olan linzalara deyilir.*
- *Çökük linzalar – orta hissəsi kənarlarına nisbətən nazik olan linzalara deyilir.*

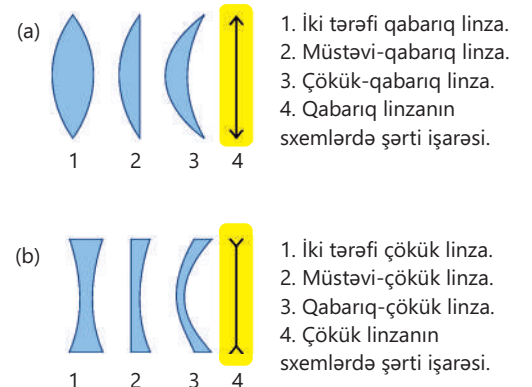
Şəkil 2.55, a və b-də uyğun olaraq qabarıq və çökük linzaların müxtəlif növlərinin kəsikdə və sxemlərdəki şərti işarələri təsvir edilmişdir. Havada qabarıq şüşə linzanın üzərinə düşən işıq şüaları sındıqdan sonra bir nöqtədə toplandığına görə o, *toplayıcı linza* adlanır (bax: şəkil 2.57).

Havada çökük şüşə linzanın üzərinə düşən işıq şüaları sındıqdan sonra səpildiyinə görə o, *səpici linzadır* (bax: şəkil 2.58).

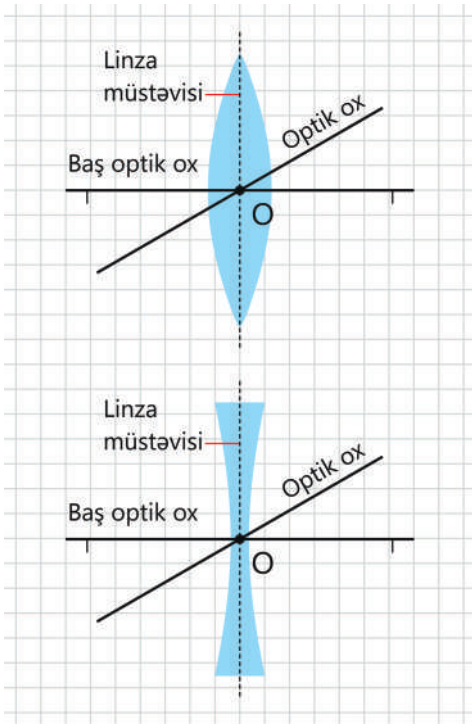
Belə linzalar cismi kiçildilmiş göstərir.



Şəkil 2.54. Böyüdücü və kiçildici şüşələr



Şəkil 2.55. Qabarıq və çökük linzalar



Şəkil 2.56.
Linza müstəvisi.

Linzanın əsas elementləri

Linzaların əsas elementlərini və xüsusiyyətlərini öyrənilməsini sadələşdirmək məqsədilə *nazik linzadan* istifadə edilir.

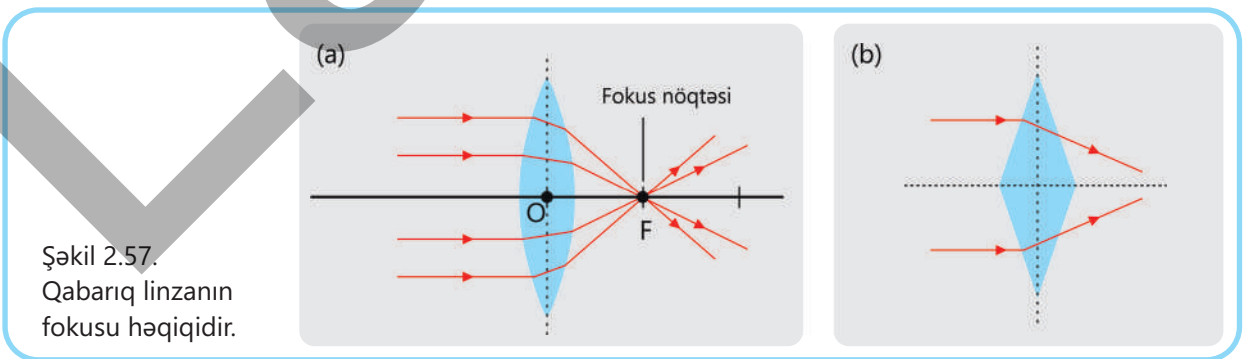
- *Nazik linza* – qalınlığı linzanın bütün digər ölçülərindən çox kiçik olan linzaya verilən addır.

Nazik linza modeli linzanın qalınlığının fokus məsafəsi ilə müqayisədə çox kiçik olduğu halda tətbiq olunur.

Nazik linza ilə işləyərkən onun linza müstəvisi adlanan səth üzərində yerləşdiyi qəbul edilir (şəkil 2.56).

- *Linzanın optik mərkəzi* – linzadan keçən işıq şüasının sınımaya uğramadığı O nöqtəsidir (bax: şəkil 2.56).
- *Linzanın baş optik oxu* – linzanın optik mərkəzindən keçən və linza müstəvisinə perpendikulyar olan düz xətdir.
- *Linzanın optik oxu* – optik mərkəzdən keçən ixtiyari düz xətdir. Optik mərkəzdən istənilən sayda düz xətt keçirmək mümkün olduğuna görə linzanın sonsuz sayda optik oxu vardır.
- *Qabarıq linzanın baş fokusu* – linzanın baş optik oxuna paralel düşən işıq şüaları linsada sındıqdan sonra baş optik ox üzərində kəsişdiyi yer olub F hərfi ilə işarə olunur. Baş fokusun yerləşdiyi nöqtə fokus nöqtəsi və ya fokal nöqtə adlanır.

Qabarıq linzanın fokusu həqiqidir, çünki orada linsada sınıyan şüaların özləri kəsişir (şəkil 2.57, a). Havada qabarıq linzanın toplayıcı xassəsini anlamaq üçün işıq şüalarının bu linsadakı yolunu onların iki şüşə prizmadakı yolu ilə müqayisə etmək kifayətdir (şəkil 2.57, b).



Şəkil 2.57.
Qabarıq linzanın fokusu həqiqidir.

- *Çökük linzanın baş fokusu* – bu linzanın baş optik oxuna paralel düşən işıq şüaları sındıqdan sonra onların uzantılarının kəsişdiyi yerdir.

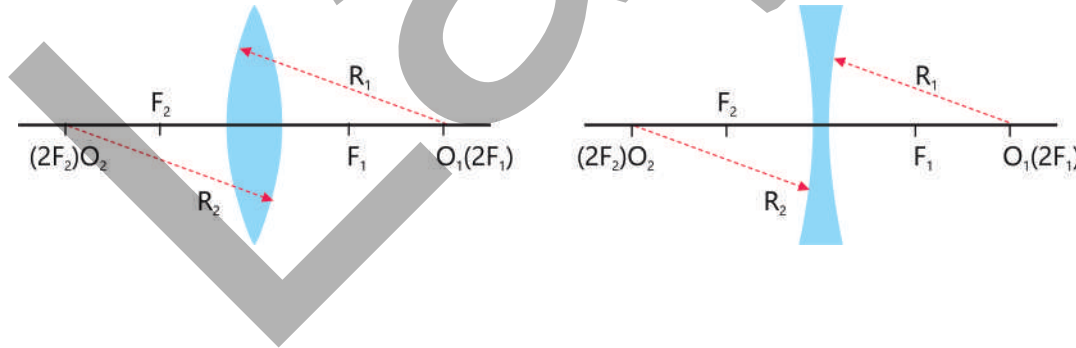
Çökük linzanın fokusu mövhumidir, çünki orada linzada sınan şüaların özləri deyil, uzantıları kəşisir (şəkil 2.58, a). Havada çökük şüşə linzanın səpici xassəsini anlamaq üçün işıq şüalarının bu linzadakı yolunu onların iki şüşə prizmadakı yolu ilə müqayisə etmək kifayətdir (şəkil 2.58, b).

• *Fokal müstəvi* – lınzanın baş fokusundan (fokal nöqtəsindən) baş optik oxla perpendikulyar keçirilən müstəvidir.

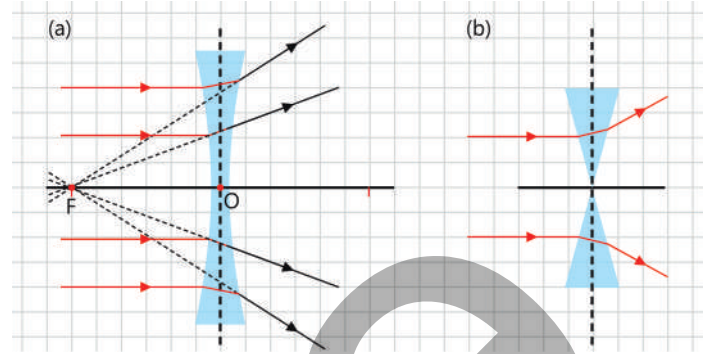
Lınzanın bütün optik oxlarının fokal müstəvi ilə kəşidyi nöqtələr həmin oxla görə lınzanın fokuslarıdır. Toplayıcı linzada ixtiyari optik oxla paralel düşən işıq şüaları linzada sındıqdan sonra fokal müstəvinin həmin optik oxla kəşidyi nöqtədə, yəni lınzanın fokusunda toplanır (şəkil 2.59).

• *Lınzanın fokus məsafəsi (və ya fokal məsafəsi)* – lınzanın optik mərkəzi ilə fokusu arasındakı məsafədir. Fokus məsafəsi **F** hərfi ilə işarə olunur və BS-də vahidi metrdir: $[F] = 1 \text{ m}$.

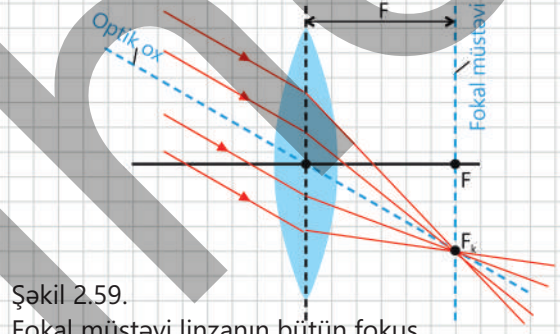
İki tərəfi qabarıq (və ya çökük) linzanın iki fokus nöqtəsi və iki ayrilik mərkəzi (O_1 və O_2 nöqtələri) var. Həmin nöqtələr baş optik ox üzərində olmaqla bircins mühitdə lınzanın hər iki tərəfində eyni məsafədə yerləşir, yəni $F_1 = F_2$ və $R_1 = R_2$ (şəkil 2.60).



Şəkil 2.60. İki tərəfi qabarıq (və ya çökük) linzanın fokal nöqtəsi və ayrilik mərkəzi



Şəkil 2.58. Çökük linzanın fokusu mövhumidir

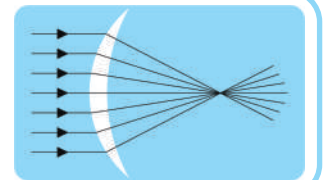


Şəkil 2.59. Fokal müstəvi lınzanın bütün fokus nöqtələrinin həndəsi yeridir

Qeyd. İki tərəfi qabarıq simmetrik lınzanın bircins mühitdə ayrilik radiusu lınzanın ikiqat fokus məsafəsinə bərabərdir, yəni $R = 2F$.

• DÜŞÜN
• MÜZAKİRƏ ET
• PAYLAŞ

Şəkilə çökük-qabarıq linza üzərinə soldan paralel düşən şüaların sınaq linzadan sağ tərəfdə kəşiməsi təsvir edilmişdir. Əgər paralel şüalar linza üzərinə sağdan düşərsə, sınan şüalar hansı yolu gedəcək? Sxemi çəkməklə cavabınızı əsaslandırın.



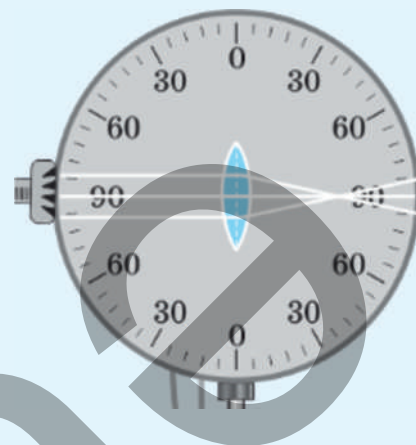
Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

Linzanın fokus məsafəsi dəyişdimi?

Ləvazimat: optik disk, qabarıq şüşə linza, karandaş, xətkəş.

İşin gedişi

1. Qabarıq linzanı optik diskin mərkəzinə bərkidin və mənbədən çıxan paralel işıq şüasını baş optik ox boyunca lınzanın üzərinə yönəldin. Sınan şüaların disk üzərində kəsişdiyi fokus nöqtəsini karandaşla işarələyin və təcrübənin sxemini iş vərəqinə çəkin (şəkil 2.61).
2. Təcrübədə təyin olunan fokus məsafəsini ölçüb iş vərəqində çəkdiyiniz sxemin üzərində qeyd edin.
3. Paralel şüaların linza səthinə düşmə bucağını bir neçə dəfə dəyişməklə təcrübəni təkrarlayın. Hər dəfə lınzada sınan şüaların kəsişmə nöqtəsini karandaşla disk üzərində işarələyin və fokus məsafəsini ölçüb iş vərəqində çəkdiyiniz uyğun sxemdə qeyd edin.



Şəkil 2.61.

Müzakirə edin

- Linza üzərinə paralel düşən şüaların düşmə bucaqlarını dəyişməklə lınzanın fokus məsafəsi necə dəyişdi? Təcrübədən hansı nəticəyə gəldiniz?

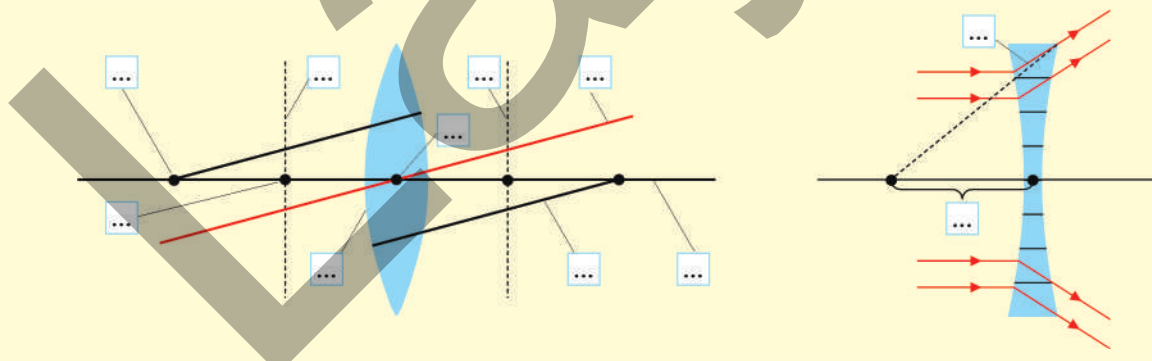
Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. Lınzanın elementləri arasında "baş optik ox" və "optik ox" anlayışlarından istifadə olunur.

Sual 1. Bu anlayışlar arasında nə fərq var?

Sual 2. Lınzanın neçə baş optik oxu və neçə optik oxu vardır?

2. "Lınzanın baş fokusu" və "fokus məsafəsi" anlayışları nə deməkdir? Cavabınızı sxem çəkməklə əsaslandırın.
3. Verilən sxemi iş vərəqində çəkin və nöqtələrin yerinə lınzanın uyğun elementini qeyd edin.



2.4.2 Linzalarda cismin xəyalının qurulması

• Jül Vernin "Kapitan Haterasın səyahəti və macəraları" romanında oxuyuruq: "Cəsur kapitan Haterasın yol yoldaşı olan doktor Klobonni ixtiraçı bir insan idi. Onlar Arktika ekspedisiyası zamanı bir dəfə çətin vəziyyətdə qaldılar – qırx səkkiz dərəcə şaxtada kibritsiz! Nə etməli? Doktor Klobonni özünü itirmədi, o, baltanı götürüb və onun köməyi ilə çürümüş odunu alovlandırdı".

• **Fərziyyənizi söyləyin: sizcə, əsərdə cümlədəki nöqtələrin yerində nə yazılmışdı? Doktor Klobonni çürümüş odunu kibritsiz necə yandırdı?**

• Biz isə fizikadan maraqlı faktlara dair biliklərimizi praktikada geniş tətbiq olunan linzaların xassələrini öyrənməklə zənginləşdirməkdə davam edirik.

- **Sizcə, qabarıq linzada cismin həm həqiqi və həm də mövhumi xəyalını almaq mümkündürmü? Əgər mümkündürsə, bu necə əldə edilir?**
- **Çökük linzada hansı növ xəyallar alınır və bu xəyalların linzadan olan məsafəsi nədən asılıdır?**

Açar sözlər cisim məsafəsi, xəyal məsafəsi, ikiqat fokus, həqiqi xəyal, mövhumi xəyal

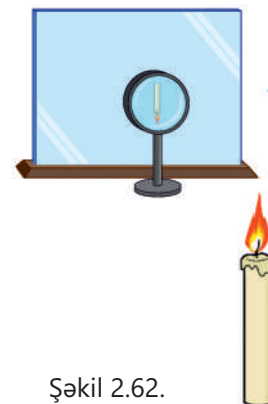
FƏALİYYƏT

Cismin linzada alınan xəyalı nədən asılıdır?

Ləvazimat: fokus məsafəsi məlum olan hər iki tərəfi qabarıq linza, şam, kibrit, ekran, həssas elektron termometr.

İşin gedişi

1. Masa üzərində bir düz xətt boyunca ekran, linza və həmin linzanın ikiqat fokus məsafəsindən uzaqda ($d > 2F$) yanan şam yerləşdirin.
2. Şam alovunun aydın xəyalı görünənə qədər ekranı linzaya yaxınlaşdırıb uzaqlaşdırın (şəkil 2.62). Ekranda alovun xəyalı alınan yerin temperaturunu ölçün və onu otaq temperaturu ilə müqayisə edin.
3. Şamı linzanın ikiqat fokusu ilə fokusu arasında yerləşdirib təcrübəni 2 bəndinə uyğun təkrarlayın.



Şəkil 2.62.

Müzakirə edin

1. Ekranda alınan xəyallarla cismin (alovun) müqayisəsindən hansı fərqləri müşahidə etdiniz?
2. Xəyalların həqiqi və ya mövhumi ola bilməsi haqqında nə kimi mülahizə söyləmək olar?
3. Xəyalların alındığı yerin temperaturu ilə otaq temperaturu arasında nə fərq müəyyən etdiniz? Bu fərq nəyi göstərir?
4. Təcrübədən xəyalın xarakteristikası (həqiqi və ya mövhumi olması, ölçüsü, düzünə və ya çevrilmiş görüntüsü) haqqında hansı nəticəyə gəlmək olar?



Linzalarda xəyalların qurulması üçün hansı şüalardan istifadə etmək əlverişlidir?

1. Toplayıcı linzada xəyalların qurulması

İxtiyari linzanın ən mühüm xüsusiyyəti ondan ibarətdir ki, nöqtənin linzada xəyalı da nöqtədir.

Buradan belə nəticə çıxır ki, verilən nöqtənin linzada xəyalını qurmaq üçün həmin nöqtədən çıxan və linzadan keçən yalnız iki müxtəlif şüanın yolunu çəkmək kifayətdir. Bu şüaların və ya onların uzantılarının kəsişmə nöqtəsi verilən nöqtənin xəyalı olacaq.

Adətən, linzada hər hansı nöqtənin xəyalını qurmaq üçün aşağıda təqdim olunan əlverişli hesab edilən şüalardan (linzada sındıqdan sonra istiqaməti məlum olan şualar) istifadə etmək sərfəlidir:

1) optik mərkəzdən keçən şüa linzanın iki səthindən sınır, lakin bu iki sınıma bir-birini kompensasiya edir – şüa öz ilkin istiqamətini saxlayır (şəkil 2.63);

2) linzanın baş optik oxuna paralel olan şüa, – toplayıcı linzada sınıq şüa linzanın fokusundan keçir (şəkil 2.64);

3) linzanın fokusundan keçən şüa, – o, toplayıcı linzada sındıqdan sonra baş optik oxa paralel istiqamətdə yayılır (şəkil 2.65).

Beləliklə, yuxarıda deyildiyi kimi, linzada hər hansı nöqtənin xəyalını qurmaq üçün bu şüalardan ixtiyari ikisindən istifadə etmək kifayətdir.

Toplayıcı linza cismin beş halda həqiqi, bir halda mövhumı xəyalını verir. Onlarla tanış olaq.

Qeyd. Baş optik ox üzərində yerləşən və ona perpendikulyar olan AB cisminin xəyalını qurarkən B nöqtəsinin B' xəyalı əlverişli şüalardan ikisindən istifadə etməklə qurulur, daha sonra B nöqtəsindən baş optik ox üzərində ona endirilən perpendikulyar A' xəyalını verəcək.

1-ci hal. Cisim linzadan sonsuz uzaq məsafədədir, yəni $d \rightarrow \infty$.

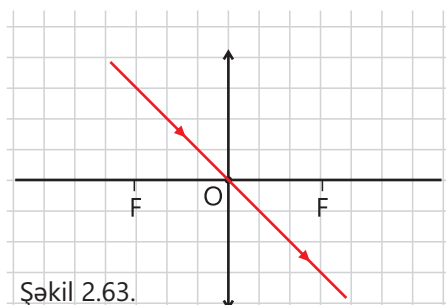
Həqiqi xəyal linzanın fokusunda alınır (sonsuzluqdan gələn şualar paralel olduğundan linzada sınıraq onun fokusunda toplanır), yəni $f = F$.

Burada d – cisim məsafəsi (cisimdən linzaya qədərki məsafə), f – xəyal məsafəsi (xəyaldan linzaya qədərki məsafə), F – fokus məsafəsidir.

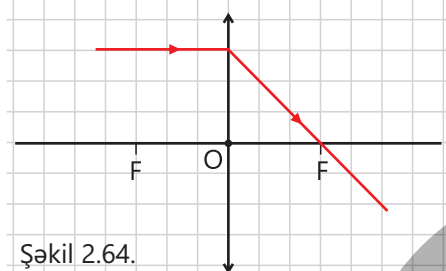
2-ci hal. Cisim linzanın ikiqat fokusundan uzaqda olduqda, yəni $d > 2F$ olarsa, onun xəyalı həqiqi, kiçildilmiş və tərsinə çevrilmiş alınır. Xəyal linzanın fokusu ilə ikiqat fokusu arasında yerləşir:

$$2F > f > F.$$

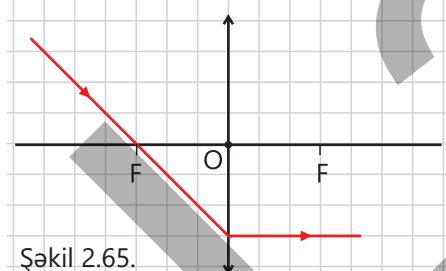
Şəkil 2.66-da AB cisminin xəyalının (A'B') qurulma sxemi təsvir edilmişdir.



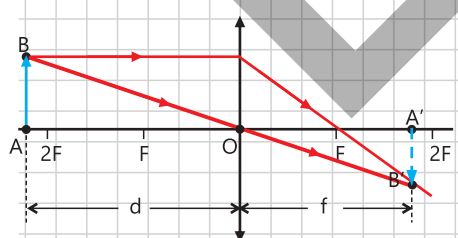
Şəkil 2.63.



Şəkil 2.64.

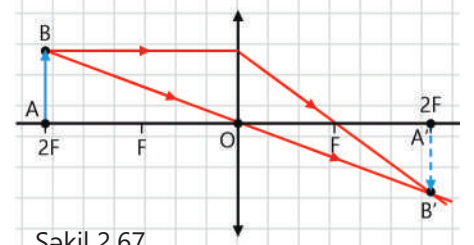


Şəkil 2.65.



Şəkil 2.66.

3-cü hal. *Cisim linzanın ikiqat fokusunda olduqda, yəni $d = 2F$ olarsa, onun xəyalı linzanın ikiqat fokusunda alınır ($f = 2F$). Xəyal həqiqi, özü boyda və tərsinə çevrilmiş olur (şəkil 2.67).*

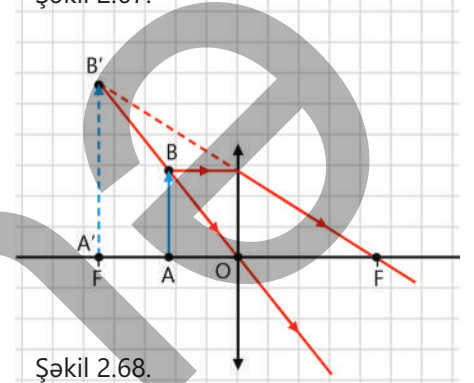


Şəkil 2.67.

4-cü hal. *Cisim linzanın fokusu ilə ikiqat fokusu arasında olduqda, yəni $2F > d > F$ olarsa, onun xəyalı həqiqi, böyüdülmüş və tərsinə çevrilmiş alınır. Xəyal linzanın ikiqat fokus məsafəsindən uzaqda yerləşir: $f > 2F$.*

5-ci hal. *Cisim linzanın fokusunda olduqda, yəni $d = F$ olarsa, onun xəyalı sonsuzluqda alınır. Çünki linzada sınıq şüalar yollarını paralel davam etdirir: $f \rightarrow \infty$.*

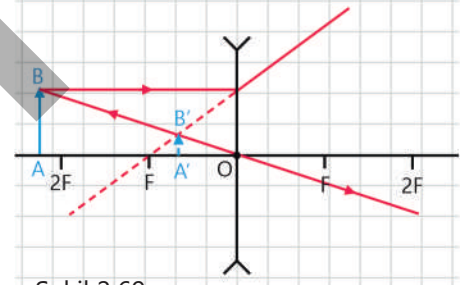
6-cı hal. *Cisim linza ilə onun fokusu arasında olduqda, yəni $d < F$ olarsa, onun xəyalı linzanın cisim qoyulduğu tərəfində ondan arxada – mövhumi, düzünə, böyüdülmüş alınır (şəkil 2.68).*



Şəkil 2.68.

2. Səpici linzada xəyalın qurulması

Səpici linzanın fokusu mövhumi olduğundan cisim məsafəsindən asılı olmayaraq bütün hallarda xəyal mövhumi, kiçildilmiş və düzünə alınır. Xəyal cisimlə linza arasında yerləşir. Şəkil 2.69-da əlverişli şüaların köməyi ilə səpici linzanın ikiqat fokusundan uzaqda yerləşən AB cisminin xəyalının qurulma sxemi göstərilmişdir.



Şəkil 2.69.

Beləliklə, linzalarda cisimlərin xəyallarının alınma xüsusiyyətlərini belə ümumiləşdirmək olar:

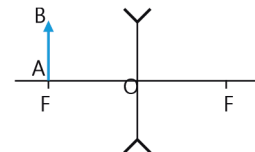
– *Cisim məsafəsi ilə toplayıcı linzanın fokus məsafəsi arasında münasibətin $d \geq F$ olduğu bütün hallarda toplayıcı linza cismin həqiqi xəyalını verir. Həqiqi xəyal həmişə tərsinə çevrilmiş olur.*

– *Cisim məsafəsi linzanın fokus məsafəsindən kiçik olduğu ($d < F$) halda isə toplayıcı linzada cismin mövhumi xəyalı alınır. Toplayıcı linzada mövhumi xəyal düzünə və böyüdülmüş olur.*

– *Səpici linzanın fokusu mövhumi olduğundan cisim məsafəsindən asılı olmayaraq bütün hallarda xəyal mövhumi, kiçildilmiş, düzünə və cisimlə linza arasında olur.*

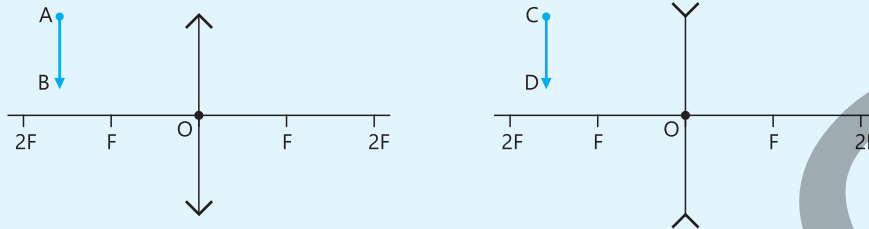
• DÜŞÜN
• MÜZAKİRƏ ET
• PAYLAŞ

Cisim səpici linzanın baş fokusunda yerləşərsə, onun xəyalı hansı xüsusiyyətlərə sahib olar? Sxemi iş vərəqinə köçürün və cavabınızı cismin xəyalını qurmaqla əsaslandırın.



Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

Məsələ. Şəkil 2.70-də təsvir edilən sxemi iş vərəqinə köçürün. Əlverişli şüalardan istifadə edərək uyğun linzalarda AB və CD cisimlərinin xəyalını qurun.



Şəkil 2.70.

Müzakirə edin

- Hansı cismin həqiqi, hansının mövhumi xəyalı alındı?
- Xeyalların həndəsi xarakteristikaları haqqında nə demək olar?

Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. Linzalarda cisimlərin xəyalını qurmaq üçün hansı şüalardan istifadə etmək əlverişlidir? Bu şüaları sxem çəkməklə göstərin.
2. Qabarıq linzada mövhumi, çökük linzada həqiqi xəyal almaq mümkündürmü? Cavabınızı sxem çəkməklə əsaslandırın.
3. Şəkil 2.71-də MN baş optik oxu, AB cismi və onun A'B' xəyalı təsvir edilmişdir.



Şəkil 2.71.

Sual 1. Sxem çəkməklə linzanın optik mərkəzinin və fokuslarının yerini müəyyən edin.

Sual 2. A'B' xəyalı hansı növ linza tərəfindən alınmışdı – qabarıq, yoxsa çökük? Bu xəyal mövhumdür, yoxsa həqiqi? Cavabınızı əsaslandırın.

2.4.3 Nazik linza düsturu: linzanın xarakteristikaları arasında əlaqə

Cavid və Lalə lupa (böyüdücü şüşə) ilə bağdakı çiçəklərin yarpaqlarının səthindəki həşəratlar üzərində müşahidə aparırdılar. Onlar lupanı yarpaqlara yaxınlaşdırıb çox xırda cücülərə maraqla baxırdılar.

Cavid Laləyə dedi:

– Mənim lupam cücüləri səninkindən daha çox böyüdür.

Lalə cavabında:

– Mənim lupam cücüləri səninkindən daha yaxın göstərir.



- **Linzanın böyütməsini necə təyin etmək olar?**
- **Obyektin xəyalının (görüntüsünün) linzadan hansı məsafədə alındığını necə hesablamaq olar?**

Açar sözlər lınzanın istehsal tənliyi, nazik linza düsturu, optik qüvvə, lınzanın xətti böyütməsi

1. Lınzanın istehsal tənliyi

Lınzanın fokus məsafəsi linza materialının iki xarakteristikasından asılıdır:

- lınzanın səthinin əyriliyindən;
- lınzanın materialının sındırma əmsalından.

Lınzanı adi pəncərə şüşəsindən fərqləndirən də məhz onun əyriliyidir. Sındırma əmsalı isə işıq şüasının havadan linzaya keçərkən (və sonra da ondan havaya çıxarkən) nə qədər sındığını müəyyən edir. Beləliklə, lınzanın fokus məsafəsi ilə onun bu iki xarakteristikasını ifadə edən kəmiyyətlər arasında mövcud olan qanunauyğunluq lınzanın istehsal tənliyi adlanır və o belə ifadə edilir:

$$\frac{1}{F} = (n - 1) \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right). \quad (1)$$

Burada F – lınzanın fokus (və ya fokal) məsafəsi, n – lınzanın istehsal olunduğu materialın sındırma əmsalı, R_1 və R_2 isə lınzanın iki səthinin əyrilik radiuslarıdır.

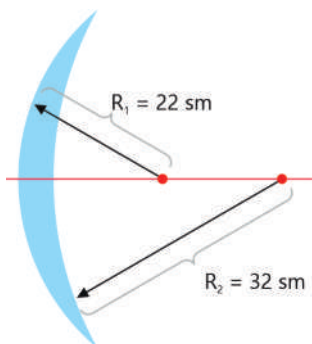
Məsələ 1.

Şəkil 2.72-də çökük-qabarıq linza təsvir olunmuşdur. Onun qabarıq səthinin əyrilik radiusu 22 sm, çökük səthinin əyrilik radiusu isə 32 sm-dir. Linza şüşəsinin sındırma əmsalı 1,52-dir. Bu lınzanın fokus məsafəsi nəyə bərabərdir?



Həlli. Bunun üçün linzanın istehsal tənliyi yazılır və verilənlər nəzərə alınmaqla tənlik həll edilir. Lakin nəzərə alınmalıdır ki, linzanın bir səthi çökükdür, ona görə də bu səthin əyrilik radiusu mənfi işarə ilə götürüləcək.

Beləliklə:



Şəkil 2.72. Çökük-qabarıq linzanın əyrilik radiusları.

Verilir	Həlli
$R_1 = 22 \text{ sm},$ $R_2 = 32 \text{ sm},$ $n = 1,52.$ $F = ?$	$\frac{1}{F} = (n - 1) \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{-R_2} \right).$
Hesablanması	
	$\frac{1}{F} = (1,52 - 1) \cdot \left(\frac{1}{22} + \frac{1}{-32} \right) \frac{1}{\text{sm}} = 0,52 \cdot (0,046 - 0,031) \frac{1}{\text{sm}} = 0,0078 \frac{1}{\text{sm}}.$
	$F = \frac{1}{0,0078} \text{ sm} = 128,2 \text{ sm}.$

2. Nazik linza düsturu

FƏALMƏT

Xəyal məsafəsini linzanın xarakteristikalarına görə təyin etmək olarmı?

Məsələ 2.

Toplayıcı linzanın baş optik oxu üzərində olan obyektin cisim məsafəsi $d = 28 \text{ sm}$ -dir. Onun ekranda 5 dəfə böyüdülmüş həqiqi xəyalı alındı. Xəyal məsafəsini (f) təyin edin.

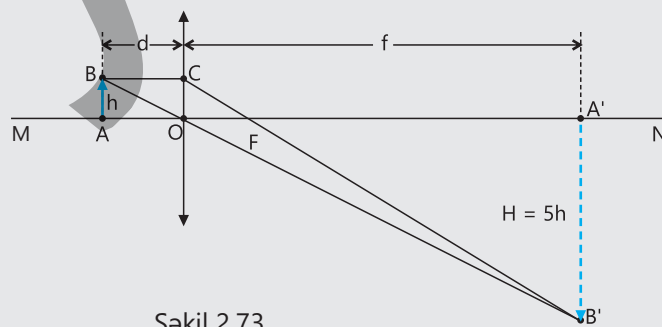
İPUCU

Məsələnin həll alqoritmi aşağıdakı ardıcıl addımlardan ibarətdir:

1-ci addım. Verilənlərə uyğun xəyalın alınma sxemi qurulur (bax: şəkil 2.73).

2-ci addım. Üçbucaqların oxşarlıq teoremi tətbiq edilərək axtarılan kəmiyyət təyin olunur. Sxemdən görüldüyü kimi, ABO və $A'B'O$ üçbucaqları oxşardır. Buradan alınır ki:

$$\frac{H}{h} = \frac{f}{d} \rightarrow f = \frac{d \cdot H}{h}.$$



Şəkil 2.73.

Cisim, xəyal və fokus məsafələrini bir-biri ilə əlaqələndirən ümumi qanunauyğunluq linza düsturu ilə ifadə olunur. Siz məsələ 2-də bu düsturun çıxarılışına başladınız.

Belə ki, ABO və $A'B'O$ üçbucaqlarının oxşarlığından:

$$\frac{H}{h} = \frac{f}{d}. \quad (2)$$

Burada d – cisim məsafəsi, f – xəyal məsafəsidir.

COF və A'B'F üçbucaqlarının oxşarlığından isə alınır ki (bax: şəkil 2.73):

$$\frac{H}{h} = \frac{f-F}{F}. \quad (3)$$

(2) və (3) ifadələrinin müqayisəsindən:

$$\frac{f}{d} = \frac{f-F}{F}.$$

Buradan alınır ki:

$$fF = df - dF \text{ və ya } df = fF + dF.$$

Axırıncı ifadənin bütün hədlərini Fdf hasilinə böldükdə alınır ki:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}. \quad (4)$$

(4) ifadəsi həqiqi xəyal verən *nazik linza düsturudur*.

Əgər toplayıcı linzada xəyal mövhumi alınarsa, bu halda xəyal məsafəsi mənfi olduğundan nazik linza düsturunu aşağıdakı kimi də yazmaq olar, yəni:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{|f|}. \quad (5)$$

Nazik linza düsturunda fokus məsafəsinin tərs qiymətinə bərabər olan fiziki kəmiyyət lınzanın optik qüvvəsi adlanır. Optik qüvvə **D** hərfi ilə işarə olunur:

$$\frac{1}{F} = D. \quad (6)$$

Optik qüvvənin BS-də vahidi dioptriya (1 dptr).

• 1 dioptriya – fokus məsafəsi 1 m olan toplayıcı lınzanın optik qüvvəsidir:

$$[D] = \frac{1}{[F]} = \frac{1}{m} = 1 \text{ dptr.}$$

(6) ifadəsini (4)-də nəzərə aldıqda nazik linza düsturunu belə də yazmaq olar:

$$D = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}. \quad (7)$$

Səpici linzada baş fokus nöqtəsi və xəyal mövhimidir. Bu halda fokus məsafəsi və xəyal məsafəsi mənfi olduğundan onlara qədər məsafəni müəyyən edən hədlərinin qarşısında mənfi işarəsi yazılır, yəni:

$$-\frac{1}{|F|} = \frac{1}{d} - \frac{1}{|f|} \quad (8)$$

(4) və (8) düsturlarından görüldüyü kimi, *toplayıcı lınzanın fokus məsafəsi və optik qüvvəsi müsbət, yəni $F > 0, D > 0$, səpici lınzanın fokus məsafəsi və optik qüvvəsi isə mənfidir, yəni: $F < 0, D < 0$.*

Cismin linzada alınan xəyalının xətti ölçüsünü öz ölçüsü ilə müqayisə etmək üçün *lınzanın xətti böyütməsi* adlanan kəmiyyətdən istifadə olunur:

• *Lınzanın xətti böyütməsi – xəyalın xətti ölçüsünün cismin xətti ölçüsünə və ya xəyal məsafəsinin cisim məsafəsinə nisbətində bərabər fiziki kəmiyyətdir.* Lınzanın xətti böyütməsi Γ (qamma) hərfi ilə işarə edilir:

$$\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{|f|}{d}. \quad (9)$$

Əgər $|\Gamma| > 1$ olarsa, xəyal byüdülmüş, $|\Gamma| < 1$ olarsa, xəyal kiçildilmiş, $|\Gamma|=1$ olarsa isə xəyal özü boyda alınacaq.

Cisim qabarıq linzanın ikiqat fokusunda yerləşərsə, onun böyütməsi nəyə bərabər olar? Cavabınızı əsaslandırın.

Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

Məsələ 3. Cisim fokus məsafəsi 15 sm olan linzadan 30 sm məsafədədir.

Sual 1. Cismin xəyal məsafəsi nəyə bərabərdir?

Sual 2. Linzanın optik qüvvəsi neçə dioptriyaadır?

Sual 3. Linzanın xətti böyütməsi nə qədərdir?

Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. Cavid 1 qəpiklik dəmir pulu optik qüvvəsi +8 dptr olan lupadan 5 sm məsafədə yerləşdirib diqqətlə nəzərdən keçirirdi.

Sual 1. Böyüdücü şüşənin fokus məsafəsi nəyə bərabərdir?

Sual 2. Qəpiyin xəyalı lupadan hansı məsafədə daha aydın görünür?

Sual 3. Lupa hansı xəyalı verir – həqiqi, yoxsa mövhumi?

2. Bir linzanın optik qüvvəsi $-3,5$ dptr, digərinin isə $+3,5$ dptr-dir. Bu linzalar arasında nə fərq var?

3. Cisim linzadan 1 m məsafədə yerləşir. Onun mövhumi xəyalı isə linzadan 25 sm məsafədə alınmışdır.

Sual 1. Linzanın fokus məsafəsi və optik qüvvəsi nəyə bərabərdir?

Sual 2. Bu hansı növ linzadır – qabarıq, yoxsa çökük?

2.4.4 Göz – təbii optik sistemdir

Mütəxəssislər müəyyən etmişlər ki, gözləri təzə açılmış körpələr hər şeyi alt-üst (tərsinə çevrilmiş) görürlər. Belə ki, işıq gözün buynuz qişasından və göz bəbəyindən keçdikdə sınaq gözün arxasında yerləşən torlu qişasında tərsinə çevrilmiş şəkildə proyeksiyanır. Yeni doğulan körpələrin görmə sistemi hələ tam formalaşmadığından onların beyinləri bu siqnalları təfsir etməyi tədricən öyrənir. Məlum olmuşdur ki, körpələrdə normal görmə qabiliyyəti dörd aydan altı aya qədər formalaşır və onlar yalnız həmin vaxtdan sonra böyüklər kimi normal görməyə başlayırlar.



- Gözdə obyektlərin xəyalı həqiqətənmə tərsinə çevrilmiş alınır?
- İnsan gözü ilə görür, yoxsa beyni ilə?

Açar sözlər gözün optik sistemi, buynuz qişa, şəffaf maye, büllur, şüşəyəbənzər cisim, akkomodasiya, yaxındangörmə, uzaqdangörmə, eynək

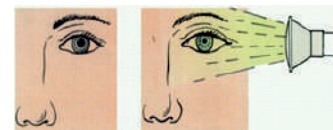
FƏALİYYƏT

Göz bəbəyi xarici təsirlərə görə niyə və necə dəyişir?

Ləvazimat: fənər, müstəvi güzgü.

İşin gedişi

1. Sınıf otağında pəncərələrin pərdələrini örtün. Güzgünü masa üzərində şaquli yerləşdirin (arxasına kitab qoymaqla) və göz bəbəklərinizə diqqət yetirin.
2. Fənəri yandırın və onu gicgahınıza yaxınlaşdırın. Bu zaman göz bəbəklərinin ölçülərinin necə dəyişdiyinə diqqət yetirin (şəkil 2.74).
3. Fənəri söndürün və bəbəklərinizdə baş verən dəyişikliyi bir daha güzgüdən müşahidə edin.



Şəkil 2.74.

Müzakirə edin

- Gözə parlaq işıq düşdükdə və işıq söndürüldükdə göz bəbəyində nə kimi dəyişikliklər müşahidə olundu?
- Göz bəbəyi xarici təsirlərə görə niyə və necə dəyişir?

Göz və onun görməsi

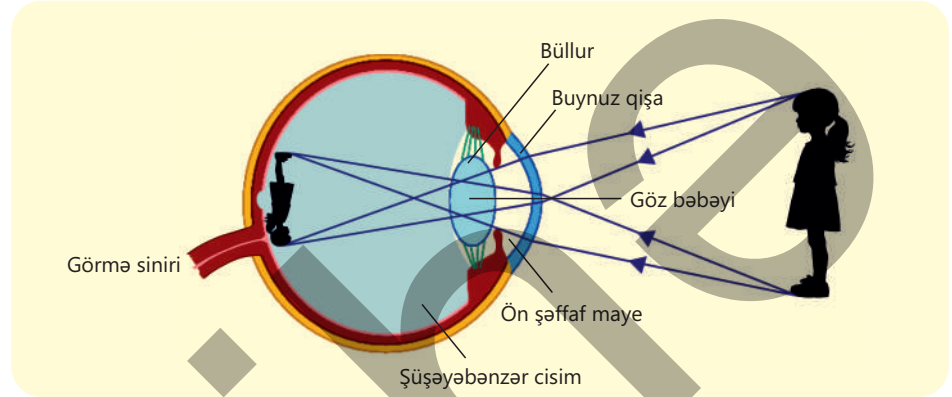
Bilirsiniz ki, insan ətraf aləm haqqında məlumatların 80%-dən çoxunu görmə hissiyyat orqanı vasitəsilə alır. Görmə orqanı olan göz – çox mükəmməl, mürəkkəb quruluşlu və eyni zamanda sadə təbii optik sistemdir.

Gözün optik sistemi işıq şüasını sındıran şəffaf elementlərdən – buynuz təbəqə, ön şəffaf maye, büllur və daxili şüşəyəbənzər cisimdən ibarət, optik qüvvəsi ≈ 60 dptr olan mürəkkəb sistemdir.

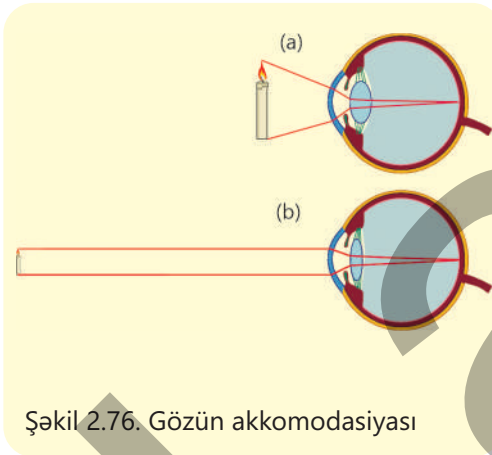
Gözə daxil olan işıq şüaları gözün optik sistemində sınaq torlu qişada gördüyümüz cisimlərin həqiqi, kiçildilmiş və tərsinə çevrilmiş xəyalını fokuslayır (şəkil 2.75).

Cismin gözdən olan məsafəsinin dəyişməsindən asılı olmayaraq onun torlu qişasındakı xəyalı həmişə aydın görünür. Bunun səbəbi göz büllurunun öz qabarıqlığını dəyişmək xassəsidir. Qabarıqlığın dəyişməsi isə onun əyrilik radiusunun və fokus məsafəsinin, yəni optik qüvvəsinin dəyişməsi deməkdir.

Şəkil 2.75.
Göz təbii optik sistemdir.



Göz büllurunun optik qüvvəsinin dəyişməsi **akkomodasiya** adlanır.



Şəkil 2.76. Gözün akkomodasiyası

Göz akkomodasiya nəticəsində uzaqda və yaxında olan cisimləri görməyə ani olaraq uyğunlaşır (lat. *akkomodasiya* – uyğunlaşma deməkdir). Məsələn, göz nisbətən yaxın cismə baxdıqda büllurun qabarıqlığı artır və ondan keçən işıq şüaları daha çox sınır (şəkil 2.76, a). Nəticədə cismin torlu qişasındakı xəyalı da böyük alınır. Cisim gözdən uzaqlaşdıqca büllurun qabarıqlığı azalır və onun torlu qişasında kiçildilmiş həqiqi xəyalı alınır (şəkil 2.76, b). Lakin akkomodasiyanın müəyyən bir həddi mövcuddur. Akkomodasiya həddi gözdən 12 sm-dir. Gözün optik sistemi bu həddən kiçik məsafələrdə yerləşən obyektlərin xəyalını torlu qişada fokuslaya bilmir. Sağlam göz üçün yaxın obyektləri rahat görməkdən ötrü ən uyğun məsafə təqribən 25 sm-dir. Bu məsafə ən yaxşı **görmə məsafəsi** adlanır.

?

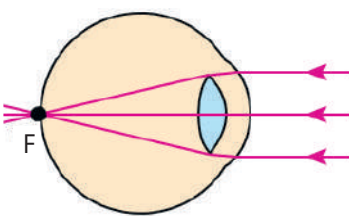
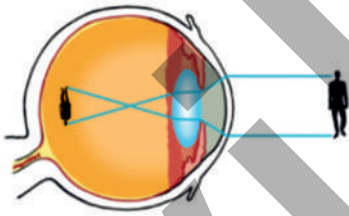
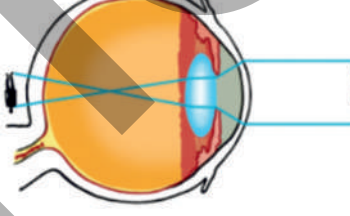
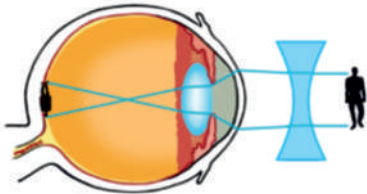
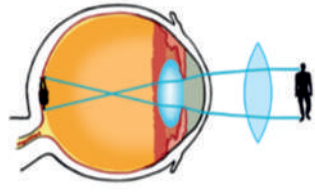
Gözün torlu qişasında cisimlərin xəyalı tərsinə alınır. Bəs biz onları niyə düzünə görürük?

Bu ona görə baş verir ki, görmə prosesində başqa hissiyyat orqanları da iştirak edir. Belə ki, torlu qişada alınan xəyalın təsiri ilə görmə sinirinin uçları qıcıqlanır. Bu qıcıqlanma baş beyinin görmə hissəsinə ötürülür, orada isə qəbul edilən vizual informasiyalar ani təhlil olunur: cismin ölçüsü, rəngi, işıqlanması, ona qədərki məsafə qiymətləndirilir. Nəticədə beyin ətraf aləmin görünən real mənzərəsini formalaşdırır. Deməli, göz beyinin görməsi üçün bir vasitədir.

•DÜŞÜN•MÜZAKİRƏ ET•PAYLAŞ•

1. Gözdə linza rolunu onun hansı hissəsi (və ya hissələri) oynayır?
2. Gözün torlu qişasında əşyaların xəyalı niyə həqiqi, kiçildilmiş və tərsinə çevrilmiş alınır?

Görmə qüsurları və onların korreksiyası

Normal görmə	Qüsurlu görmə	
	Yaxındangörmə (miopiya)	Uzaqdangörmə (hipermetriya)
<p>Sakit halda gözün optik sisteminin F fokusu torlu qişada yerləşir.</p>  <p>Torlu qişada uzaqdakı cisimlərin dəqiq xəyalları alınır.</p>	<p>Sakit halda gözün optik sisteminin F fokusu torlu qişadan öndə yerləşir.</p>  <p>Torlu qişada gözdən uzaqdakı cisimlərin bulanıq xəyalları alınır.</p>	<p>Sakit halda gözün optik sisteminin F fokusu torlu qişadan arxada yerləşir.</p>  <p>Torlu qişada gözə yaxın cisimlərin bulanıq xəyalları alınır.</p>
<p>Ən yaxşı görmə məsafəsi 25 sm-dir. Bu məsafədə göz gərginləşmədən kitabı rahat oxuyur.</p>	<p>Ən yaxşı görmə məsafəsi 25 sm-dən kiçikdir. Yaxındangörmə qüsurlu insan kitabı gözünə yaxın tutmaqla oxuya bilir.</p>	<p>Ən yaxşı görmə məsafəsi 25 sm-dən böyükdür. Uzaqdangörmə qüsurlu insan kitabı gözündən aralı tutmaqla oxuya bilir.</p>
<p>Gözün optik sisteminin optik qüvvəsi +60 dptr-dır.</p>	<p>Yaxından görən gözün qüsursuz gözə nisbətən göz alması uzun və optik qüvvəsi böyük olur. Görmədəki bu qüsuru aradan qaldırmaq üçün gözün optik qüvvəsi müəyyən vasitə ilə azaldılmalıdır. Səpici linzalı eynəklərin köməyi ilə yaxındangörməni aradan qaldırmaq olur. Belə ki, optik qüvvəsi "-" olan (məsələn: -2 dptr, -2,5 dptr və s.) linzalı eynək gözün optik qüvvəsini azaldır və cismin xəyalı qüsursuz gözdə olduğu kimi – gözün tor təbəqəsində alınır.</p> 	<p>Belə gözün optik qüvvəsi qüsursuz gözün optik qüvvəsindən kiçikdir. Görmədəki bu qüsuru aradan qaldırmaq üçün gözün optik qüvvəsi müəyyən vasitə ilə artırılmalıdır. Toplayıcı linzalı eynəklərin köməyi ilə uzaqdangörməni aradan qaldırmaq olur. Belə ki, optik qüvvəsi "+" olan (məsələn, +2 dptr, + 2,5 dptr və s.) linzalı eynək gözün optik qüvvəsini artırır və cismin xəyalı gözün tor təbəqəsində alınır.</p> 

Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

Məsələ. Optika dükənində

Optika dükənində rəflərdə müxtəlif linzalı eynəklərin üzərində bu işarələr yazılmışdı:

+2,5 dptr, -1,5 dptr, -0,75 dptr, +1 dptr, +6 dptr, -2,75 dptr.

Sual 1. Bu linzalı eynəklər kimlər üçün nəzərdə tutulub?

Sual 2. Onların fokus məsafələri uyğun olaraq nəyə bərabərdir?

Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. Niyə normal görmə qabiliyyəti olan insan həm uzaq, həm də yaxın obyektləri eyni dərəcədə aydın görə bilir?

2. Normal görmə qabiliyyəti olan insan gözünün aydın görməsi üçün cismi gözündən ən azı hansı məsafədə tutmalıdır?

3. Nənə qəzet oxuyanda onu gözündən aralı, baba qəzet oxuyanda isə əksinə, onu gözünə yaxın tutur.



Sual 1. Nənənin və babanın gözündə uyğun olaraq hansı görmə qüsuru var?

Sual 2. Bu qüsuru aradan qaldırmaq üçün onlar uyğun olaraq hansı linzalı eynəkdən istifadə etməlidirlər?



2.4.5 Optik cihazlar

Optik cihazlar insan fəaliyyətinin müxtəlif sahələrində əvəzsiz texniki vasitələrdən biridir. Onları təyinatlarına görə qruplaşdırmaq olar:

Məişətdə



Tibdə



Kosmik tədqiqatlarda



Hərbi sahədə



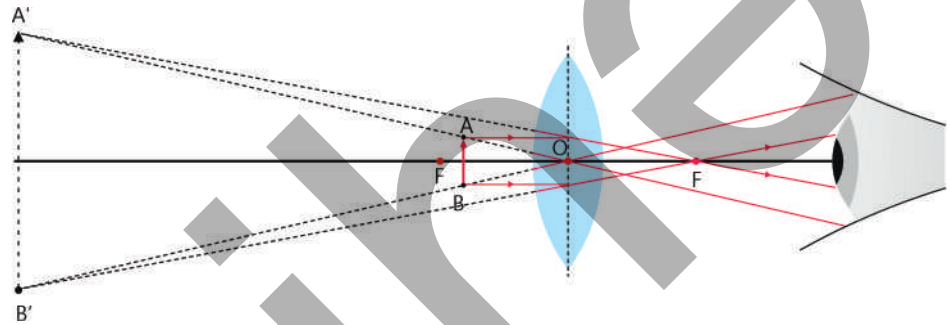
- Bu cihazların optik sistemlərinin ən mühüm hissələri nədən ibarətdir?
- Optik cihazlar işığın hansı qanunları əsasında işləyir?

optik sistem, lupa,
fotoaparət, teleskop,
mikroskop



Lupa

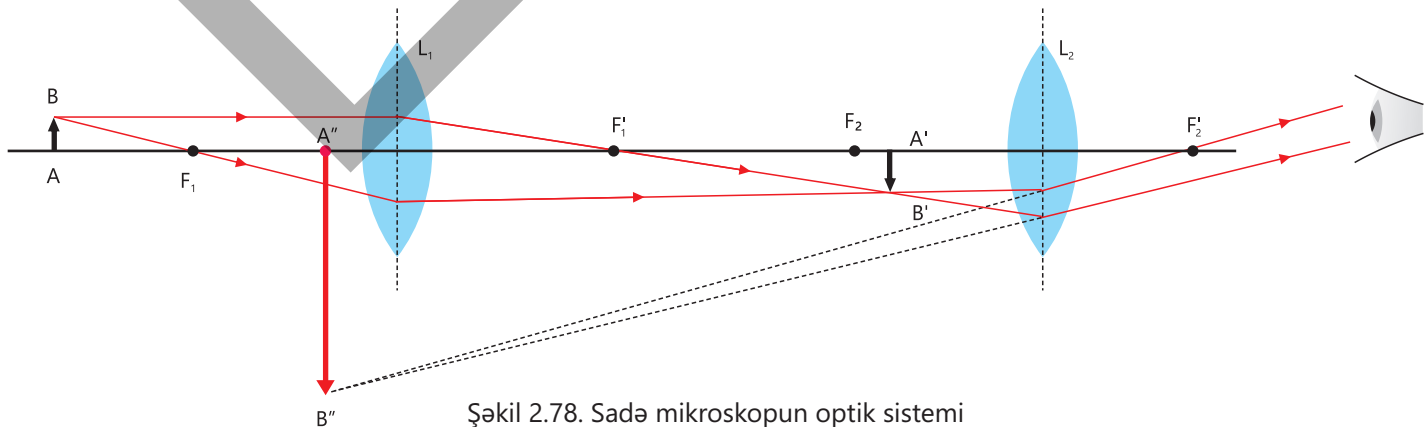
Lupa – kiçik əşyaların böyüdülmüş təsvirlərini almaq üçün nəzərdə tutulmuş ən sadə optik alətdir. Lupa kiçik fokus məsafəsi olan (adətən, 1–10 sm aralığında) toplayıcı (konveks) lenzadır. Kiçikölçülü AB cisminə baxmaq üçün o, lupa ilə onun fokus nöqtəsi arasında yerləşdirilir (şəkil 2.77). Göz lupadan baxdıqda cismin A'B' xəyalını görür. Xəyal mövhumi, düzünə və böyüdülmüş olur.



Şəkil 2.77. Lupa və onun böyütmə sxemi

Mikroskop

Ən sadə mikroskop iki toplayıcı L_1 və L_2 linzalarından ibarətdir (şəkil 2.78). Əgər AB obyektini L_1 linzasının (obyektivin) qarşısında, fokus məsafəsi F_1 -dən bir qədər uzaqda yerləşdirilsə, obyektin A'B' şəklində həqiqi və tərsinə çevrilmiş xəyalı alınır. A'B' xəyalı okulyarın L_2 linzası üçün real obyekt rolunu oynayır. Okulyar elə tənzimlənir ki, A'B' görüntüsü L_2 linzası ilə onun F_2' fokusu arasında yerləşsin. Bu halda okulyar lupa kimi fəaliyyət göstərir və AB obyektinin mövhumi, tərsinə çevrilmiş və böyüdülmüş A''B'' xəyalını yaradır. Mikroskoplar lupa ilə müqayisədə daha kiçik obyektlərin daha böyük görüntüsünü almağa imkan verir.

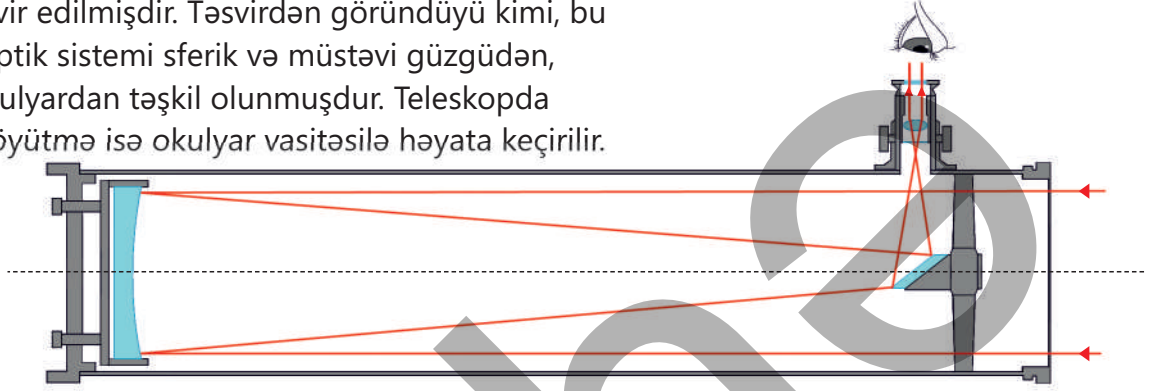


Şəkil 2.78. Sadə mikroskopun optik sistemi

Teleskop

Teleskop çox uzaqda yerləşən cisimlərin, məsələn, planetlərin, ulduzların və digər göy cisimlərinin müşahidə edilməsi üçün nəzərdə tutulmuşdur. Şəkil 2.79-da Nyuton teleskopunun optik sisteminin sxemi təsvir edilmişdir. Təsvirdən görüldüyü kimi, bu klassik teleskopun optik sistemi sferik və müstəvi güzgüdən, linzalardan ibarət okulyardan təşkil olunmuşdur. Teleskopda fokuslama güzgü, böyütmə isə okulyar vasitəsilə həyata keçirilir.

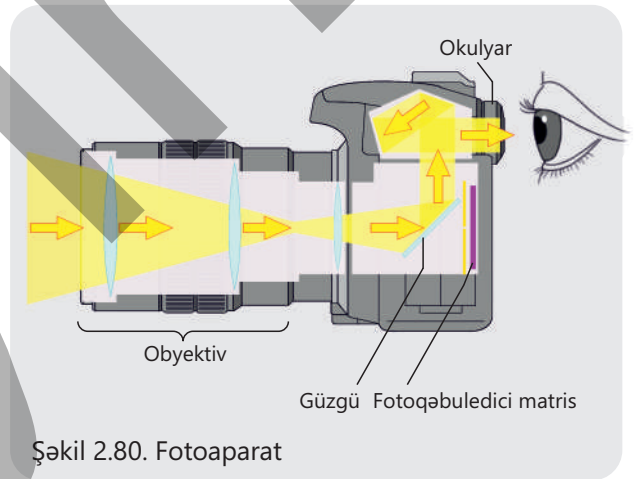
Şəkil 2.79.
Klassik Nyuton teleskopunun optik sisteminin sxemi



Fotoaparət

Fotoaparətdə qısafokuslu toplayıcı linzalar sistemi istifadə olunur. Adətən, şəkil çəkilərkən obyekt linzanın obyektivindən bir neçə fokus məsafəsi uzaqlığında yerləşir. Ekran rolunu oynayan işıqəhəssas element, məsələn, fotoqəbuledici matris lövhə obyektivdən arxada yerləşdirilir.

Şəkil 2.80-də müasir güzgülü fotoaparətdə şüaların yolu təsvir edilmişdir. Fotosu çəkilən obyektin okulyarda aydın təsviri görünənə qədər obyektiv sağa-sola fırladılır. Beləliklə, fokusa gətirilmiş təsvir görünəndən sonra çəkiliş düyməsi sıxılır. Bu zaman güzgü yuxarı qalxaraq obyektədən gələn işıq şüaları matris lövhəyə düşməklə orada həqiqi, kiçildilmiş və tərs çevrilmiş təsvir yaradır.



Şəkil 2.80. Fotoaparət

• DÜŞÜN • MÜZAKİRƏ ET • PAYLAŞ •

Dəniz dalğalarının parlaqlığını işığın tam daxili qayıtması hadisəsi əsasında necə izah etmək olar?

Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

Orta əsrlər "fotoaparət" inı hazırlayaq

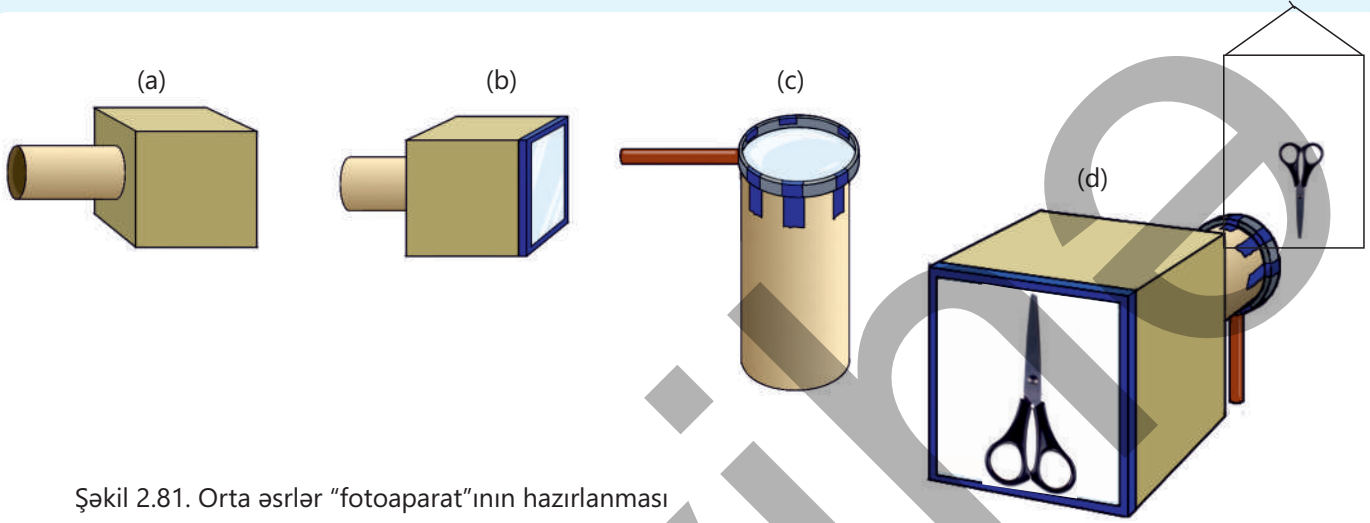
Ləvazimat: bir tərəfi açıq kvadrat qutu (tünd rəngdə olan şirə qutusundan da istifadə edə bilərsiniz), karton boru (mətbəx dəsmalının silindrik karton içliyi), lupa, qayçı, yapışqan, kalka kağızı, yapışqanlı lent.

İşin gedişi

1. Qutunun dibində dəlik açın. Onun ölçüsünü elə tənzimləyin ki, karton boru orada rahat fırlana bilsin (şəkil 2.81, a).
2. Qutunun açıq tərəfinə kalka kağızı yapışdırın (şəkil 2.81, b).



3. Lupanı borunun açıq ağzına yapışqanlı lentlə bərkitməklə obyektiv hazırlayın (şəkil 2.81, c).
4. "Fotoaparət"ın obyektivini yaxşı işıqlandırılan hər hansı cismə, kalkalı tərəfini (okulyarı) isə gözünüzdə doğru yönəldin (şəkil 2.81, d).



Şəkil 2.81. Orta əsrlər "fotoaparət"ının hazırlanması

Müzakirə edin

- Hazırladığınız fotoaparatda cismin xəyalı niyə tərsinə çevrilmiş alındı?
- İş vərəqində bu cismin xəyalının alınma sxemini çəkin.

Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. Lupa və fotoaparatda şüaların yollarını müqayisə edin (bax: şəkil 2.77 və şəkil 2.80).
 - Sual 1.** Onlar hansı xüsusiyyətlərinə görə oxşar və hansı xüsusiyyətlərinə görə fərqlidir?
 - Sual 2.** Bu optik cihazlarda hansı növ xəyal alınır?
2. Nyuton teleskopu ilə lupanın optik sistemini müqayisə edin (bax: şəkil 2.77 və 2.79).
 - Sual 1.** Bu cihazlar işığın hansı qanunları əsasında işləyir?
 - Sual 2.** Onlarda hansı növ xəyal alınır?
3. Uzaqdakı obyektin fotosəklini çəkərkən okulyara baxıb obyektivi sağa-sola fırlatmaqla onu fokusa gətiririk.
 - Sual 1.** Bu zaman matris lövhə obyektivdən hansı məsafədə yerləşir?
 - Sual 2.** Obyektin xəyalı düzünə alınır, yoxsa tərsinə çevrilmiş? Cavabınızı əsaslandırın.

Elm, texnologiya, həyat

Həndəsi optika qanunlarının memarlıqda rolu

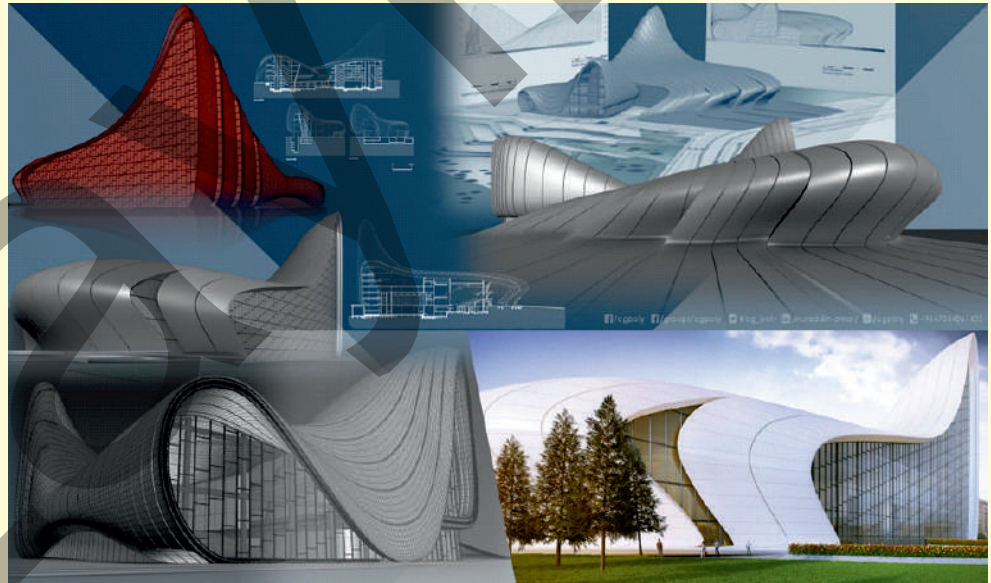
Memarlar 3D proqramlarında binaları layihələndirərkən işıq və kölgə effektlərini göstərmək üçün həndəsi optikanın qanunlarından istifadə edirlər.

Bu prosesdə istifadə olunan əsas prinsiplər aşağıdakılardır:

- **Stereoskopiya.** İki göz üçün ayrı-ayrı təsvir yaradaraq obyektin həcmdə görünməsinə imkan verən dərin qavrayışı simulyasiya edir.
- **Perspektiv.** Uzaqdakı və yaxındakı obyektlərin ölçü və formasının fərqli görünməsinə təmin edir.
- **Kölgə və işıqlandırma.** Düzgün yerləşdirilmiş kölgələr obyektlərin formasını vurğulayaraq dərinlik və həcm əlavə edir.
- **Fokus və bulanıqlıq.** Fokusdan kənar elementlər diqqəti əsas elementə cəlb etməyə və dərinliyin təsirini artırmağa kömək edir.

Nəticə:

3D vizuallaşdırma memarlara bina tikilməzdən əvvəl onu "hazır görməyə" və səhvləri vaxtında düzəltməyə kömək edir.



Heydər Əliyev Mərkəzinin 3D layihəsi. Zaha Hadid. Bakı

Ümumiləşdirici tapşırıqlar

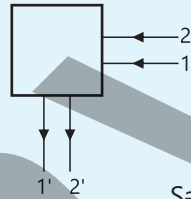
1. Kentavr bürcünün Yer kürəsinə ən yaxın olan "α-ulduzu"ndan işıq şüası Yerə 4,3 ilə gəlib çatır. "α-ulduzu" Yer kürəsindən hansı uzaqlıqdadır?

2. Astronavt Ayın səthində olduğu zaman Yerdə tam Ay tutulması baş verdi. Bu zaman Yerə baxan astronavt nə görəcək?

- A) Ay tutulmasını
- B) Günəş tutulmasını
- C) Yalnız Yerın Şimal yarımkürəsini
- D) Yalnız Günəşi
- E) Yalnız Yerın Cənub yarımkürəsini

3. Paralel 1 və 2 şüaları pərdə arxasında gizlədilmiş optik cihazdan keçdikdən sonra istiqamətlərini müvafiq olaraq 1' və 2' kimi dəyişmişdir (şəkil 2.82). Pərdənin arxasında yerləşən optik cihazın əsas hissəsi nədir? Sxem çəkib şüaların yolunu göstərməklə cavabınızı əsaslandırın.

- A) Toplayıcı linza
- B) Qabarıq sferik güzgü
- C) Müstəvi güzgü
- D) Çökük sferik güzgü
- E) Səpici linza



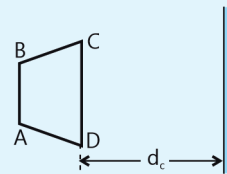
Şəkil 2.82.

4. Trapesiya formalı ABCD cisimi müstəvi güzgüdə $d_c = 2,5$ sm məsafədədir (şəkil 2.83).

Sual 1. Bu cismin müstəvi güzgüdə xəyalı necə olacaq? Xəyalı çəkməklə sxemi tamamlayın.

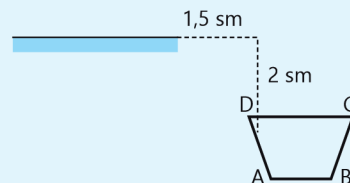
Sual 2. d_x xəyal məsafəsi nəyə bərabərdir?

Sual 3. ABCD cisminin müstəvi güzgüdə xəyalı həqiqidir, yoxsa mövhumi? Cavabınızı əsaslandırın.



Şəkil 2.83.

Sual 4. Əgər cisim güzgüdə şəkil 2.84-də təsvir olunduğu vəziyyətdə olarsa, onun xəyalı harada və güzgüdə hansı məsafədə alınacaq? Şüaların yolunu göstərməklə sxemi tamamlayın.



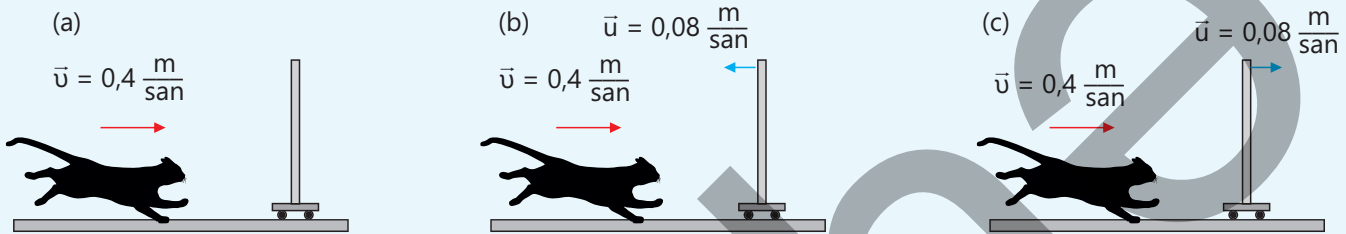
Şəkil 2.84.

5. Pişik $v = 0,4 \text{ m/san}$ sürətlə sükunətdə olan müstəvi güzgüyə tərəf qaçır (şəkil 2.85, a).

Sual 1. Pişik güzgüdəki xəyalına tərəf hansı sürətlə yaxınlaşır?

Sual 2. Əgər güzgü də pişiyə doğru $u = 0,08 \text{ m/san}$ sürətlə hərəkət edirsə, pişik güzgüdəki xəyalına hansı sürətlə yaxınlaşar (şəkil 2.85, b)?

Sual 3. Əgər güzgü pişiyin hərəkəti istiqamətində $u = 0,08 \text{ m/san}$ sürətlə hərəkət edirsə, pişik güzgüdəki xəyalına hansı sürətlə yaxınlaşar (şəkil 2.85, c)?



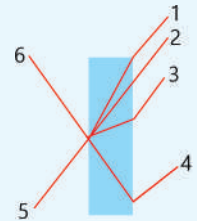
Şəkil 2.85.

6. Şəkil 2.86-da havada yayılan və paralel üzlü müstəvi şüşə lövhəyə düşən şüanın yolu təsvir edilmişdir. Şüanın bir hissəsi qayıtmış, bir hissəsi isə sınımışdır.

Sual 1. Sınan şüa hansı rəqəmlə işarə edilmişdir? Sınma qanununu tətbiq etməklə düşmə, qayıtma və sınma bucaqlarının hansı rəqəmlə işarə olunduğunu təyin edin.

Sual 2. İşığın sınmasının Snellius qanunu necə ifadə olunur?

Sual 3. Şüanın paralel üzlü şüşə lövhənin hava-şüşə sərhədində sınma bucağı və şüşə daxilində şüşə-hava sərhədinə düşmə bucaqları arasında hansı münasibət var?

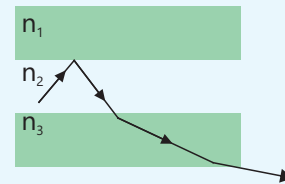


Şəkil 2.86.

7. İşıq şüası sındırma əmsalları uyğun olaraq n_1 , n_2 , n_3 olan üç şəffaf maddədən keçir (şəkil 2.87).

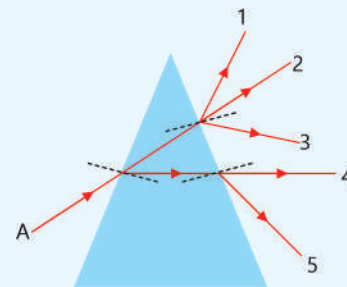
Sual 1. Bu maddələrin sındırma əmsalları arasında hansı münasibət var?

Sual 2. İşıq şüasının bu mühitlərdəki v_1 , v_2 , v_3 sürətləri arasında hansı münasibət var?



Şəkil 2.87.

8. Şüşə prizma ilə havanın sındırma əmsalları arasında münasibət $n_p > n_h$ -dir. A şüası prizmadan keçəndən sonra hansı yolu gedəcək (şəkil 2.88)?



Şəkil 2.88.

9. Uyğunluğu müəyyən edin.

1	2	3	4

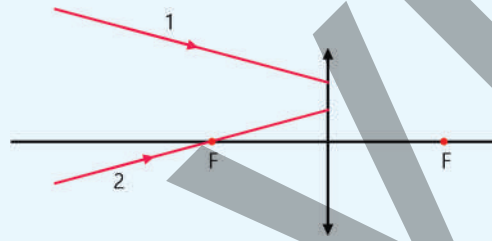
- 1 – fiziki kəmiyyət
- 2 – fiziki kəmiyyətin vahidi
- 3 – fiziki cihaz
- 4 – fiziki hadisə

- a. Cisim məsafəsi
- b. Linzanın optik qüvvəsi
- c. Optik mikroskop
- d. Dioptriya
- e. Lupa
- f. Dispersiya

10. Şəkil 2.89-da toplayıcı linza üzərinə düşən 1 və 2 şüaları təsvir olunmuşdur.

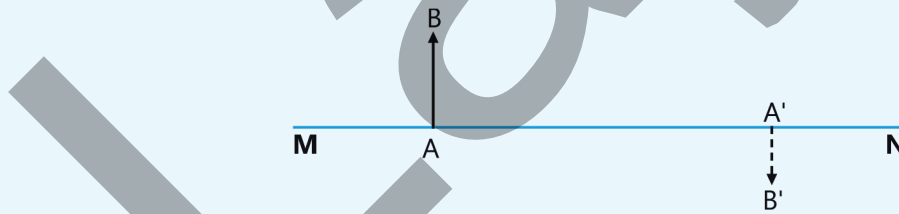
Sual 1. Şüalar linzada sınıandan sonra hansı yolu gedəcək? Şüaların yolunu sxemdə təsvir edin.

Sual 2. Bu şüaların verdiyi xəyal mövhumudur, yoxsa həqiqi?



Şəkil 2.89.

11. Şəkil 2.90-da MN baş optik oxu, AB cisimi və onun A'B' xəyalı təsvir edilmişdir.



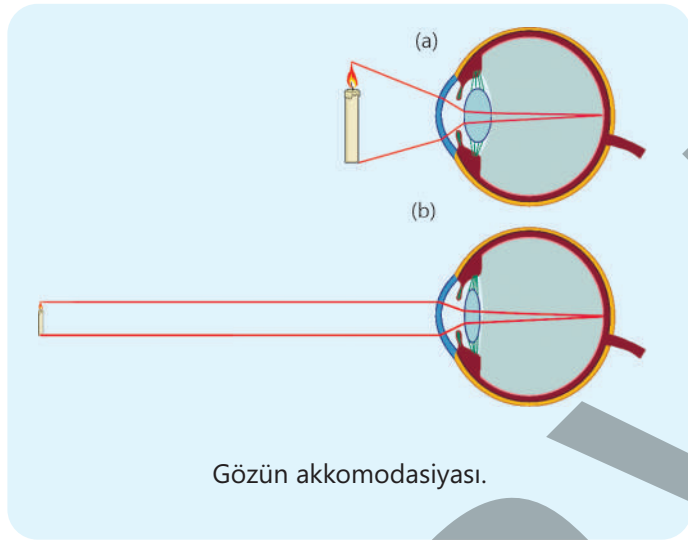
Şəkil 2.90.

Sual 1. Sxem çəkməklə linzanın optik mərkəzinin və fokuslarının yerini müəyyən edin.

Sual 2. A'B' xəyalı hansı növ linza tərəfindən alınmışdır – qabarıq, yoxsa çökük? Bu xəyal mövhumudur, yoxsa həqiqi? Cavabınızı əsaslandırın.

Akkomodasiya – göz büllurunun optik qüvvəsinin dəyişməsinə deyilir.

Göz akkomodasiya nəticəsində uzaqda və yaxında olan cisimləri görməyə ani olaraq uyğunlaşır (lat. *akkomodasiya* – uyğunlaşma deməkdir). Məsələn, göz nisbətən yaxın cismə baxdıqda büllurun qabarıqlığı artır və ondan keçən işıq şüaları daha çox sınıır (a). Nəticədə cismin tor təbəqəsindəki xəyalı da böyük alınır. Cisim gözdən uzaqlaşdıqca büllurun qabarıqlığı azalır və onun tor təbəqəsində kiçildilmiş həqiqi xəyalı alınır (b).



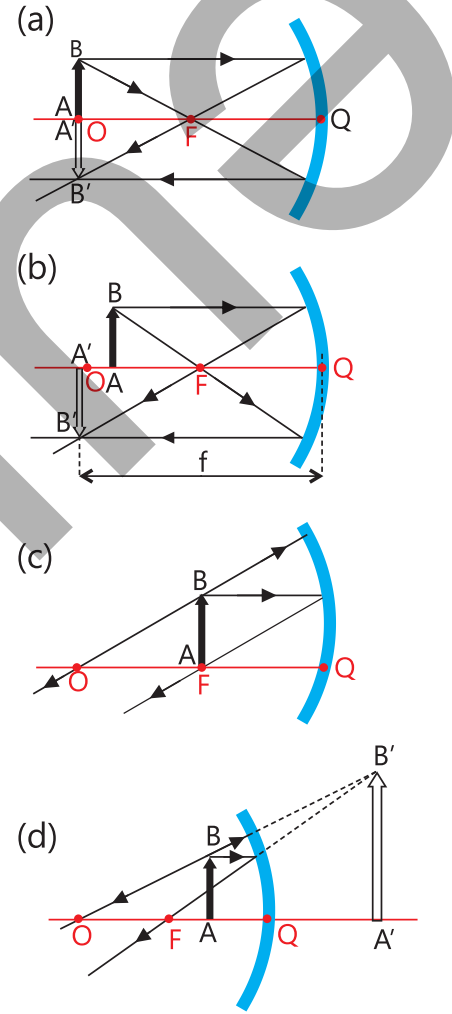
Çökük güzgüdə xəyalın qurulması. Çökük güzgüdə cismin beş halda həqiqi, bir halda isə mövhumi xəyalı alınır.

1. Cisim sonsuzluqda olduqda, yəni $d \rightarrow \infty$ olarsa, düşən şüalar paralel qəbul olunur və qayıdan şüalar güzgünün fokusunda toplanır. Xəyal məsafəsi fokus məsafəsinə bərabər olur: $f = F$.
2. Cisim güzgünün əyrilik mərkəzindən uzaqda olduqda, yəni $d > R$ olarsa, xəyal güzgünün əyrilik mərkəzi ilə fokus arasında, yəni $R > f > F$ -də alınır. Bu halda xəyal həqiqi, tərsinə çevrilmiş və kiçildilmiş olur.
3. Cisim güzgünün əyrilik mərkəzində olduqda, yəni $d = R$ olarsa, xəyal güzgünün əyrilik mərkəzində alınır: $f = R$. Bu halda xəyal həqiqi, tərsinə çevrilmiş və özü boyda olur (a).
4. Cisim güzgünün əyrilik mərkəzi ilə fokus arasında olduqda, yəni $R > d > F$ olarsa, xəyal güzgünün əyrilik

mərkəzindən uzaqda alınır: $f > R$. Bu halda xəyal həqiqi, tərsinə çevrilmiş və böyüdülmüş olur (b).

5. Cisim güzgünün fokusunda olduqda, yəni $d = F$ olarsa, xəyal sonsuzluqda alınır: $f \rightarrow \infty$ (c).

6. Cisim güzgünün fokusundan uzaqda olduqda, yəni $d < F$ olarsa, xəyal güzgünün arxasında – mövhumi, düzünə və böyüdülmüş olur (d).



Çökük sferik güzgüdə xəyalların qurulması

Çökük sferik güzgülərdə cismin xəyallarının alınmasını iki nəticə ilə ümumiləşdirmək olar:

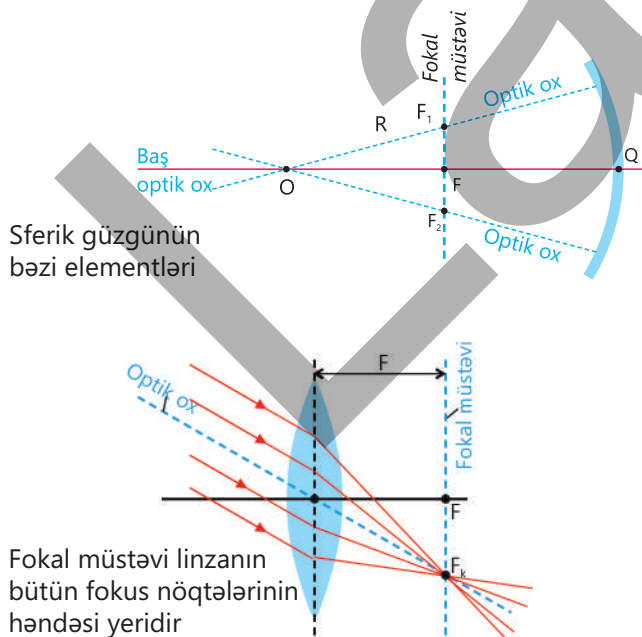
- Cisim məsafəsi ilə güzgünün fokus məsafəsi arasında münasibətin $d \geq F$ olduğu bütün hallarda çökük güzgü cismin həqiqi xəyalını verir, çünki cismin xəyalı qayıdan şüaların özlərinin kəsişməsindən alınır.
- Cisim məsafəsinin çökük güzgünün fokus məsafəsindən kiçik olduğu ($d < F$) halda isə çökük güzgüdə cismin mövhumi xəyalı alınır, çünki cismin

xəyalı qayıdan şüaların uzantılarının güzgünün arxasında kəsişməsindən yaranır.

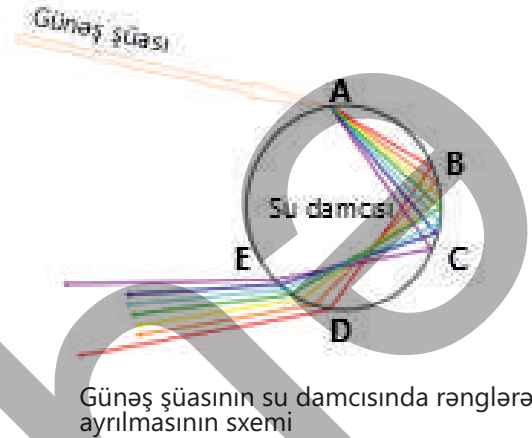
Dəyişənlər – fizikadan elmi təcrübələrdə və müşahidələrdə hər hansı ölçülən, dəyişdirilən və ya sabit saxlanılan fiziki kəmiyyətlər nəzərdə tutulur. Dəyişənlər 3 əsas növə ayrılır:

1. Sərbəst dəyişən (müstəqil dəyişən) fiziki kəmiyyət – təcrübəçi tərəfindən məqsədli şəkildə dəyişdirilən kəmiyyətdir. O, təcrübənin nəticəsinə təsir edən əsas amildir.
2. Asılı dəyişən fiziki kəmiyyət – sərbəst dəyişəndən asılı olaraq dəyişən kəmiyyətdir. O, təcrübədə müşahidə edilən və ölçülən əsas kəmiyyətdir.
3. Kontrol edilən dəyişən (sabit dəyişən) fiziki kəmiyyət – təcrübə boyu dəyişdirilməyib sabit saxlanılan kəmiyyətlərdir. Təcrübədə məqsəd yalnız sərbəst dəyişənin təsirini tədqiq etməkdir.

Fokal müstəvi – baş optik oxa perpendikulyar olmaqla baş fokus nöqtəsindən keçən müstəvidir. Bütün optik oxların fokal müstəvi ilə kəsişdiyi nöqtə həmin optik oxa görə güzgünün (linzanın) fokus nöqtəsidir. Məsələn, şəklə əsasən sferik güzgüdə F_1 və F_2 nöqtələri, linsada F_k nöqtəsi.



Göyqurşağı – Günəş şüalarının yağışdan sonra atmosferdəki yağış damcılarında, şalalə və fəvvarələrdən səpələnən su damlalarında iki dəfə sınması nəticəsində yaranan optik hadisədir

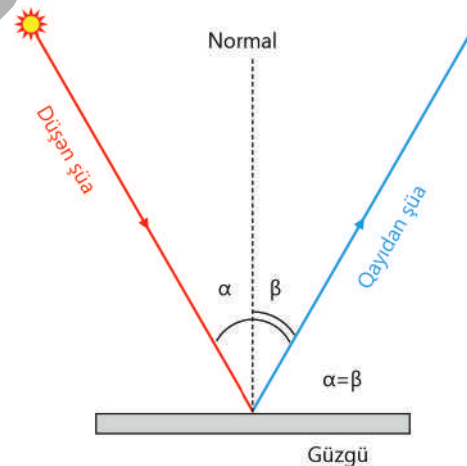


Həndəsi optika – fizikada optikanın işıq şüalarının yolunu öyrənən bölməsidir.

İşığın dispersiyası – ağ işığın müxtəlif rəngli şüalar toplusuna ayrılması hadisəsidir.

İşıq ili – işıq şüasının vakuumda bir ildə qət etdiyi məsafədir.

İşığın qayıtma qanunu – düşən şüa, qayıdan şüa və düşmə nöqtəsindən səthə qaldırılan normal bir müstəvi üzərindədir. Qayıtma bucağı düşmə bucağına bərabərdir: $\beta = \alpha$.



İşığın sınması – işıq şüasının bir şəffaf mühitdən digər şəffaf mühitə keçərkən bu mühitlərin sərhədində öz istiqamətini dəyişməsidir.

İşığın sınması qanunu (Snellius qanunu) – düşən şüa, sınan şüa və şüanın düşmə nöqtəsindən iki mühitin sərhədinə qaldırılan normal bir müstəvi üzərində yerləşir. Düşmə bucağı sinusunun sınma bucağı sinusuna olan nisbəti verilən iki bircins şəffaf mühit üçün sabit kəmiyyətdir.

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n_{21}$$

Burada n_{21} – sabit fiziki kəmiyyət olub ikinci mühitin (ışığın sınmasından sonra yayıldığı mühit) birinci mühitə (ışığın düşdüyü mühit) nisbətən nisbi sındırma əmsalındır, yəni:

$$n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$$

Burada n_1 və n_2 – uyğun olaraq birinci və ikinci mühitin mütləq sındırma əmsalındır.

İşığın bir şəffaf mühitdən digər şəffaf mühitə keçərkən sürətinin dəyişməsi məhz onun sınmasının başlıca səbəbidir. Bu səbəbdən elmdə **optik sıxlıq** anlayışından istifadə olunur.

Snellius qanununun fiziki mənası odur ki, ışığın iki şəffaf mühitin sərhədində sınması onun müxtəlif mühitlərdə müxtəlif sürətlə yayılmasının nəticəsidir. İşığın yayılma sürətinin kiçik olduğu mühit sındırma əmsalı böyük, ışığın yayılma sürətinin böyük olduğu mühit isə sındırma əmsalı kiçik olan mühitdir:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_2}{v_1}$$

İşığın tam daxili qayıtması – ışığın iki bircins şəffaf mühitin sərhədindən, yəni optik sıxlığı daha kiçik olan mühitdən tamamilə qayıtması hadisəsidir.

İşığın tam daxili qayıtmasının limit bucağı –

sınma bucağının 90° -yə uyğun olan α_0 düşmə bucağına deyilir. Sınma bucağının 90° olan halı üçün sınma qanunu:

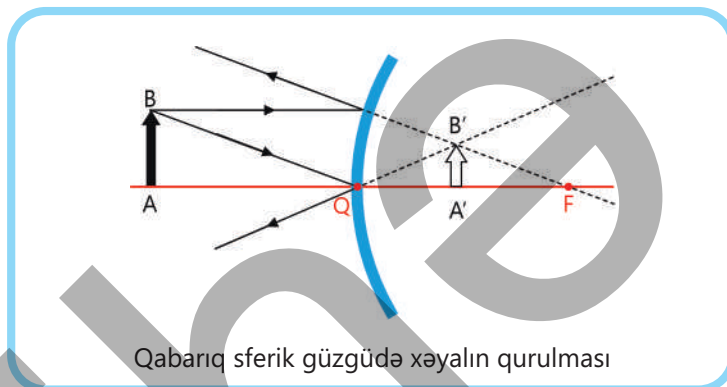
$$\frac{\sin \alpha_0}{\sin 90^\circ} = \frac{n_2}{n_1}$$

Havanın sındırma əmsalı $n_2 = 1$, $\sin 90^\circ = 1$ olduğundan ifadəni belə ümumiləşdirmək olar:

$$\sin \alpha_0 = \frac{1}{n}$$

Kollinear vektorlar – bir düz xətt və ya paralel düz xətlər üzərində olan vektorlardır.

Qabarıq sferik güzgüdə xəyalın qurulması. Qabarıq güzgünün fokusu mövhumi olduğundan cisim məsafəsindən asılı olmayaraq bütün hallarda xəyal güzgünün arxasında mövhumi, güzgünün qütb nöqtəsi ilə fokusu arasında düzünə və kiçildilmiş alınır.

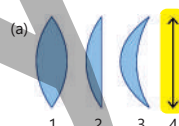


Qabarıq sferik güzgüdə xəyalın qurulması

Linza – sferik səthlərlə (bəzən səthlərdən biri müstəvi də olur) hüdudlanmış şəffaf cisimdir.

Linzalar iki növ olur: qabarıq (a) və çökük (b).

Qabarıq linzalar – orta hissəsi kənarlarına nisbətən qalın olan linzalara deyilir.



1. İki tərəfi qabarıq linza.
2. Müstəvi-qabarıq linza.
3. Çökük-qabarıq linza.
4. Qabarıq linzanın sxemlərdə şərti işarəsi.



1. İki tərəfi çökük linza.
2. Müstəvi-çökük linza.
3. Qabarıq-çökük linza.
4. Çökük linzanın sxemlərdə şərti işarəsi.

Mühitin vakuuma nəzərən sındırma əmsalı – həmin mühitin mütləq sındırma əmsalı adlanır. Mütləq sındırma əmsalı ışığın verilən mühitdəki sürətinin vakuumdakı sürətindən neçə dəfə kiçik olduğunu göstərir:

$$n = \frac{c}{v}$$

Nöqtəvi işıq mənbəyi – verilmiş şəraitdə ölçüləri nəzərə alınmayan işıq mənbəyidir. Işıq nöqtəvi mənbədən bütün istiqamətlərə yayılır.

Ölçmə xətası – kəmiyyətin ölçülən qiymətinin həqiqi qiymətindən kənara çıxmasıdır.

Ölçmənin mütləq xətası – ölçülən kəmiyyətin alınmış qiyməti ilə onun həqiqi qiyməti (orta qiyməti) arasındakı fərqin moduludur:

$$\Delta a = |a - a_0|.$$

Ölçmənin nisbi xətası – ölçmənin mütləq xətasının həqiqi qiymətə (orta qiymətinə) nisbətinin faizlə ifadəsidir:

$$\delta = \frac{\Delta a}{a_0} \cdot 100\%.$$

Burada δ [yun.: δέλτα – delta (kiçik delta hərfi)] – nisbi xətdir.

Sferik güzgü – işıq şüalarını əks etdirən səthi sferik seqment formasında olan güzgüdür. Sferik güzgü qabarıq və ya çökük ola bilər.

Çökük sferik güzgü (konkav güzgü) – paralel işıq şüalarını sferik seqmentin daxili səthindən qaytararaq bir nöqtədə toplayan güzgüdür.

Qabarıq sferik güzgü (konveks güzgü) – paralel işıq şüalarını sferik seqmentin xarici səthindən səpələyən güzgüdür.

Sferik güzgünün qütb nöqtəsi (Q) – sferik seqmentin zirvə nöqtəsidir.

Sferik güzgünün əyrilik mərkəzi (O nöqtəsi) – sferik seqmentin uzantısının əmələ gətirdiyi sferanın mərkəzidir.

Sferik güzgünün əyrilik radiusu (R) – sferik güzgünün əyrilik mərkəzindən güzgünün səthinə qədərki məsafədir.

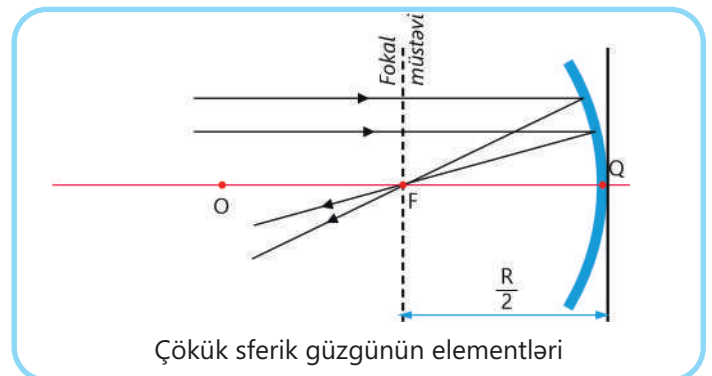
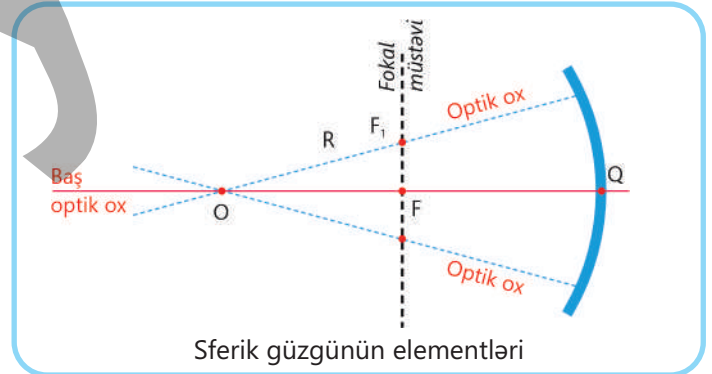
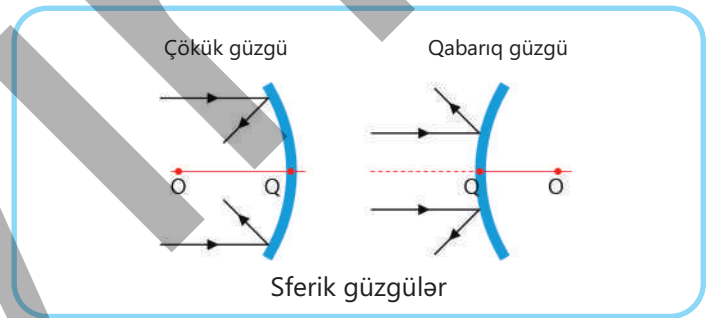
Sferik güzgünün optik oxu – əyrilik mərkəzindən keçən ixtiyari düz xətdir.

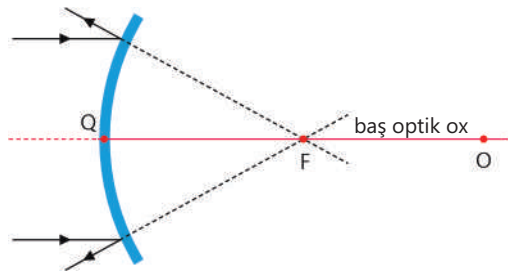
Sferik güzgünün baş optik oxu – güzgünün qütb nöqtəsi və əyrilik mərkəzindən keçən optik oxdur (şəkil 2.25, a).

Sferik güzgünün baş fokus nöqtəsi (F) – çökük güzgüdə baş optik oxla paralel düşən şüalar qayıdıqdan sonra kəsişdikləri nöqtədir. Çökük güzgünün baş fokus nöqtəsi həqiqidir, çünki həmin nöqtədə güzgüdən qayıdan şüaların özləri kəsişir. Qabarıq güzgünün baş fokus nöqtəsi isə mövhumidir, çünki bu nöqtədə güzgüdən qayıdan şüaların özləri deyil, onların uzantıları kəsişir.

Sferik güzgünün fokus məsafəsi (və ya fokal məsafə) – güzgünün qütb nöqtəsində sfera seqmentinə toxunan xətdən fokal müstəvi arasındakı məsafədir. Fokus məsafəsi F hərfi ilə işarə olunur və o, güzgünün əyrilik radiusunun yarısına bərabərdir:

$$F = F_1 = F_2 = \dots = \frac{R}{2}.$$





Qabarıq sferik güzgünün elementləri

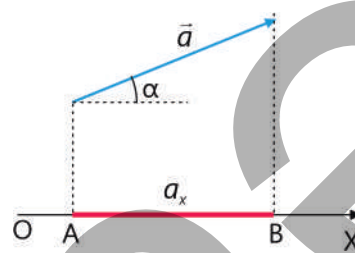
Skalyar kəmiyyət (və ya skalyar) – elə fiziki kəmiyyətə deyilir ki, o yalnız ədədi qiyməti ilə (müəyyən ölçü vahidində) ifadə olunsun.

Vektorial kəmiyyət (və ya vektor) – elə fiziki kəmiyyətə deyilir ki, o həm ədədi qiyməti (qeyri-mənfi skalyar), həm də fəzada istiqaməti ilə xarakterizə olunsun. Bu zaman vektorun modulu və ya ədədi qiyməti skalyar adlanır.

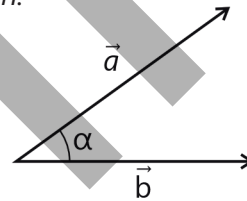
Vektorun oxa proyeksiyası – bu vektorun modulu ilə ixtiyari seçilmiş koordinat oxu arasındakı bucağın kosinusu hasilinə bərabər olan skalyar kəmiyyətdir:

$$a_x = a \cos \alpha.$$

Burada $a = |\vec{a}|$ olub a vektorunun moduludur.



Vektorların skalyar hasilı – vektorların modulları ilə aralarındakı bucağın kosinusu hasilinə bərabər olan skalyardır. Məsələn, \vec{a} və \vec{b} vektorlarının skalyar hasilı üçün:



$$\vec{a} \cdot \vec{b} = a \cdot b \cos \alpha$$