



HEYDƏR ƏLİYEV
AZƏRBAYCAN XALQININ ÜMUMMİLLİ LİDERİ

Rasim Abdurazaqov
Dünyamalı Məmmədov
Əli Ağacanlı
Zamir Dadaşov

Fizika

Ümumi təhsil müəssisələrinin 9-cu sinifləri üçün
fizika fənni üzrə dərslik (2-ci hissə)

9

2-ci hissə

DƏRS LİK

©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 göstərməlidir. 

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!

Bölmə 3 Müxtəlif mühitlərdə elektrik cərəyanı

3.1 METALLARIN ELEKTRİK KEÇİRİCİLİYİ

3.1.1	Keçiricilər və dielektriklər elektrik sahəsində.....	6
3.1.2	Metalların müqaviməti.....	12
3.1.3	Gərginlik paylayıcı dövrəsi.....	17
3.1.4	Metalların müqavimətinin temperaturdan asılılığı.....	19
3.1.5	Elektrik cərəyanının gördüyü iş.....	23
3.1.6	Elektrik cərəyanının gücü.....	26
3.1.7	Elektrik cərəyanının canlı orqanizmə təsiri.....	30

3.2 QAZLARIN ELEKTRİK KEÇİRİCİLİYİ

3.2.1	Qazlarda elektrik cərəyanı: qeyri-müstəqil qaz boşalması.....	34
3.2.2	Qazlarda elektrik cərəyanı: müstəqil qaz boşalması.....	38

3.3 YARIMKEÇİRİCİLƏR

3.3.1	Yarımkəçiricilərin məxsusi keçiriciliyi.....	42
3.3.2	Yarımkəçiricilərin aşqar keçiriciliyi.....	47
3.3.3	Yarımkəçirici kristalda $p-n$ keçidi. Yarımkəçirici diod.....	50
	Elm, texnologiya, həyat.....	53
	Xülasə.....	54
	Ümumiləşdirici tapşırıqlar.....	55

Bölmə 4 Maqnit sahəsi

4.1 MAQNİT SAHƏSİ. ELEKTRİK CƏRƏYANININ MAQNİT SAHƏSİ

4.1.1	Maqnit sahəsinin mənşəyi və Yer in maqnit sahəsi.....	58
4.1.2	Maqnit sahəsinin induksiyası.....	63
4.1.3	Cərəyanlı düz naqilin maqnit induksiyası.....	67
4.1.4	Cərəyanlı dairəvi naqilin və sarğacın maqnit sahəsi.....	71
4.1.5	Elektromaqnit və onun tətbiqləri.....	75
4.1.6	Cərəyanlı naqillərin maqnit qarşılıqlı təsiri.....	79

4.2 MAQNİT SAHƏSİNİN CƏRƏYANLI NAQİLƏ VƏ HƏRƏKƏTDƏ OLAN YÜKLÜ ZƏRRƏCİYƏ TƏSİRİ

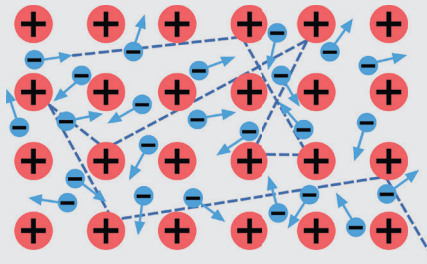
4.2.1	Maqnit sahəsinin cərəyanlı düz naqilə təsiri – amper qüvvəsi.....	82
4.2.2	Maqnit sahəsinin cərəyanlı çərçivəyə təsiri.....	87
4.2.3	Maqnit sahəsinin hərəkətdə olan yüklü zərrəciklərə təsiri – lorens qüvvəsi.....	92

4.3 ELEKTROMAQNİT İNDUKSİYASI

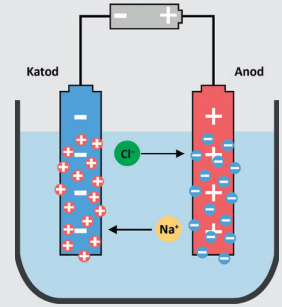
4.3.1	Elektromaqnit induksiyası hadisəsi.....	96
4.3.2	İnduksiya cərəyanının istiqaməti. Lens qaydası.....	100
	Elm, texnologiya, həyat.....	104
	Xülasə.....	105
	Ümumiləşdirici tapşırıqlar.....	106
	SÖZLÜK	108

Müxtəlif mühitlərdə elektrik cərəyanı

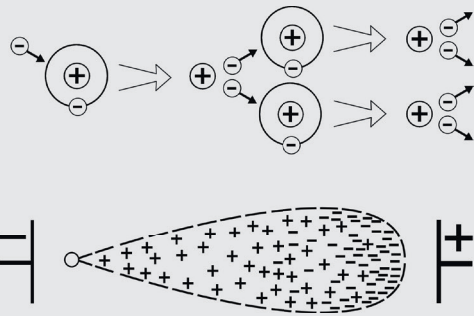
Elektrik cərəyanı metallarla yanaşı, elektrolit məhlullarında, qazlarda və yarımkəçiricilərdə də yaranır. Lakin müxtəlif mühitlərdə elektrik cərəyanının yaranma mexanizmləri fərqlidir



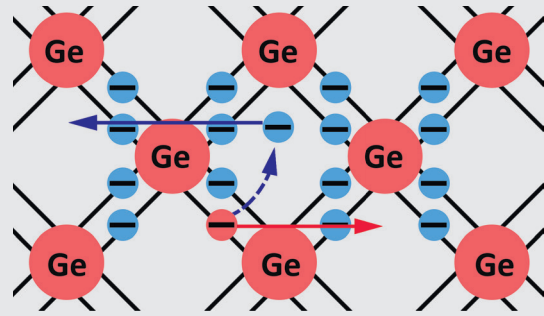
Metallarda sərbəst yükdaşıyıcılar



Elektrolitlərin elektrik keçiriciliyi



Qazların elektrik keçiriciliyi



Yarımkəçiricilərin elektrik keçiriciliyi

- Elektrik cərəyanının yaranması üçün hansı şərtlər ödənilməlidir?
- Müxtəlif mühitlərdə elektrik cərəyanının yükdaşıyıcıları eynidir, yoxsa fərqlidir?
- Məişət elektrik avadanlıqlarında və müasir elektron cihazlarda, məsələn, mobil telefonlarda, kompüterlərdə və s.-də hansı növ keçiricilərdən istifadə olunur?

Bölmədə öyrənəcəksiniz

- Müxtəlif mühitlərdə elektrik cərəyanının yaranma şərtləri eyni olsa da, sərbəst yükdaşıyıcıların növü mühitdən asılıdır.
- Metallarda, qazlarda və yarımkəçiricilərdə elektrik keçiriciliyinin mexanizmi fərqlidir.
- Cərəyanın keçməsinə mühitin xüsusiyyəti ciddi təsir edir. Elə mühit vardır ki, məsələn, yarımkəçiricilər, onların elektrik keçiriciliyi xarici təsirlərdən kəskin asılıdır.
- Müxtəlif mühitlərdə cərəyanın fiziki təbiəti fərqli olsa da, cərəyanın təsirləri oxşardır: istilik ayrılması, maqnit sahəsinin yaranması, kimyəvi təsir.
- Elektrik cərəyanının canlı orqanizmlərə müsbət təsirləri ilə yanaşı, təhlükəli təsirləri də var.

3.1 Metalların elektrik keçiriciliyi

Klassik elektron nəzəriyyəsinə görə:

- metaldakı sərbəst elektronlar özlərini "elektron qazı" kimi aparır;
- xarici elektrik sahəsi olmadıqda elektronlar xaotik istilik hərəkəti edir;
- xarici elektrik sahəsi tətbiq olunduqda "elektron qazı" elektrik sahəsinin əksi istiqamətində nizamlı (istiqamətli) hərəkət edir;
- metallarda elektrik müqaviməti sərbəst elektronların metalın kristal qəfəsinin düyünlərindəki müsbət ionlarla toqquşması nəticəsində yaranır;
- elektrik cərəyanı keçən metalda istiliyin ayrılması da elektronların kristal qəfəsin düyünlərindəki ionlarla toqquşmalarının nəticəsində baş verir.



3.1.1 Keçiricilər və dielektriklər elektrik sahəsində

Yağışlı havada islanmaqdan qorunmaq üçün bəziləriniz, yəqin ki, iriyarpaqlı ağac altında daldalanırsınız, lakin bu, həyatınız üçün çox təhlükəlidir.

- Niyə yağışlı havada şimşək çaxarkən ağac altında dayanmaq, iri su hövzəsinin yaxınlığında olmaq təhlükəlidir, lakin avtomobilin içində oturmaq isə nisbətən təhlükəsizdir?

Açar sözlər

keçirici, dielektrik, sərbəst elektronlar, dipol, polyar dielektrik, qeyri-polyar dielektrik

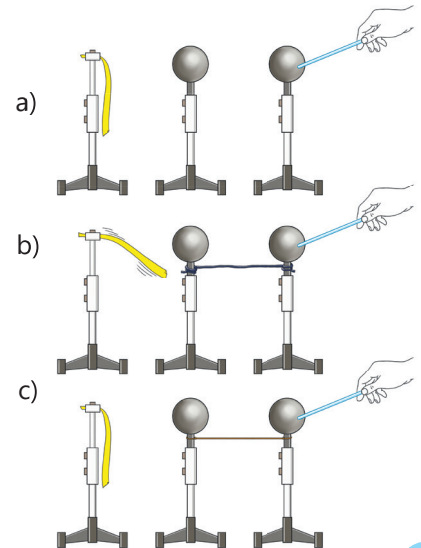
FƏALİYYƏT

Elektriki keçirən və keçirməyən cisimlər

Ləvazimat: plastmas ştativə bərkidilən metal kürə (2 ədəd), plastmas ştativin ucuna yapışdırılmış nazik kağız lent, alüminium (və ya mis) məftil, polietilen (və ya rezin) ip, şüşə çubuq, yun (və ya ipək) parça.

İşin gedişi

1. Plastmas ştativləri masa üzərində bir düz xətt boyunca yerləşdirin. Şüşə çubuğu elektricləndirib sağ kürəyə toxundurun (şəkil 3.1, a). Bu zaman kağız lentin davranışına diqqət edin.
2. Kürələri alüminium (və ya mis) məftillə birləşdirib təcrübəni təkrarlayın. Kağız lentdə baş verən dəyişikliyi izləyin (şəkil 3.1, b).
3. Kürələri birləşdirən məftili polietilen iplə əvəz edib təcrübəni bir daha təkrarlayın və kağız lent üzərində müşahidə aparın (şəkil 3.1, c).



Şəkil 3.1

Müzakirə edin

- Elektriklənmiş şüşə çubuqla sağdakı kürəni elektrikləndirdikdə sol kürənin yaxınlığındakı kağız lentin vəziyyətində nə dəyişiklik müşahidə olundu?
- Məftillə əlaqələndirilən metal kürələrdən sağ kürəni elektrikləndirdikdə niyə kağız lent yaxınlığındakı sol kürəyə tərəf cəzb olundu?
- Kürələri polietilen (və ya rezin) iplə əlaqələndirib sağ kürəni elektrikləndirdikdə sol kürənin yaxınlığındakı kağız lent niyə tərpənməz qaldı?
- Araşdırmadan hansı nəticəyə gəlmək olar?

Keçiricilər

Araşdırma zamanı cisimlərin yeni xassəsini aşkar etdiniz: cisimlər elektriki keçirən və keçirməyən olur. Metal kürələri məftillə əlaqələndirdikdə sağ kürədən elektrik yükü sol kürəyə keçir və kağız lenti cəzb edir. Deməli, metal məftil elektrik yüklərini yaxşı keçirir.

• **Elektrik yükünü keçirən maddələr keçiricilər, yaxud naqillər adlanır.**

Keçiricilərə metallar, elektrolit məhlulları və s. aiddir.

• **Keçiricilər, məsələn, metallar elektriki niyə asanlıqla keçirir?**

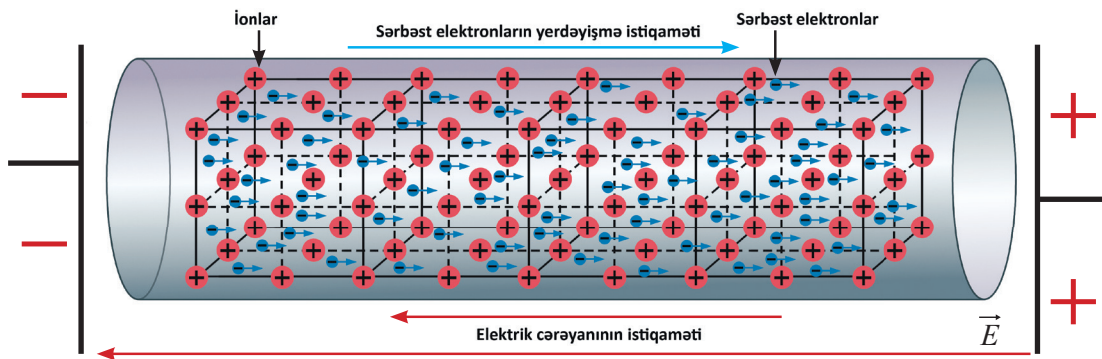
Bu, metalların daxili quruluşu ilə əlaqədardır. Belə ki, metallar, əsasən, kristal qəfəslərin düyün nöqtələrində nizamlı yerləşmiş müsbət ionlar və sərbəst elektronlardan ibarətdir. İonlar elektronların öz atomlarını tərk etməsi nəticəsində yaranır. Atomları tərk edən elektronlar isə

Bilir-siniz-mi?

Metallarda sərbəst elektronların sayı olduqca çoxdur. Məsələn, mis naqildə sərbəst elektronların konsentrasiyası $10^{28} - 10^{29} \text{ m}^{-3}$ tərtibindədir.

sərbəst hala keçərək metalın bütün həcmi boyunca paylanır. Belə elektronlar *sərbəst elektronlar* adlanır. Xarici elektrik sahəsinə gətirilən metalın ionlarına və sərbəst elektronlara $\vec{F} = \vec{E}q$ elektrik qüvvəsi təsir edir. Müsbət ionlara təsir edən qüvvə sahənin intensivliyi istiqamətinə, sərbəst elektronlara təsir edən qüvvə isə intensivliyin əksi istiqamətinə yönəlir. Lakin kristal

qəfəsdəki müsbət ionlar elektrik qüvvəsinin təsiri altında hərəkət edə bilmir, sərbəst elektronlar isə elektrik qüvvəsinin təsiri altında xarici sahənin intensivlik vektorunun əksi istiqamətində yerini dəyişərək naqildə elektrik keçiriciliyini təmin edir (şəkil 3.2). Beləliklə, elektrik cərəyanının istiqaməti şərti olaraq qəbul edilmişdir:



Şəkil 3.2. Elektrik cərəyanının istiqaməti şərti olaraq sahənin intensivliyi istiqaməti qəbul olunmuşdur.

- a) sahənin intensivliyi istiqaməti;
 b) müsbət yüklərin hərəkət istiqaməti;
 c) sərbəst elektronların hərəkət istiqamətinin əksi.

Lakin metallarda kristal qəfəsin düyünlərində yerləşən müsbət ionlar hərəkət edə bilmədiyindən cərəyan istiqaməti kimi onlara təsir edən qüvvənin istiqaməti qəbul edilə bilər.

• DÜŞÜN
 • MÜZAKİRƏ ET
 • PAYLAŞ

Elektrik cərəyanının istiqaməti niyə müsbət yüklərin hərəkəti istiqaməti qəbul edilmişdir?

Dielektriklər

Apardığınız araşdırmada metal kürələri polietilen (və ya rezin) iplə əlaqələndirdikdə sağ kürədən sol kürəyə elektrik yükü keçmir. Ona görə də kağız lent tərpənməz qalır. Deməli, polietilen ip elektrik yüklərini keçirmir.

• **Elektrik yükünü keçirməyən maddələr dielektriklər adlanır.**

Dielektriklərə plastmas, rezin, şüşə, ebonit, quru taxta, hava, saxsı, spirt və s. aiddir. *Dielektriklərdən hazırlanan cisimlər izolyator adlanır.* Keçirici elektrik alətlərinin dəstəkləri izolyatordan hazırlanır. Dielektrikləri də elektrikləndirmək mümkündür, lakin onlarda elektrik yükləri hərəkət etmir: sürtünmə və ya toxunma ilə dielektrikdə yaranan elektrik yükləri yarandığı yerdə də qalır. Məsələn, şüşə çubuğun bir hissəsini yun parçaya sürtməklə onu mənfi, digər hissəsini isə ipək parçaya sürtməklə müsbət yüklə elektrikləndirmək olar.



Dielektriklər niyə elektrik cərəyanını keçirmir?

Dielektrik – sərbəst yükdaşıyıcıları çox az olan və buna görə də elektrik cərəyanını, demək olar, keçirməyən maddədir.

Əsas xüsusiyyəti: dielektrikdə elektronlar və ionlar sərbəst

hərəkət edə bilmir. Bu zərrəciklər yalnız atom və ya molekul daxilində məhdud yerdəyişmə edə bilər. Dielektriklər polyar və qeyri-polyar olmaqla iki növ olur.

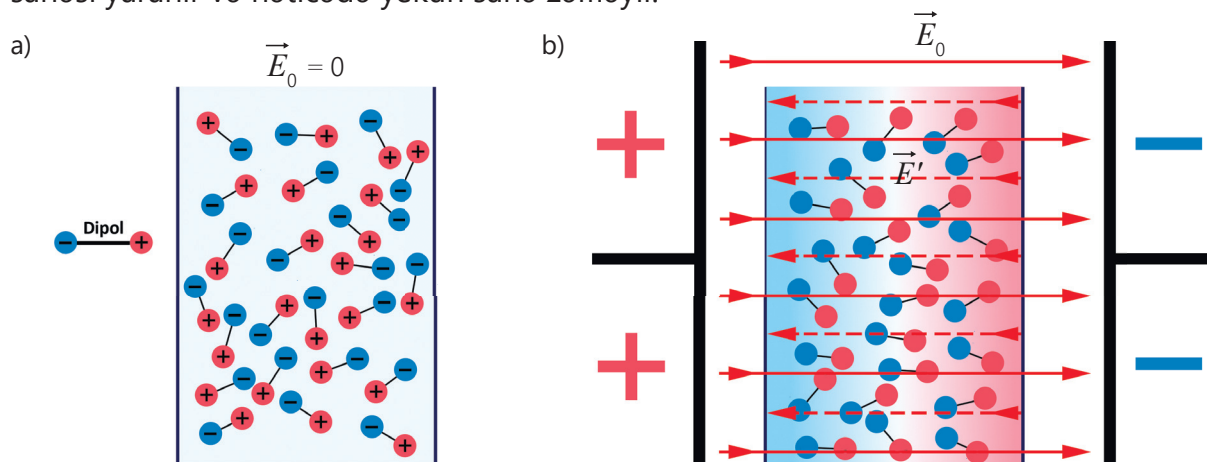
1. Polyar dielektrik. Molekulları qütblənmiş dielektrikdir, yəni bu maddənin molekulundakı müsbət və mənfi yüklərin "mərkəzləri" üst-üstə düşür. Polyar dielektriklərin molekulları elektrik xassələrinə görə özlərini dipol kimi aparır.

• **Dipol – modulları bərabər, işarələri əks olan və müəyyən məsafədə yerləşən iki yükdan ibarət sistemdir.**

Xarici elektrik sahəsi olmadıqda polyar dielektrikin dipol-molekulları xotik istilik hərəkəti edərək müxtəlif istiqamətlərə səmtləşə bilər. Bu dipolların elektrik sahələri bir-birini tam kompensasiya etdiyindən dielektrikin həcmnin istənilən hissəsində nəticə etibarlı ilə elektrik sahəsi sıfıra bərabər olur (şəkil 3.3, a).

Lakin belə bir dielektriki intensivliyi E_0 olan xarici elektrik sahəsində yerləşdirdikdə bu sahə dipolları "çevirəcək" və onları sahənin intensivlik

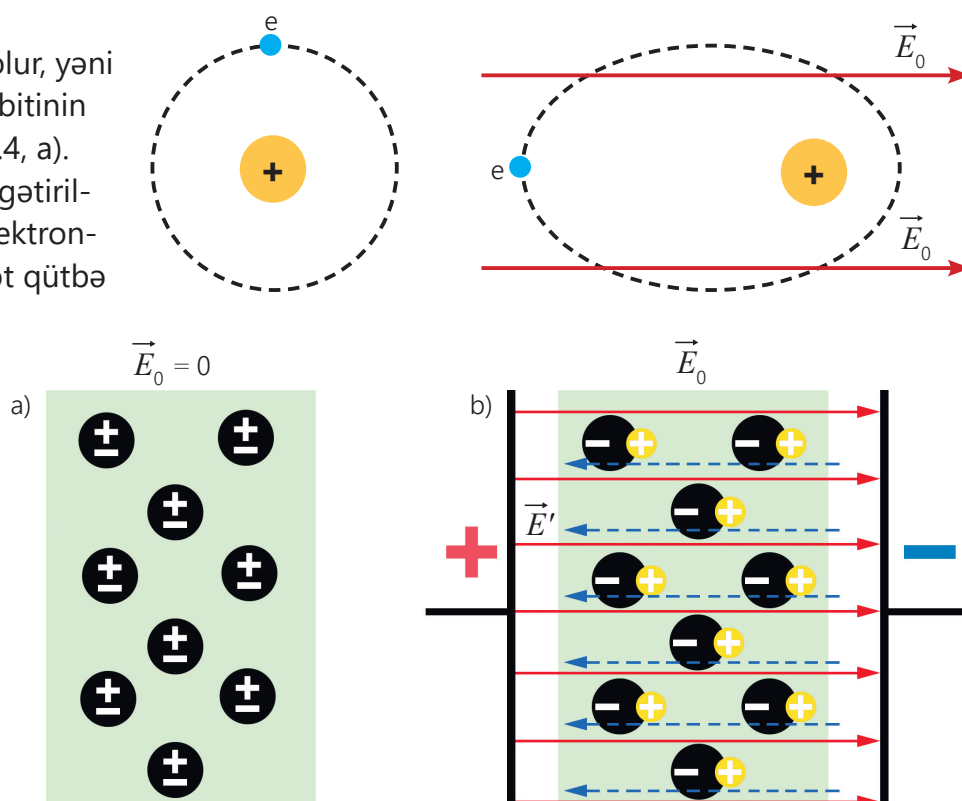
xətlərinə paralel istiqamətləndirməyə çalışacaq. Dipolların mənfi ucları sahəni yaradan müsbət yüklərə doğru – sola yönələcək (şəkil 3.3, b). Beləliklə, dielektrik daxilində istiqaməti xarici sahənin əksinə yönələn daxili elektrik sahəsi yaranır və nəticədə yekun sahə zəifləyir.



Şəkil 3.3. Polyar dielektrik

2. Qeyri-polyar dielektrik. Bu növ dielektrikin atomunda normalda elektronların orbitləri simmetrik olur, yəni müsbət yükün və mənfi yükün orbitinin mərkəzləri üst-üstə düşür (şəkil 3.4, a). Dielektrik xarici elektrik sahəsinə gətirildikdə bu simmetriklük pozulur: elektronların orbiti sahəni yaradan müsbət qütbə doğru bir qədər sürüşür.

Nəticədə atom daxilində müsbət və mənfi yüklərin mərkəzləri bir qədər ayrılır və atom dipol kimi "özünü göstərir". Beləliklə, qeyri-polyar dielektrik də xarici sahədə qismən polyarlaşır və bu dipolların yaratdığı daxili sahə yekun sahəni zəiflədir (şəkil 3.4, b). Qeyri-polyar dielektriklərə təsirsiz qazları, oksigen, hidrogen, polietilen və s.-ni göstərmək olar.



Şəkil 3.4. Qeyri-polyar dielektrik

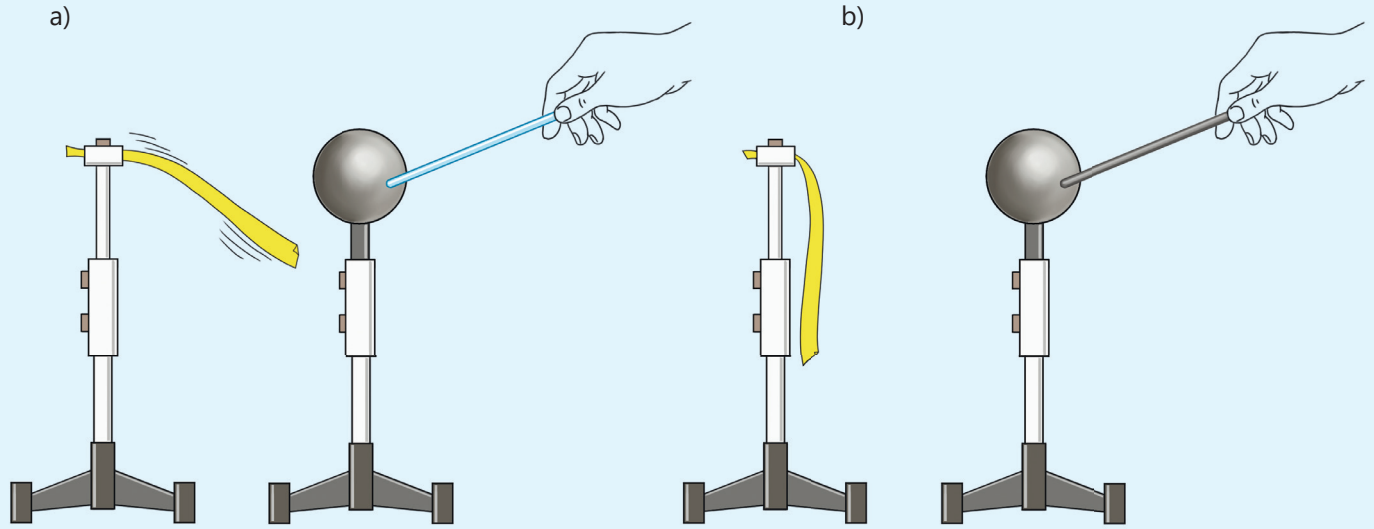
Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

Metal çubuq niyə elektriclənmədi?

Ləvazimat: plastmas ştativə bərkidilən metal kürə, plastmas ştativin ucuna yapışdırılmış nazik kağız lent, metal çubuq, şüşə çubuq, yun (və ya ipək) parça, rezin əlcək, mis məftil.

İşin gedişi

- Ştativləri masa üzərində bir-birinə yaxın yerləşdirin. Şüşə çubuğu parçaya sürtməklə elektricləndirib kürəyə toxundurun (şəkil 3.5, a). Kağız lentin kürəyə cəzb olunma səbəbini yoldaşlarınızla araşdırın.
- Kürəyə əlinizlə toxunub onu elektricsizləşdirin. Sonra metal çubuğu yun parçaya sürtüb metal kürəyə toxundurun və kağız lentdə baş verən dəyişikliyi izləyin (şəkil 3.5, b).



Şəkil 3.5

Müzakirə edin

- Metal çubuğu yun parçaya sürtüb kürəyə toxundurduqda niyə kağız lent tərpanmədi?

Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. Aytac mobil telefonun adapterini elektrik yuvasına (rozetka) taxmaq istəyir. Adapterin naqil hissəsi plastikəbənzər maddə ilə örtüldüyünə görə qardaşı ona deyir: "Narahat olma, bu naqil sənə zərər verməz".

Sual 1. Bu halda plastik örtüyün funksiyası nədir? Aşağıdakı cavablardan hansılar düzgündür?

- plastik naqili bəzəmək üçündür
- plastik elektrik cərəyanını keçirir və bu, cihazın işinə kömək edir
- plastik dielektrikdir və istifadəçini elektrik cərəyanından qoruyur
- plastik naqili qızmadan qoruyur, cərəyanla əlaqəsi yoxdur

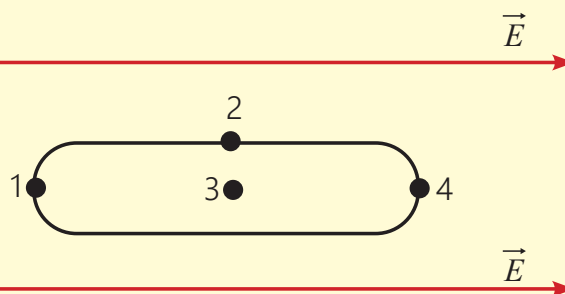
Sual 2. Əgər naqilin ətrafındakı plastik təbəqə zədələnsə və içindəki metal hissə görünərsə, hansı tədbiri görmək ən düzgün olar?

- Yenə də işlətmək olar, çünki cərəyan keçirmir
- Üzərinə kağız dolamaq kifayətdir
- Naqili dəyişdirmək və ya izolyasiya materialı ilə örtmək lazımdır
- Açıq hissəyə mis məftil dolamaq lazımdır

2. Şəkildə intensivliyi \vec{E} olan bircins elektrik sahəsində yerləşdirilmiş mis naqilin en kəşik sahəsi təsvir edilmişdir.

Sual 1. Mis naqilin hansı nöqtəsində sərbəst elektronların konsentrasiyası daha böyükdür? Cavabınızı əsaslandırın.

Sual 2. Naqilin hansı nöqtəsindən cərəyan keçmir?



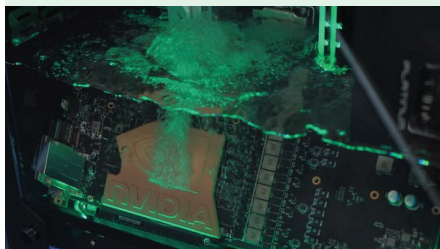
3. Quru havalı otaqda kondisioner və ya televizorun plastik korpusu sürətlə tozlanır.

Sual. Niyə məhz plastik səthlər tozu güclü cəzb edir? Dielektriklərin elektrik sahəsində qütbləşməsi bu hadisəni necə izah edir?

3.1.2 Metalların müqaviməti

Qışda bəzi smartfonlar qəfildən sönür və ya batareya 1% göstərir.

• **Sizcə, bəzi smartfonlar niyə soyuqda öz-özünə sönür?**



Açar
sözlər

müqavimət,
xüsusi müqavimət

Məlumdur ki, *Google, Amazon, NVIDIA* süni intellekt serverlərində xüsusi susoyutma sistemindən istifadə olunur.

• **Niyə süni intellekt serverlərini adi kondisionerlə deyil, su ilə soyudurlar?**



Dövrə hissəsi üçün Om qanununa əsasən verilmiş metal naqilin müqaviməti sabit kəmiyyət olub naqilin uclarındakı gərginlikdən və ondan keçən cərəyan şiddətindən asılı deyil (bax: Fizika 7, II hissə, səh. 51):

$$R = \frac{U}{I} = \text{const.} \quad (1)$$

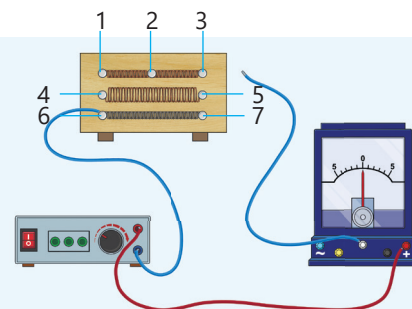
FƏALIVƏT

Metal naqilin müqaviməti nədən asılıdır?

Ləvazimat: sabit gərginlik mənbəyi ($U = 4V$ olan düzləndirici), ampermetr, birləşdirici naqillər, üzərinə tədqiq olunan naqillər bərkidilmiş taxta lövhə.

Lövhənin quruluşu

Tədqiq olunan naqillər uzunluqları və en kəşik sahələri bərabər olan üç ədəd nixrom və bir ədəd dəmir spiraldan ibarətdir. Nixrom spirallardan biri mərkəzi 2 sıxacından keçməklə 1–3 sıxaclarına bərkidilir. Qalan iki nixrom spiral bir-birinin üzərinə qoyularaq (en kəşik sahəsi iki dəfə artırılır) 4–5 sıxaclarına birləşdirilir. Dəmir spiral isə 6–7 sıxaclarına bərkidilmişdir.



İşin gedişi

1. Düzləndirici, ampermetr və tədqiq olunan lövhədən ibarət elektrik dövrəsi yığın. Əvvəlcə lövhədəki 1–3 sıxaclarına bərkidilən nixrom spiraldan keçən cərəyan şiddətini ölçün. Sonra isə spiralın 1–2 sıxaclarını dövrəyə qoşmaqla nixrom spiralın yarısından keçən cərəyan şiddətini ölçün və onları müqayisə edin.
2. Əvvəlcə 1–3 sıxaclarına bərkidilən bir spiraldan, sonra isə 4–5 sıxaclarına qoşulan iki spiraldan keçən cərəyan şiddətlərini ölçün və onları müqayisə edin.
3. Ardıcıl olaraq 1–3 və 6–7 sıxaclarını dövrəyə qoşaraq uzunluqları, en kəşik sahələri bərabər olan nixrom və dəmir spirallardan keçən cərəyan şiddətlərini ölçüb onları müqayisə edin.
4. Elektrik dövrəsinin şəklini iş vərəqinə çəkin və aldığınız nəticələri qeyd edin.

Müzakirə edin

- Müəyyən uzunluqlu naqildən keçən cərəyan şiddəti uzunluğu bu naqilin uzunluğundan iki dəfə kiçik olan naqildən keçən cərəyan şiddətindən neçə dəfə fərqləndi? Beləliklə, naqilin müqaviməti onun uzunluğundan necə asılıdır?
- Eyni gərginliyə en kəşik sahəsi iki dəfə böyük olan naqil qoşduqda cərəyan şiddəti necə dəyişir? Beləliklə, naqilin müqaviməti onun en kəşik sahəsindən necə asılıdır?
- Uzunluqları və en kəşik sahələri bərabər olan, lakin müxtəlif naqillərdən keçən cərəyan şiddətləri eynidirmi? Naqilin müqaviməti daha nədən asılıdır?

Beləliklə, araşdırmadan üç mühüm nəticə aşkar etdiniz:

1. Sabit gərginlik mənbəyinə ($U = const$) qoşulan müəyyən uzunluqlu naqildəki cərəyan şiddəti bu naqilin yarısından keçən cərəyan şiddətindən 2 dəfə kiçikdir. Bu o deməkdir ki, Om qanununa görə ($I = \frac{U}{R}$), bütöv naqilin müqaviməti bu naqilin yarısının müqavimətindən 2 dəfə böyükdür.

• **Naqilin müqaviməti onun uzunluğu ilə düz mütənasibdir.**

2. Sabit gərginlik mənbəyinə ($U = const$) qoşulan naqildən keçən cərəyan şiddəti eyni uzunluqlu, lakin en kəşiyinin sahəsi 2 dəfə böyük olan naqildən keçən cərəyan şiddətindən 2 dəfə kiçikdir. Bu o deməkdir ki, Om qanununa görə ($I = \frac{U}{R}$), en kəşik sahəsi 2 dəfə böyük olan naqilin müqaviməti də 2 dəfə kiçikdir.

• **Naqilin müqaviməti onun en kəşiyinin sahəsi ilə tərs mütənasibdir.**

3. Sabit gərginlik mənbəyinə ($U = const$) qoşulan dəmir naqildən keçən cərəyan şiddəti eyni sabit gərginlik mənbəyinə qoşulmuş eyni ölçüyə malik nixrom naqildən keçən cərəyan şiddətindən 10 dəfə böyük, müqaviməti isə 10 dəfə kiçikdir.

• **Naqilin müqaviməti onun hazırlandığı maddənin növündən də asılıdır.**

Beləliklə, naqilin müqaviməti aşağıdakı düsturla ifadə olunur:

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (2)$$

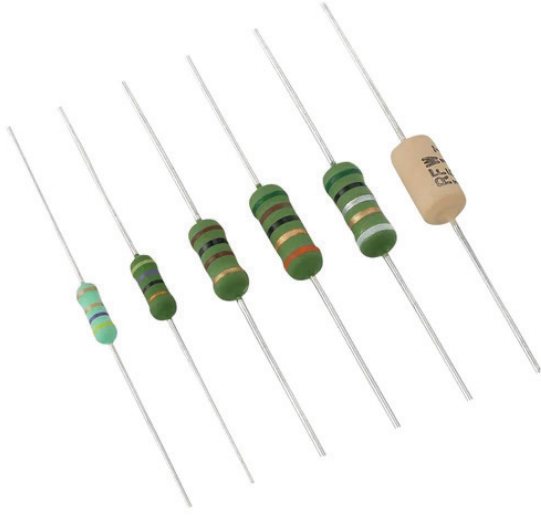
Burada R – naqilin müqaviməti, l – naqilin uzunluğu, S – naqilin en kəşik sahəsi, ρ – naqilin xüsusi müqavimətidir. Xüsusi müqavimət naqilin hazırlandığı maddədən asılı olan fiziki kəmiyyətdir. Cədvəl 3.1-də bəzi maddələrin təcrübədən alınan xüsusi müqavimətləri göstərilir.

Naqilin uzunluğu $l = 1$ m, en kəşik sahəsi $S = 1$ m² olduqda $\rho = \frac{RS}{l}$ düsturundan xüsusi müqavimətin ədədi qiymətə $\rho = R$ olduğu alınır, yəni:

• Xüsusi müqavimət – müəyyən materialdan hazırlanmış, ədədi qiymətə uzunluğu və en kəşiyinin sahəsi vahidə bərabər olan naqilin müqavimətinə bərabərdir. Xüsusi müqavimətin BS-də vahidi $Om \cdot metrdir$ ($1 Om \cdot m$):

$$[\rho] = \frac{[R] \cdot [S]}{[l]} = \frac{1 Om \cdot 1m^2}{1 m} = 1 Om \cdot m.$$





Şəkil 3.6

Naqilin en kəsik sahəsi kiçik olduğundan o bir çox hallarda mm^2 ilə ifadə olunur. Ona görə də xüsusi müqavimətin vahidini $[\rho] = 1 \frac{\text{Om} \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$ kimi də vermək olar.

Rezistor. Elektrik dövrələrində istifadə olunan müqavimət elementləri rezistor (*ing.:* resistor) adlanır. Rezistor elektrik dövrələrindəki cərəyan şiddətini azaldaraq onu əlaqəli dövrələrdəki ayrı detal və ya cihazlar üçün əlverişli qiymətə gətirir. Rezistorlar ölçü və formalarına görə müxtəlif olur (şəkil 3.6).

Cədvəl 3.1. Bəzi maddələrin xüsusi müqaviməti ($t = 20^\circ\text{C}$ -də)

Maddə	$\rho, \frac{\text{Om} \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$	Maddə	$\rho, \frac{\text{Om} \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$
Gümüş	0,016	Manqanın (manqan və nikel ərintisi)	0,43
Mis	0,017	Konstantan (mis və nikel ərintisi)	0,5
Qızıl	0,024	Civə	0,96
Alüminium	0,028	Nixrom (nikel və xrom ərintisi)	1,1
Volfram	0,055	Fexral (Fe+Cr+Al ərintisi)	1,3
Dəmir	0,1	Qrafit	13
Qurğuşun	0,21	Saxsı	10^{19}
Nikel	0,4	Ebonit	10^{20}

•DÜŞÜN
•MÜZAKİRƏ ET
•PAYLAŞ

Eyniölçülü gümüş naqilin müqaviməti mis naqilin müqavimətindən necə fərqlənir? Cavabınızı əsaslandırın.

Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

Məsələ. Muradın atası bağ evində elektrik xətlərini dəyişməyi planlaşdırır. Murad bu işdə atasına kömək etmək istəyir. O, internetdən öyrənir ki, elektrik naqili seçərkən 3 əsas xüsusiyyətə diqqət yetirmək lazımdır. Bunlar naqilin uzunluğu, qalınlığı və hazırlandığı materialdır. Murad elektrik malları satılan mağazada 3 fərqli naqil növünə baxır.

Naqıl	l, m	S, mm^2	$\rho, \frac{Om \cdot mm^2}{m}$
A – mis	10	1,0	0,017
B – alüminium	20	1,5	0,028
C – alüminium	10	1,0	0,028

Sual 1. Murad hansı naqılı seçməlidir – müqaviməti böyük olanı, yoxsa kiçik olanı? Niyə?

Sual 2. Murad naqılı seçərkən niyə, sadəcə, onun uzunluğuna deyil, həm də materialına və en kəsik sahəsinə diqqət yetirməlidir?

Sual 3. Cədvəldən istifadə edərək A, B və C naqillərinin müqavimətlərini hesablayın və müqayisə edin.

Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. Niyə naqilin müqaviməti dövrə hissəsinin uclarındakı gərginlikdən və həmin hissədən keçən cərəyan şiddətindən asılı deyil?
2. Adil və Lalə müxtəlif uzunluq və qalınlıqlarda olan nikel və fexral tellərdən istifadə edərək metal naqillərin elektrik müqavimətini öyrənmək üçün təcrübə apardılar. Təcrübədən alınan nəticələr aşağıdakı cədvəldə təqdim olunur.

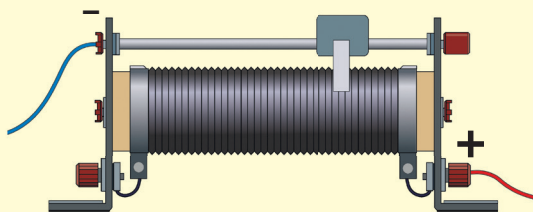
Nº	Metal tel	S, mm^2	l, m	R, Om
1	Nikel	0,2	1	$2,0 \pm 0,2$
2	Nikel	0,2	2	$4,0 \pm 0,2$
3	Nikel	0,4	2	$2,0 \pm 0,2$
4	Fexral	0,2	0,5	$3,0 \pm 0,2$

Sual 1. Təcrübi ölçmələrin nəticələrinə hansı ifadələr uyğun gəlir? Verilən siyahıdan iki düzgün ifadəni seçin və nömrələrini göstərin.

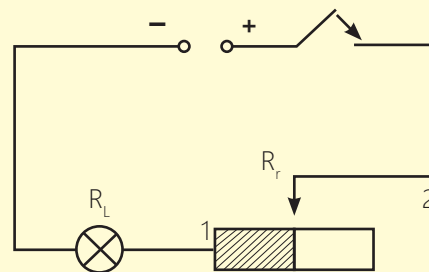
- 1– Keçiricinin elektrik müqaviməti onun hazırlandığı materialdan asılıdır.
- 2– Keçiricinin elektrik müqaviməti keçiricinin uzunluğu artdıqca artır.
- 3– Keçiricinin uzunluğu artdıqca onun elektrik müqaviməti dəyişməz qalır.
- 4– Keçiricinin elektrik müqaviməti keçiricinin en kəsiyinin sahəsi ilə düz mütənasibdir.
- 5– Keçiricinin qalınlığı artdıqca onun elektrik müqaviməti azalır.

Sual 2. Sizcə, bu iki metal teldən – nikel və fexraldan evin elektrik xətlərinin çəkilişində istifadə etmək əlverişlidirmi? Cavabınızı əsaslandırın.

3. Şəkil 3.7-də reostat və onun əsas hissələri təsvir edilmişdir.



Şəkil 3.7



Şəkil 3.8

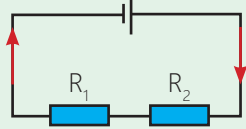
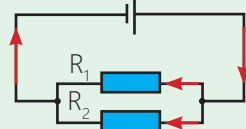
Sual 1. Şəklə əsasən reostatın iş prinsipini izah edin. Reostatdan nə məqsədlə istifadə olunur?

Sual 2. Şəkil 3.8-də reostatın elektrik dövrəsinə qoşulmuş sxemi təsvir edilmişdir. Bu dövrənin ümumi müqaviməti necə təyin olunur?

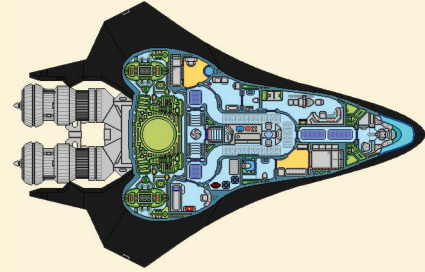
3.1.3 Gərginlik paylayıcı dövrəsi

XATIRLAMA: Fizika 7. Dərslük. Lampaların ardıcıl və paralel birləşdirilməsi

Cədvəldə iki rezistorun ardıcıl və paralel birləşmə sxemi və uyğun birləşmələrin xarakteristikaları təsvir olunmuşdur.

Birləşmə	Ardıcıl	Paralel
Sxemi		
Cərəyan şiddəti	$I = I_1 = I_2$	$I = I_1 + I_2$
Gərginlik	$U = U_1 + U_2$	$U = U_1 = U_2$
Müqavimət	$R = R_1 + R_2$	$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$

Kosmik aparatın sensorlarından biri yalnız 3 V gərginliklə işləyə bilər. Lakin sensor dövrəsinin enerji mənbəyindən daxil olan gərginlik 9 V-dur. Elektrik dövrəsində gərginlik düzgün bölünməzsə, sensor dərhal sıradan çıxıb bilər. NASA mühəndisləri bu problemi gərginlik paylayıcı dövrələr vasitəsilə asanlıqla həll ediblər.



- Ən sadə gərginlik paylayıcı dövrəsi hansı birləşmədən ibarətdir?
- Belə dövrədə gərginliyin lazımı qiymətinin alınması hansı prinsiplə həll edilir?

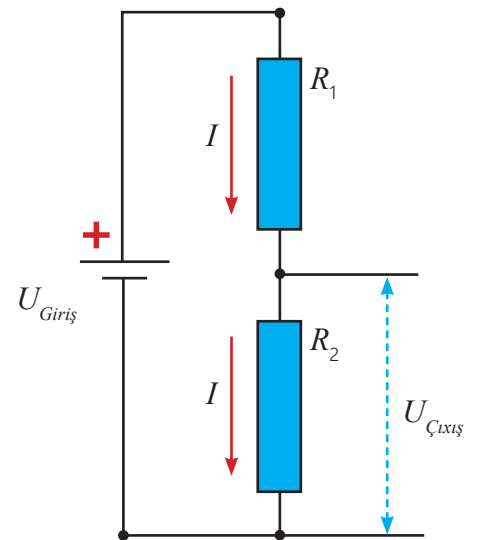
Gərginlik paylayıcı (və ya bölücü) dövrəsi yüksək gərginliyi daha aşağı gərginliyə çevirməyə imkan verən sadə elektrik dövrəsidir. Bu dövrə ardıcıl birləşdirilən iki rezistor arasında gərginliyin paylanma effektindən istifadə edərək mənbəyin sabit giriş gərginliyinin ($U_{Giriş}$) müəyyən payının çıxış dövrəsinə ($U_{Çıxış}$) ötürülməsini təmin edir. Ən sadə gərginlik paylayıcı dövrəsinin sxemi giriş gərginlik mənbəyi və iki rezistordan ibarətdir (şəkil 3.9).

Gərginlik paylayıcı (və ya bölücü) dövrəsində tələb olunan çıxış gərginliyini təyin etmək üçün Om qanunundan və ardıcıl birləşmiş dövrənin xarakteristikalarından istifadə olunur.

Beləliklə, $U_{Çıxış}$ üçün lazım olan düstur aşağıdakı kimi çıxarılır:

$$U_{Çıxış} = I \cdot R_2. \quad (3)$$

Cərəyan şiddətinin ifadəsi Om qanununa görə:



Şəkil 3.9. Gərginlik paylayıcı dövrəsi

$$I = \frac{U_{Giriş}}{R} = \frac{U_{Giriş}}{R_1 + R_2} \quad (4)$$

Ardıcıl birləşmədə $R = R_1 + R_2$ -dir.

(4) ifadəsini (3)-də nəzərə alsaq, çıxış gərginliyi üçün alınır ki:

$$U_{Çıxış} = \frac{U_{Giriş}}{R_1 + R_2} \cdot R_2 \quad (5)$$

Beləliklə, (5) düsturundan görünür ki, uyğun müqavimətli rezistorları daxil etməklə gərginlik paylayıcı dövrələrinin vasitəsilə yüksək giriş gərginliyini tələb olunan kiçik çıxış gərginliyinə qədər azaltmaq mümkündür.

•DÜŞÜN
•MÜZAKİRƏ ET
•PAYLAŞ

Mobil telefonun batareyası 4,2 V gərginlik verir. Lakin ekran, sensorlar, mikrofon və kamera müxtəlif gərginliklərlə işləyir.

Sual. Cihazda müxtəlif gərginliklər bir gərginlik paylayıcısı ilə necə nizamlanır?

Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

Məsələ 1. Robototexnika dərnyində çalışan Cavid hazırladığı robotu test etmək istəyir. Bunun üçün o, robotun idarəetmə panelini 12 V-luq enerji mənbəyinə qoşur. Lakin robotun beyni olan mikrokontroller yalnız 5 V gərginliklə təhlükəsiz işləyə bilər. Cavid bilir ki, mikrokontroller üzərinə düşən gərginlik maksimal həddən artıq olarsa, o, yanaraq sıradan çıxacaq.

Cavidin iki rezistoru var: $R_1 = 7 \text{ kOm}$ və $R_2 = 5 \text{ kOm}$. O, qərara gəlir ki, mikrokontrolleri qorumaq üçün gərginlik paylayıcı dövrəsi qurub gərginliyi 12 V-dan 5 V-a salmağa çalışmalıdır.

Sual 1. Cavid bu rezistorlarla gərginlik paylayıcı dövrəsini hansı sxem üzrə qurmalıdır?

Sual 2. Bu rezistorlarla qurulan gərginlik paylayıcı dövrəsi mikrokontroller üçün 5 V çıxış gərginliyi təmin edirmi?

Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. Arif 9 V-luq batareyaya kiçik LED lampası qoşmaq istəyir. LED lampa isə yalnız 3 V gərginlikdə təhlükəsiz işləyir. Arif özünün elektrik avadanlıqlarının içərisindən iki rezistor tapır: 2 kOm və 1 kOm.

Sual 1. Arif bu rezistorlardan gərginlik paylayıcı dövrəsi yığarsa, neçə volt çıxış gərginliyi alar?

Sual 2. LED lampa bu gərginliklə təhlükəsiz işləyəcəkmi?

2. Bir gərginlik paylayıcı dövrəsi iki rezistorla qurulub: $R_1 = 2 \text{ kOm}$ və $R_2 = 3 \text{ kOm}$.

Dövrənin çıxışında, yəni R_2 rezistorunun uclarında $U_{Çıxış} = 3 \text{ V}$ gərginlik alınır.

Sual. Giriş gərginliyi $U_{Giriş}$ neçə voltdur?

3.1.4 Metalların müqavimətinin temperaturdan asılılığı

Azərbaycanda kosmik mühəndislər yeni rabitə peyki hazırlayırlar. Peyk Yerin ətrafında dolanarkən onun Günəş şüaları ilə işıqlanan səthinin temperaturu $+200^{\circ}\text{C}$, işıqlanmayan səthinin temperaturu isə bəzən -150°C -yə çatır. Peykin enerji sistemi, adətən, mis naqillərdən hazırlanır və bu naqillərin müqaviməti temperaturdan asılı olaraq dəyişir. Müqavimətin temperaturdan asılılığını bilmək kosmik missiyaların təhlükəsizliyi üçün son dərəcə vacibdir.



- **Peykin səthində temperaturun -150°C -dən $+200^{\circ}\text{C}$ -yə qədər dəyişməsi mis naqillərin elektrik müqavimətinin dəyişməsinə necə təsir göstərir? Temperaturun dəyişməsi naqilin müqavimətinə necə təsir göstərir?**
- **Naqillərin müqavimətində baş verən dəyişmələr peykin cihazlarının işləməsinə necə təsir edə bilər?**

Açar sözlər

müqavimətin temperaturdan asılılığı, müqavimətin temperatur əmsalı, müqavimət termometri

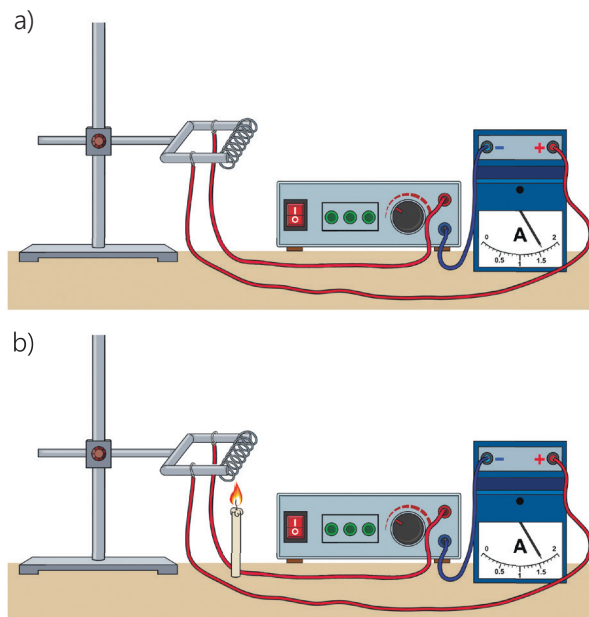
FƏALİYƏT

Naqilin müqavimətinin temperaturdan asılılığının tədqiqi

Ləvazimat: sabit cərəyan mənbəyi (düzləndirici), polad spiral, ampermetr, spirt lampası (və ya şam), alışqan, ştativ, birləşdirici naqillər.

İşin gedişi

1. Şəkil 3.10-da təsvir olunduğu kimi ardıcıl birləşmiş elektrik dövrəsi qurun.
2. Düzləndiricini işə salın və dövrədəki cərəyan şiddətini ölçüb qeyd edin (şəkil 3.10, a). Spirt lampasını yandıraraq cərəyanlı spiralı 1–2 dəqiqə qızdırın və cərəyan şiddətinin necə dəyişdiyini izləyin (şəkil 3.10, b).
3. Spirt lampasını söndürün və cərəyanlı polad spiral soyuduqca ampermetrin göstəricisini müşahidə edin.



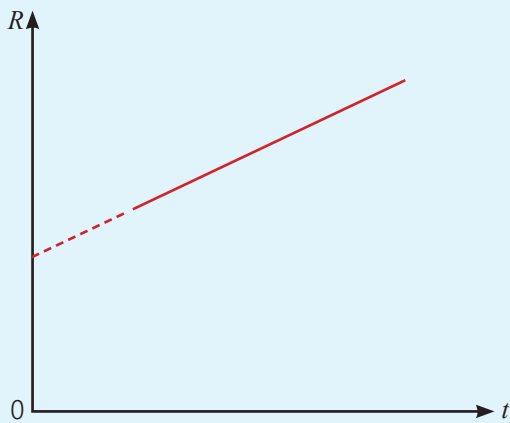
Şəkil 3.10

Müzakirə edin

- **Cərəyanlı polad spiralı qızdırdıqda və soyutduqda dövrədə cərəyan şiddəti necə dəyişdi?**
- **Araşdırmadan hansı nəticəyə gəldiniz?**

?

Metal naqilin müqaviməti temperaturdan asılı olaraq hansı qanunauyğunluqla dəyişir?



Şəkil 3.11. Metal naqilin müqavimətinin temperaturdan asılılıq qrafiki

Araşdırmadan məlum oldu ki, temperaturun dəyişməsi ilə metal naqilin müqaviməti də dəyişir. Belə ki, temperatur artdıqda ampermetrin göstəricisi azalır. Bu isə metal naqilin müqavimətinin artmasını bildirir. Temperatur azaldıqda isə ampermetrin göstəricisi artır, yəni metal naqilin müqaviməti azalır.

Klassik elektron nəzəriyyəsinə görə, metal naqil qızdırıldıqda kristal qəfəsdəki müsbət ionların rəqsi hərəkətlərinin intensivliyi artır. Nəticədə nizamlı hərəkət edən sərbəst elektronların ionlarla toqquşmalarının sayı artır – metal naqildəki cərəyan şiddəti azalır. Deməli, metal naqili qızdırdıqda onun müqaviməti artır. Kiçik temperatur intervalında metal naqillərin müqaviməti temperaturdan xətti asılıdır və bu asılılıq aşağıdakı düsturla ifadə olunur (şəkil 3.11):

$$R = R_0 (1 + \alpha t). \quad (6)$$

Burada R_0 – naqilin 0°C temperaturundakı müqaviməti, R – naqilin müəyyən t temperaturundakı müqaviməti, α – müqavimətin temperatur əmsalındır.

• Müqavimətin temperatur əmsalı ədədi qiymətcə naqili 1°C qızdırdıqda onun müqavimətinin nisbi dəyişməsinə bərabərdir:

$$\alpha = \frac{\Delta R}{R_0 t}. \quad (7)$$

Təmiz metallar üçün müqavimətin temperatur əmsalı həmişə müsbətdir ($\alpha > 0$) və nəzəri hesablamalara görə qiyməti:

$$\alpha \approx \frac{1}{273} \frac{1}{^\circ\text{C}}. \quad (8)$$

Bəzi maddələrin müqavimətinin temperatur əmsalı cədvəl 3.2-də verilmişdir.

Cədvəl 3.2. Bəzi maddələrin müqavimətinin temperatur əmsalı (20°C temperaturunda)

Maddə	$\alpha, 1/^\circ\text{C}$	Maddə	$\alpha, 1/^\circ\text{C}$
Manqanın	0,00003	Sink	0,004
Nikelin	0,0001	Qurğuşun	0,004
Nixrom	0,0001	Gümüş	0,004
Fexral	0,0002	Mis	0,0043
Civə	0,0009	Volfram	0,005
Latun	0,001	Polad	0,006
Alüminium	0,004	Dəmir	0,0066

Metal naqilin xüsusi müqavimətinin temperaturdan asılılıq düsturunu (6) ifadəsinə analogi olaraq belə yazmaq olar:

$$\rho = \rho_0 (1 + \alpha t). \quad (9)$$

•DÜŞÜN
•MÜZAKİRƏ ET
•PAYLAŞ

Astronavt Ay səthində gəzinti zamanı xüsusi isitmə sistemi olan metal altlıqlı ayaqqabı geyinir. Ay səthində kölgədə temperatur -150°C , günəşli sahədə isə $+120^{\circ}\text{C}$ olur.

Sual. Sizcə, astronavtın ayaqqabı altlığının müqaviməti kölgədən günəşli sahəyə keçəndə artacaq, yoxsa azalacaq? Bu dəyişiklik astronavtın istilik sisteminə necə təsir edə bilər?

Metalların müqavimətinin temperaturdan asılılığından xüsusi cihazlarda, məsələn, müqavimət termometrleri adlanan elektron sensorlarda istifadə olunur. Saf metallardan hazırlanan bu termometrlər çox yüksək və ya çox aşağı temperaturları ölçməyə imkan verir. Məsələn, platin müqavimət termometri $-264^{\circ}\text{C} \div 1064^{\circ}\text{C}$, mis müqavimət termometri isə $-50^{\circ}\text{C} \div 180^{\circ}\text{C}$ intervaldakı temperaturları qeydə ala bilər.

Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

Məsələ. Mis naqilin 0°C temperaturda müqaviməti 4 Om -dur.

Sual 1. Naqilin 60°C , 120°C və 180°C temperaturlardakı müqaviməti uyğun olaraq nəyə bərabərdir (müqavimətin ölçü xətasını $\Delta R = \pm 0,2\text{ Om}$ nəzərə alın)?

Sual 2. Aldığınız nəticələrə görə mis naqilin müqavimətinin temperaturdan asılılıq qrafikini necə təsvir etmək olar?

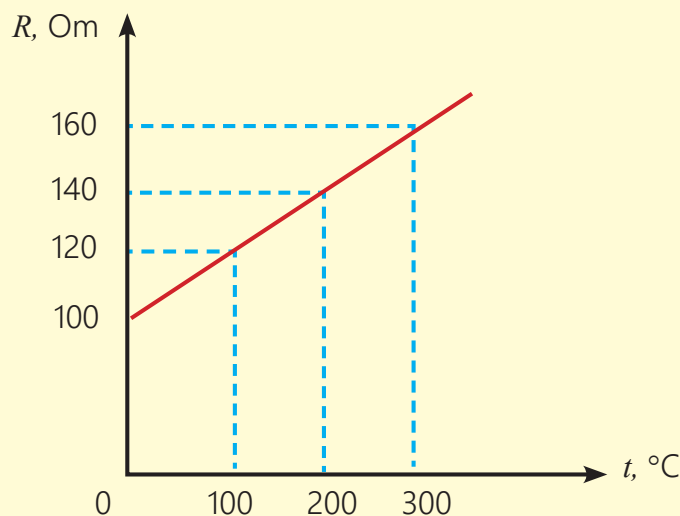
Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. Şəkildə metalın müqavimətinin temperaturdan asılılıq qrafiki təsvir edilmişdir.

Sual 1. Metalın müqavimətinin temperaturdan asılılığı hansı düsturla ifadə olunur?

Sual 2. Metalın müqavimətinin temperatur əmsalı nəyə bərabərdir?

2. Fexral qızdırıcı elementinin 20°C temperaturunda müqaviməti 16 Om -dur.



Sual. Metalın müqaviməti hansı temperaturda 16,4 Om olacaq ($\alpha_{\text{Fexral}} = 2 \cdot 10^{-4} \frac{1}{^\circ\text{C}}$)?

Həlli.

Verilir	Həlli
$t_1 = 20^\circ\text{C},$ $R_1 = 16 \text{ Om},$ $R_2 = 16,4 \text{ Om},$ $\alpha_{\text{Fexral}} = 2 \cdot 10^{-4} \frac{1}{^\circ\text{C}}.$ $t_2 = ?$	$\begin{cases} R_1 = R_0 (1 + \alpha t_1) \\ R_2 = R_0 (1 + \alpha t_2) \end{cases} \Rightarrow \frac{R_2}{R_1} = \frac{R_0(1 + \alpha t_2)}{R_0(1 + \alpha t_1)} = \frac{(1 + \alpha t_2)}{(1 + \alpha t_1)}$ $(1 + \alpha t_2) = \frac{R_2}{R_1} \cdot (1 + \alpha t_1) \rightarrow \alpha t_2 = \frac{R_2}{R_1} \cdot (1 + \alpha t_1) - 1$ <p>Sonuncu bərabərliyin hər iki tərəfini $\frac{1}{\alpha}$-a vurmaqla sadələşdirsək, t_2 üçün alınar:</p> $t_2 = \frac{1}{\alpha} \left[\frac{R_2}{R_1} (1 + \alpha t_1) - 1 \right].$
Hesablanması	
$t_2 = \frac{1}{2 \cdot 10^{-4} \frac{1}{^\circ\text{C}}} \cdot \left[\frac{16,4 \text{ Om}}{16 \text{ Om}} \cdot (1 + 2 \cdot 10^{-4} \frac{1}{^\circ\text{C}} \cdot 20^\circ\text{C}) - 1 \right] = 145,5^\circ\text{C}.$	Cavab: $t_2 = 145,5^\circ\text{C}.$

3. Nixrom qızdırıcı elementinin 18°C temperaturunda müqaviməti 14,2 Om-dur.

Sual. Elementin müqaviməti hansı temperaturda 14,8 Om olacaq?

3.1.5 Elektrik cərəyanının gördüyü iş

XATIRLAMA: Fizika 7. Dərslik. Elektrik cərəyanı. Gərginlik

Cərəyan şiddəti. Elektrik cərəyanı "cərəyan şiddəti" adlanan fiziki kəmiyyətlə xarakterizə olunur.

- Cərəyan şiddəti – vahid zamanda naqilin en kəsiyindən keçən elektrik yükünün miqdarına bərabərdir:

$$I = \frac{q}{t}. \quad (10)$$

Cərəyan şiddəti skalyar kəmiyyətdir və BS-də vahidi amperdir (1A): $[I] = \frac{[q]}{[t]} = 1 \frac{Kl}{san} = 1A$

Elektrik gərginliyi. Cərəyan mənbəyinin elektrik yüklərinə verdiyi enerjinin miqdarı **gərginlik** adlanan fiziki kəmiyyətlə xarakterizə olunur:

$$U = \frac{W}{q}.$$

Burada U – gərginlik, q – elektrik yükü, W – enerjinin miqdarıdır.

Diqqət! W enerjisi vahid q yükünü elektrik sahəsinin iki nöqtəsi arasında hərəkət etdirmək üçün sahənin gördüyü işə bərabərdir, yəni:

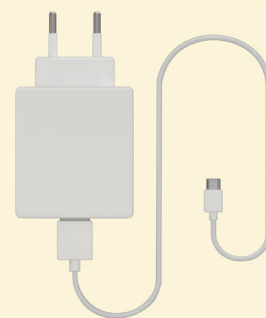
$$A = qU. \quad (11)$$

Sonuncu ifadə o deməkdir ki:

- Elektrik gərginliyi – vahid yükü elektrik sahəsinin iki nöqtəsi arasında hərəkət etdirmək üçün sahənin gördüyü işi ifadə edir.

Gərginlik skalyar fiziki kəmiyyətdir və BS-də vahidi voltdur (1V): $[U] = \frac{[W]}{[q]} = 1 \frac{C}{Kl} = 1V.$

Masada dörd sadə qurğu var: LED lampa, USB mini-fan, adaptor və qızdırıcı soba. Bu cihazlarda eyni hadisə baş verir, yəni hamısından elektrik cərəyanı keçir. Lakin həmin cihazlarda elektrik cərəyanının yaratdığı elektrik enerjisi fərqli növ enerjiyə çevrilir. Enerjinin çevrilmə prosesi işə işgörmənin nəticəsidir. Deməli, naqildən keçən elektrik cərəyanı iş görür.



- Elektrik cərəyanının gördüyü işin miqdarını ölçmək mümkündürmü?
- O hansı fiziki kəmiyyətlərdən asılıdır?

Açar sözlər

cərəyanın gördüyü iş, coul, Coul-Lens istiliyi



Bilirsiniz ki, elektrik cərəyanı elektrik sahəsinin təsiri ilə sərbəst yükdaşıyıcıların, məsələn, metal naqillərdə sərbəst elektronların istiqamətlənmiş hərəkətidir. Bu səbəbdən naqildə cərəyanın gördüyü iş (11) düsturuna görə onun en kəsiyindən keçən elektrik yükünün miqdarından və bu naqilin uclarındakı gərginlikdən asılıdır:

$$A = qU.$$

Sonuncu ifadədə q -nü (10) ifadəsindən təyin edib nəzərə alsaq, elektrik cərəyanının gördüyü iş üçün ümumi düstur belə olar:

$$A = IUt. \quad (12)$$

• **Dövrə hissəsində cərəyanın işi cərəyan şiddəti, bu hissənin uclarındakı gərginlik və işin görülməsinə sərf olunan zamanın hasilinə bərabərdir.**

İşin BS-də vahidi couludur (1C): $[A] = [I] \cdot [U] \cdot [t] = 1A \cdot V \cdot \text{san} = 1C$.

(12) düsturunda Om qanunundan istifadə edərək $U=IR$ və ya $I=U/R$ ifadələri nəzərə alınarsa, elektrik cərəyanının gördüyü iş üçün uyğun olaraq aşağıdakı iki ifadə alınır:

$$A = I^2 Rt, \quad (13)$$

$$A = \frac{U^2}{R} \cdot t. \quad (14)$$

Enerjinin saxlanması qanununa əsasən, başqa bir enerji çevrilməsi olmadıqda naqildə cərəyanın gördüyü iş yalnız onun daxili enerjisinin artmasına, yəni naqilin qızmasına sərf olunur. Nəticədə naqildən Q istilik miqdarı ayrılır: $A = Q$. Buradan alınır ki:

$$Q = IUt. \quad (15)$$

Aparılan çoxsaylı təcrübələrdən iki qanunauyğunluq müəyyən olunmuşdur.

1. *Ardıcıl birləşdirilmiş naqillərdən cərəyan keçdikdə ayrılan istilik miqdarı bu naqillərin ümumi müqaviməti ilə düz mütənasibdir (ardıcıl birləşmədə cərəyan şiddəti dəyişmədiyindən):*

$$Q = I^2 Rt. \quad (16)$$

Kəmiyyətlər arasındakı bu münasibəti təcrübi olaraq ilk dəfə ingilis fiziki C.Coul və rus alimi E.Lens kəşf etdiyindən o, Coul-Lens qanunu adlandırılmışdır:

• **Cərəyanlı naqildə ayrılan istilik miqdarı cərəyan şiddətinin kvadratı, naqilin müqaviməti və cərəyanın keçmə müddətinin hasilinə bərabərdir.**

2. *Paralel birləşdirilmiş naqillərdən cərəyan keçdikdə ayrılan istilik miqdarı bu naqillərin ümumi müqavimətindən tərs mütənasib asılıdır (paralel birləşmədə gərginlik dəyişmədiyindən):*

$$Q = \frac{U^2}{R} t. \quad (17)$$

• DÜŞÜN
• MÜZAKİRƏ ET
• PAYLAŞ

Telefon akkumulyatorunun doldurulması və metal spiralın qızdırılması üçün eyni miqdarda elektrik enerjisindən istifadə olunur.

Sual. Bəs niyə nəticələr tamamilə fərqlidir?



Ceyms Coul (1818–1889)
İngilis fiziki. Elektrik cərəyanının istilik effektlərini öyrənmişdir. BS-də onun şərəfinə enerji vahidi **coul** qəbul edilmişdir.



Lens Emili Xristianoviç (1804–1865)
Alman əsilli rus fiziki. Maqnit təsiri ilə yaranan cərəyanın istiqamətini müəyyənləşdirmiş, elektrik cərəyanının istilik təsirini tədqiq etmişdir.

Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

Məsələ. Müqavimətləri $R_1 = 30 \text{ Om}$ və $R_2 = 10 \text{ Om}$ olan rezistorların paralel birləşdirilmiş dövrə hissəsinin uçlarındakı gərginlik 4V-dur.

Sual 1. Hər bir rezistorda cərəyanın 1 dəqiqədə gördüyü iş nəyə bərabərdir?

Sual 2. Bu dövrə hissəsindən cərəyan keçdikdə 10 dəqiqədə nə qədər istilik ayrılır?

Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. Elektrik cərəyanının gördüyü işin üç düsturunu yazın və onlardan hansı halda istifadə etməyin əlverişli olduğunu izah edin.

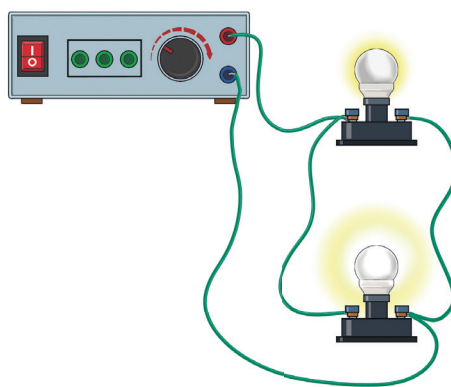
2. Smartqızdırıcı kabel. "Ağıllı" qızdırıcı kabelin (məsələn, boruların donmaması üçün istifadə olunur) üzərində sınaq aparılır. Kabelə 110 V gərginlik tətbiq olunduqda ondan 260 kC istilik miqdarı ayrılır.

Sual 1. Bu kabeldən 5 A şiddətində cərəyan keçməsi üçün onun neçə saniyə işləməsi lazımdır?

Sual 2. Bu texnologiyadan qışda daha haralarda istifadə oluna bilər?

3. Şəkil 3.12-də cərəyan mənbəyinə (düzləndiriciyə) iki lampanın paralel birləşdirilmə dövrəsi təsvir edilmişdir. Açarı qapadıqda lampalardan biri parlaq, digəri isə zəif işıqlanır.

Sual. Hansı lampada cərəyanın gördüyü iş böyükdür? Cavabınızı əsaslandırın.

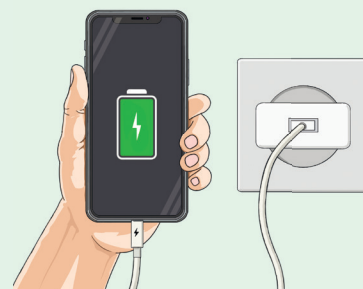


Şəkil 3.12

3.1.6 Elektrik cərəyanının gücü

Mobil telefon 5 V gərginliklə işləyir. Amma adapteri dəyişəndə enerji yığıma sürəti ya kəskin arta, yaxud da azala bilər.

- **Telefon və enerji mənbəyi eyni olduğu halda, niyə müxtəlif adapterlər akkumulyatoru fərqli müddətə doldurur?**
- **Bu fərqi yaradan nədir?**



Açar sözlər

işin görülmə yeyinliyi, elektrik cərəyanının gücü, vatt, 1 kVt-saat

FƏALİYƏT

Batareya dəyişmir, niyə nəticələr fərqli sürətlə baş verir?

Ləvazimat: cərəyan mənbəyi (4,5 V gərginlikli batareya, yaxud 4 V-luq düzləndirici), kiçik lampalar (2 müxtəlif tipli: parlaq LED, nazik közərmə teli olan lampa), kiçik elektrik mühərriki (2 müxtəlif güclü), ampermetr, voltmetr, saniyəölçən, açar, birləşdirici naqillər.

İşin gedişi

1. Cərəyan mənbəyi, açar, LED lampası, ampermetr, voltmetr və birləşdirici naqillərdən ibarət ardıcıl elektrik dövrəsi qurun (şəkil 3.13).

2. Bu zaman iki fəaliyyət icra edin:

a) açarı qapayın və lampanın parlaqlığının dəyişmə sürətini izləyin;

b) 20 san müddətində lampanın uclarındaki gərginliyi və ondan keçən cərəyan şiddətini qeyd edin. Nəticələri cədvəl 1-də yazın.

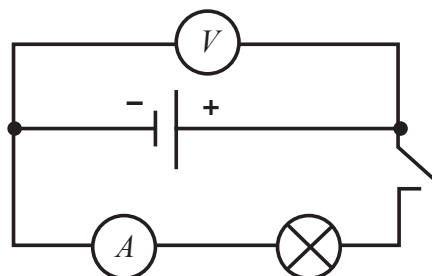
3. LED lampasının əvəzinə dövrəyə ardıcıl olaraq əvvəlcə közərmə lampası, sonra isə elektrik mühərriki qoşmaqla təcrübəni təkrarlayın. Hər dəfə uyğun olaraq yenə iki fəaliyyət icra edin:

a) açarı qapayın və közərmə lampasının işıqlanmasının dəyişmə sürətini izləyin. Sonrakı təcrübədə isə mühərrikləri dəyişməklə onların fırlanmalarını müqayisə edin;

b) 20 san müddətində uyğun olaraq lampanın və mühərrikin uclarındaki gərginliyi və onlardan keçən cərəyan şiddətinin qiymətini qeyd edin. Nəticələri cədvəl 1-də yazın.

Müzakirə edin

- **Aparılan təcrübələrdə fərqli nə müşahidə etdiniz?**
- **Batareya eyni olduğu halda, nəticələr niyə fərqli sürətlə baş verir? Məsələn, LED parlaq işıqlanır, közərmə lampası nisbətən gec işıqlanır, mühərrik sürətlə fırlanır.**
- **Cihazlarda cərəyanın gördüyü işlər arasında hansı fərq alındı?**



Şəkil 3.13

Cədvəl 1.

Nö	Cihaz	t, san	I, A	U, V	A, C
1	LED lampa	20			
2	Közərmə lampası				
3	Elektrik mühərriki				

Apardığınız araşdırmada eyni cərəyan mənbəyi ilə müxtəlif cihazlarda baş verən enerji dəyişikliyinə müxtəlif sürətlə baş verməsinin səbəbi elektrik cərəyanının gördüyü işi hansı yeyinliklə icra etməsinin nəticəsidir.

Elektrik enerjisinin verilmə yeyinliyi və ya elektrik enerjisinin digər enerji növlərinə çevrilmə yeyinliyi **elektrik cərəyanının gücü** adlanan fiziki kəmiyyətlə xarakterizə olunur.

• **Elektrik cərəyanının gücü – ədədi qiymətcə cərəyanın gördüyü işin bu işi görməyə sərf olunan zamana nisbətində bərabərdir:**

$$P = \frac{A}{t}. \quad (18)$$

Burada P – cərəyanın gücüdür.

(18) ifadəsində (12) düsturunu nəzərə alsaq:

$$P = \frac{IUt}{t} = IU. \quad (19)$$

• **Elektrik cərəyanının gücü cərəyan şiddəti ilə gərginliyin hasilinə bərabərdir.**

Elektrik cərəyanının gücünün BS-də vahidi vattdır (1 Vt): $[P] = \frac{[A]}{[t]} = 1 \frac{C}{san} = 1Vt.$

(19) ifadəsindən göründüyü kimi:

$$1Vt = 1A \cdot V.$$

Elektrik cərəyanının gücü (18) və (19) düsturları ilə yanaşı, aşağıdakı düsturlarla da hesablanı bilər:

$$P = \frac{U^2}{R}. \quad (20)$$

$$P = I^2R. \quad (21)$$

Elektrik işlədicisinin gücünü bilməklə verilən müddətdə elektrik cərəyanının gördüyü işi hesablamaq olar:

$$A = Pt. \quad (22)$$

Bu iş işlədicinin cərəyan mənbəyindən aldığı W elektrik enerjisinə bərabərdir. Məsələn, gücü $P=1800$ Vt olan elektrik qızdırıcısı bir ay ərzində (30 sutka) fasiləsiz işlədikdə onun cərəyan mənbəyindən aldığı enerji belə hesablanır:

$$W = Pt = 1800 \text{ Vt} \cdot 3600 \text{ san} \cdot 24 \cdot 30 = 46,656 \cdot 10^8 \text{ C} = 4665600 \text{ kC}$$

•DÜŞÜN
•MÜZAKİRƏ ET
•PAYLAŞ

Elektromobilin akkumulyatoru sürətli doldurma stansiyasında 20 dəqiqəyə, evdə isə 10 saata dolur.

Sual. Sürətli doldurma stansiyası elektromobilə niyə hər saniyədə ev şəbəkəsindən qat-qat çox enerji ötürə bilər?

Çox vaxt elektrik enerjisi hesablanarkən onun qiyməti coulla deyil, kilovat · saatla ifadə edilir:

• **Kilovat · saat – gücü 1 kVt olan elektrik cərəyanının 1 saatda gördüyü işə bərabərdir:**

$$1 \text{ kVt} \cdot \text{saat} = 1000 \text{ Vt} \cdot 3600 \text{ san} = 3600 \text{ kC}$$

və ya əksinə:

$$1 \text{ kC} = \frac{1 \text{ kVt} \cdot \text{saat}}{3600}$$

Beləliklə, elektrik qızdırıcısının bir ayda işlətdiyi elektrik enerjisini asanlıqla hesabla-
maq olar:

$$W = \frac{4665600 \cdot 1 \text{ kVt} \cdot \text{saat}}{3600} = 1296 \text{ kVt} \cdot \text{saat}$$

Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

Məsələ

Ölkəmizdə əhali üçün elektrik enerjisinin qiyməti istehlak həcmindən asılı olaraq hər 1 kVt · saat elektrik enerjisi fərqli tarifkasiya ilə hesablanır:

- ilk 200 kVt · saat üçün hər 1 kVt · saat elektrik enerjisi 8,4 qəpik;
- 200 kVt · saatdan 300 kVt · saata qədər olan hissə üçün – 10 qəpik;
- 300 kVt · saatdan yuxarı olan hissə üçün isə hər 1 kVt · saat elektrik enerjisi 15 qəpik təşkil edir.

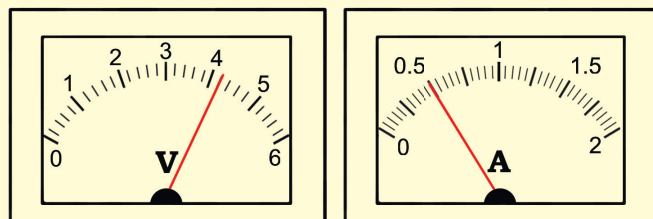
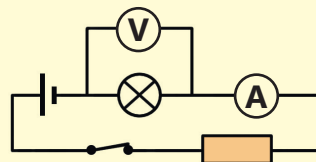
Sual 1. Gücü 1800 Vt olan elektrik qızdırıcısının bir ay ərzində fasiləsiz işlətdiyi enerji üçün nə qədər ödəniş edilməlidir?

Sual 2. Bu qızdırıcı bütün qışı (3 ay) fasiləsiz işləyərsə, onun işlətdiyi enerji üçün nə qədər ödəniş edilməlidir?

Öyrəndiklərinizi yoxlayın

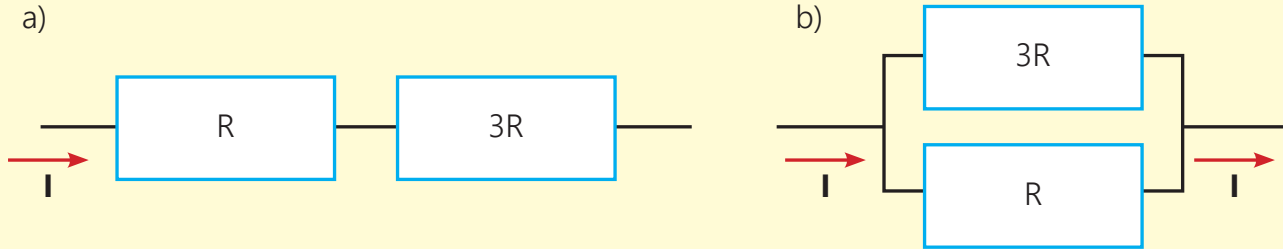
1. Şəkildə elektrik dövrəsi göstərilir.

Sual. Lampadan keçən cərəyanın gücü nəyə bərabərdir?



2. Şəkildə eyni gərginlik mənbəyinə birləşdirilmiş iki rezistordan ibarət ardıcıl (a) və paralel dövrə hissələrinin (b) sxemi təsvir edilmişdir.

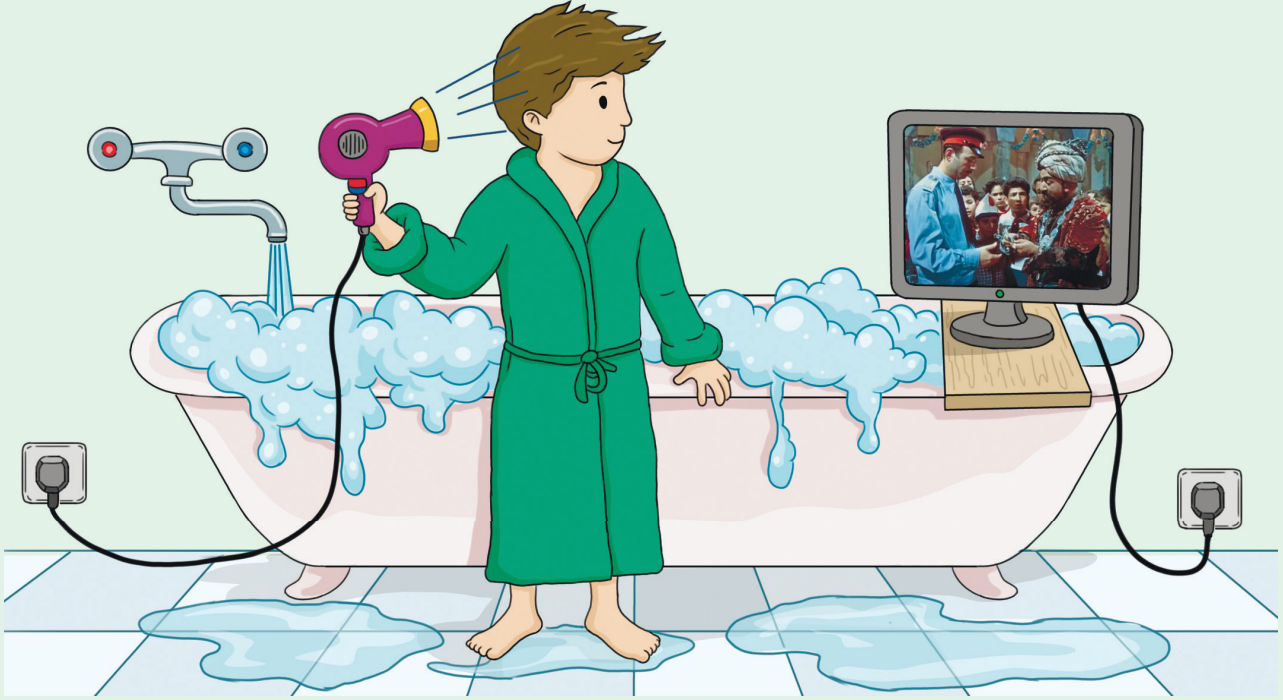
Sual. Hansı dövrə hissəsindən keçən cərəyanın gücü böyükdür?



3.1.7 Elektrik cərəyanının canlı orqanizmə təsiri

Televizorda ən çox sevdiyi "Sehrli xalat" filminin yayımlandığı vaxt yuyunmaq məcburiyyətində qalan Toğrul hamam otağını şəkildəki kimi hazırlayır. O bununla da istəyinə nail olduğunu düşünür.

- **Toğrul elektrik təhlükəsizliyi məqsədilə nə etməlidir?**



Toğrulun valideynləri yeni alınan paltaryuyan maşının harada yerləşdirilməsini müzakirə edirdilər. Ata onun mətbəxdə, ana isə hamam otağında quraşdırılmasını təklif edirdi. Toğrul müzakirəyə qarışaraq anasının təklifini müdafiə etdi.

- **Təhlükəsizlik baxımından kimin təklifi daha məqsədəuyğundur? İki səbəb göstərin.**

Açar sözlər

cərəyanın canlı orqanizmə təsirləri, təhlükəsizlik qaydaları, cərəyanın tətbiqləri

• Elektrik cərəyanının canlı orqanizmə mənfi təsiri

İnsan bədənini elektrik cərəyanını yaxşı keçirir. Bədənin ayrı-ayrı toxumalarının cərəyan keçirməsi müxtəlifdir. Sümük maddəsi, dəri örtüyü və birləşdirici toxumalar cərəyanı pis keçirir. Bu hissələrin xüsusi müqaviməti çox böyük olub $10^7-10^9 \text{ Om} \cdot \text{m}$ tərtibindədir.

Onurğa beyni mayesi, qan zərdabı, qan və sinir-əzələ toxuması isə cərəyanı yaxşı keçirən hissələrdir. Bu hissələrin xüsusi müqaviməti $0,6-0,7 \text{ Om} \cdot \text{m}$ arasında dəyişir.

İnsan bədənində cərəyan ionlarla yaranır. Bunlar dəmir, kalsium, fosfor, kalium, natrium və digər kimyəvi elementlərin ionlarıdır. Cərəyanın insan bədənindən keçməsi bir sıra fizioloji hadisələrlə müşayiət olunur. Bədəndən cərəyan keçdikdə qıcıqlanma, əzələ

yığılması, tənəffüs pozğunluğu, iflicolma və ölüm hadisəsi ola bilər. Cərəyanla zədələnmənin nəticəsi insan bədənindən keçən cərəyan şiddətindən, cərəyanın xarakterindən (sabit və ya dəyişən cərəyan olmasından), onun bədəndən keçmə müddətindən və yolundan asılıdır. Cərəyanın ürəkdən və beyindən keçməsi isə olduqca təhlükəlidir.

Cədvəl 3.4-də yaşlı insanın əl-əl və əl-ayaq hissələrindən keçən cərəyanın təsirlərinin cərəyan şiddətindən asılılığı göstərilmişdir.

Cədvəl 3.4. Yaşlı insanın əl-əl və əl-ayaq hissələrindən keçən cərəyanın təsirləri

I, (mA)	Cərəyanın təsirləri	
	Sabit cərəyan	Dəyişən cərəyan
2–3	Hiss olunmur.	Əlin barmaqlarının güclü titrəməsi
5–10	Qızma hiss olunur.	Ağrılar hiss olunur. Əllər qıç olur.
12–15	Qızma güclənir.	Barmaqlarda və əllərin sümüklərində güclü ağrılar olur. 5–10 san dözümlüdür.
20–25	Qızmanın daha da güclənməsi. Əllərin əzələləri azca yığılır.	Əllər iflic olur, onları naqıldən ayırmaq olmur. Nəfəsalma çətinləşir. 5 san dözümlüdür.
50–80	Əllərin əzələləri yığılır. Nəfəsalma çətinləşir.	Nəfəsalmanın iflici. Ürək fəaliyyətinin pozulması
90–110	Nəfəsalmanın iflici.	Nəfəsalmanın iflici. 3 san və daha çox davam etdikdə ürəyin iflici. Ölüm.

Cədvəldən görünür ki, cərəyan şiddətinin 100 mA qiymətində ölüm hadisəsi ola bilər. Bədənin müqaviməti sabit olmur. Müqavimət insanın halından, onun dərisindən, dəridə tərin olub-olmamasından asılıdır. Quru və bərkimiş dərinin müqaviməti çox böyük, nazik, zərif və nəm dərinin müqaviməti isə kiçikdir. Bir əlin barmaqlarından digər əlin barmaqlarına qədər quru dərinin müqaviməti təqribən 10^5 Om-dur. Əllər tərlə olduqda isə müqavimət 1500 Om tərtibindədir. Bu müqavimətlərə uyğun olaraq ölüm halı yarada bilən gərginlikləri hesablayaq:

$$U_{quru} = 100 \cdot 10^{-3} A \cdot 10^5 Om = 10000 V;$$

$$U_{yaş} = 100 \cdot 10^{-3} A \cdot 1500 Om = 150 V.$$

• Elektrik cərəyanının müsbət təsirləri

Elektrik cərəyanının müsbət təsirləri də vardır ki, onlardan canlı orqanizmlərin diaqnostika və profilaktikasında, kosmetologiya və sənaye sahələrində geniş istifadə olunur. Bu barədə cədvəl 3.5-də qısa məlumat verilmişdir.

Cədvəl 3.5. Elektrik cərəyanının tətbiq olunduğu sahələr

TƏBABƏT	<p>Elektroterapiya elektrik cərəyanlarının və sahələrinin istifadəsinə əsaslanan müalicə və reabilitasiya metodudur. Bəzi tətbiq sahələri bunlardır:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elektroəzələ stimulyasiyası – cərəyan zədələrdən, əməliyyatlardan və ya iflic kimi vəziyyətlərdən sonra əzələ funksiyasını bərpa etməyə kömək edir. • Ağrıkəsici – məsələn, transkutan elektrik sinir stimulyasiyası (TENS) xroniki ağrı, artrit və digər vəziyyətlərdə ağrını azaltmaq üçün zəif elektrik impulslarından istifadə edir. • Defibrilyasiya – ürək dayanması hallarında elektrik şoku normal ürək ritmini bərpa edə bilər və s.
----------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

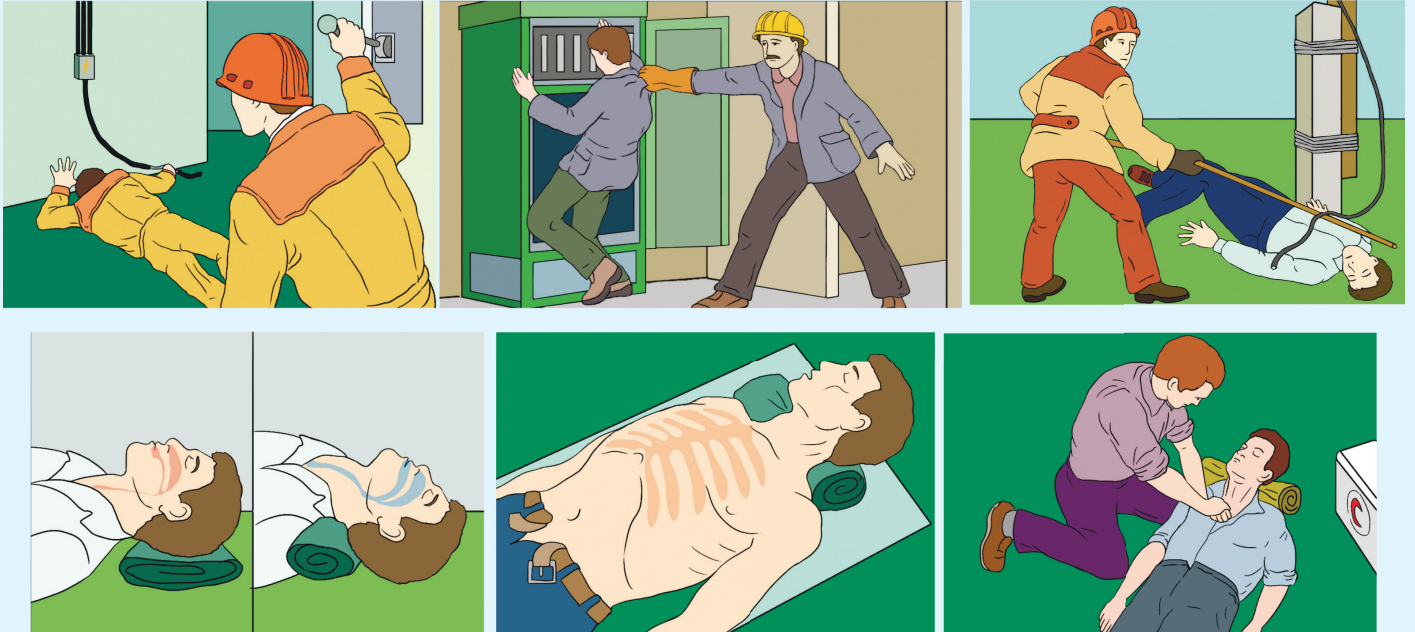
SƏNAYE	<p>Elektrik cərəyanının istilik effekti müxtəlif proseslərdə, məsələn, aşağıdakılarda istifadə olunur:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elektrik qaynağı – cərəyan iki metal parçasının birləşdiyi nöqtədə istilik ayırır və bu, hissələrin möhkəm birləşməsi üçün imkan yaradır. • Xüsusi markalı polad və digər metalların əridilməsi – elektrik qövs sobaları metalları əritmək üçün bir neçə min amperə qədər cərəyandan istifadə edir.
KOSMETOLOGİYA	<p>Mikrocərəyan terapiyası – dərinin vəziyyətini yaxşılaşdırmaq üçün aşağı intensivlikli elektrik cərəyanlarından istifadə edən fizioterapiya metodudur. Bəzi faydaları bunlardır:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Qan dövranının yaxşılaşdırılması – mikrocərəyanlar üz əzələlərinə və dəriyə qan axınıni stimullaşdırır ki, bu da hüceyrələrə oksigen axınının artmasına kömək edir. • Kollagen və elastin istehsalının artması – mikrocərəyanlar dəri hüceyrələrini (fibroblastlar) vacib zülalları istehsal etmək üçün stimullaşdırır ki, bu da yaşlanmanın görünən əlamətlərini azaltmağa kömək edir. • Əzələ tonusunun yaxşılaşdırılması – mikrocərəyan terapiyası üz əzələlərini gücləndirməyə, dərinin sıxmağa kömək edir və s.

Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

Elektrik cərəyanından zərərçəkənlərə ilk yardım

Elektrik dövrələri ilə işləyərkən çox ehtiyatlı olmaq və müəyyən təhlükəsizlik qaydalarına əməl etmək lazımdır. Bu qaydaların yazıldığı lövhələr hər bir fizika kabinetində var.

Aşağıdakı şəkildə elektrik cərəyanı "vuran" adamın cərəyan xəttindən uzaqlaşdırılması və ona ilk yardım göstərilməsinə aid təsvirlər verilib. Onları şərh edin.



Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. Bədənin hansı hissələri cərəyanı yaxşı keçirir?
2. Aşağıdakı təsvirləri şərh edin.



3. İnsan bədəninin elektrik müqaviməti, demək olar, dəri səthinin üst qatının (epidermis) müqaviməti ilə müəyyən olunur. Nazik, zərif, tərli (və ya nəm), habelə zədəli dəri elektrik cərəyanını yaxşı keçirir. Əksinə, quru və sərtləşmiş dəridən isə cərəyan çox pis keçir. Dərinin vəziyyətindən (nəmlik, təmas sahəsi və s.) və cərəyanın istiqamətindən asılı olaraq insan bədəninin müqaviməti $9,5 \div 10 \text{ Om}$ -dan 100 kOm -a qədər qiymətlər ala bilər. Müəyyən olunmuşdur ki, insanın tərli əlləri arasında elektrik gərginliyinin 220 V qiymətində onun bədəninin müqaviməti $1,5 \text{ kOm}$ -a bərabərdir.

Sual 1. Verilən məlumatlara əsasən insan bədənindən keçən uyğun cərəyan şiddətini təyin edin.

Sual 2. İnsan bədəninin elektrik müqavimətinin hansı qiymətlərində 220 V gərginlikli cərəyan onun üçün ölümcül olur?

3.2 Qazların elektrik keçiriciliyi

Təbii halda hava dielektrikdir, yəni bizi əhatə edən qazlar elektrik cərəyanını keçirmir. Əgər qazlar keçirici olsaydı, həyatda elektrik cərəyanından istifadə etmək mümkün olmazdı. Çünki havadakı açıq naqillər, evlərdəki elektrik yuvaları insan həyatı üçün çox təhlükəli olardı. Lakin bəzi hallarda xüsusi şərtlər daxilində qazlar da keçirici ola bilər.

3.2.1 Qazlarda elektrik cərəyanı: qeyri-müstəqil qaz boşalması

Təbii halda qazlar dielektrikdir, çünki onların atom və molekulları elektrik cəhətdən neytraldır. Onlarda sərbəst yükdaşıyıcı zərrəciklər yoxdur. Lakin bəzi cihazlarda, məsələn, qaz sobasında, çaxmaqda elektrik cərəyanı (qıçılıcı) məhz alovdan rahat keçir.

- Sizcə, alovun elektrik keçiriciliyinin səbəbi nədir?
- Alovda elektrik cərəyanı hansı sərbəst yükdaşıyıcılar sayəsində keçir?

Açar sözlər

qaz boşalması, ionlaşma, rekombinasiya, qeyri-müstəqil qaz boşalması

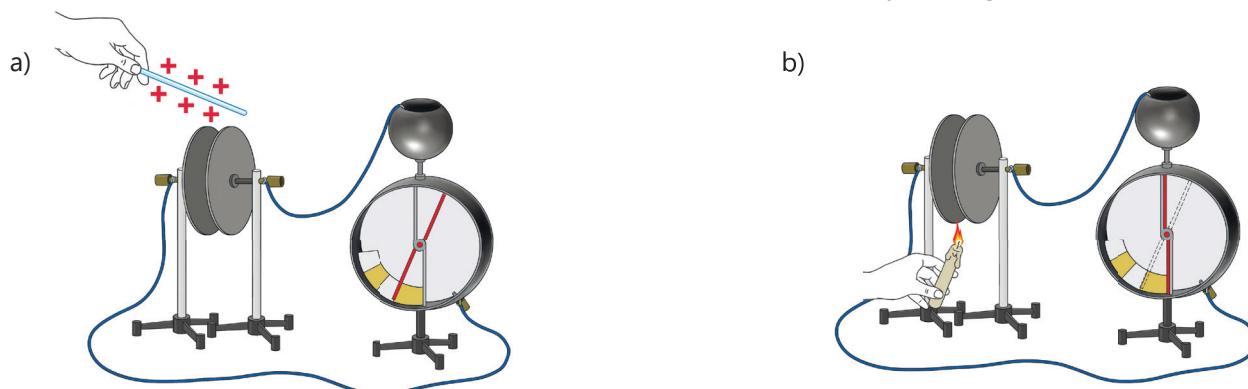
FƏALİYƏT

Dielektrik hava hansı yükdaşıyıcılar hesabına elektrik cərəyanını keçir?

Ləvazimat: ebonit (və ya şüşə) çubuq, ipək (və ya yun) parça, paralel müstəvi lövhələr (2 ədəd), elektrometr, şam (və ya kibrit), birləşdirici naqillər.

İşin gedişi

1. Lövhələrdən birini elektrometrin metal sferasına, digərini isə elektrometrin gövdəsindəki sıxaca birləşdirin.
2. İpək parçaya sürtməklə elektrikləndirdiyiniz ebonit çubuğu lövhələrdən birinə toxundurmaqla onu yükləndirin. Prosesi bir neçə dəfə təkrarladıqda lövhələr əksişərəli elektrik yükü ilə daha çox elektriklənir. Bu zaman elektrometrin əqrəbi meyil etməklə lövhələr arasında elektrik sahəsinin yarandığını göstərir (şəkil 3.14, a).



Şəkil 3.14

3. Lövhələri yaxınlaşdıraraq bir-birinə toxundurun və baş verən hadisəni izləyin.
4. Lövhələri yenidən aralayıb onların arasında hava qatı saxlayın. Ebonit çubuqla lövhələri elektricləndirin. Elektrometr yenə lövhələr arasında elektrik sahəsinin yarandığını göstərir. Cihazlara toxunmadan bir neçə dəqiqə elektrometr əqrəbinin vəziyyətini müşahidə edin.
5. Lövhələr arasındakı hava qatına şamın (yaxud kibritin) alovunu daxil edin və tez də uzaqlaşdırın. Hava qatının elektriki keçirib-keçirmədiyini izləyin (bax: şəkil 3.14, b).

Müzakirə edin

- Elektriclənmiş lövhələri bir-birinə toxundurduqda niyə elektrometrin əqrəbi sıfır bölgüsünə düşdü?
- Lövhələr uzun müddət yüklü olsa da, niyə boşalmadı, yəni elektrometrin əqrəbi niyə sıfır bölgüsünə düşmədi?
- Elektriclənmiş lövhələr arasındakı hava qatına şam və ya kibrit alovu daxil edib tez də uzaqlaşdırdıqda nə müşahidə etdiniz? Baş verən hadisənin səbəbi haqqında fərziyyənizi söyləyin.

Adi halda qazlar dielektrikdir, lakin elə əlverişli şərait yarana bilər ki, qazlar da keçirici ola bilər. Qazların elektrik keçiriciliyi qaz boşalması adlanır.

• *Qaz boşalması – elektrik sahəsinin təsiri altında qazdakı elektronların, müsbət və mənfi ionların nizamlı hərəkətidir.*

Qazda elektrik yükdaşıyıcıları iki üsulla yaradıla bilər.

1. Qaz molekullarını xarici təsirlə ionlaşdırmaqla.

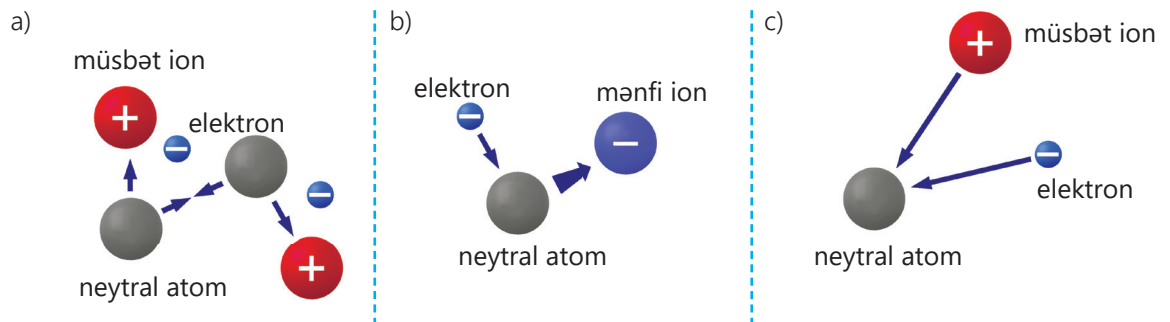
Qazın neytral atom və molekullarını ionlaşdıran xarici təsirlər *ionlaşdırıcı* adlanır. **İonlaşdırıcılar 3 cürdür:**

- 1) Termik ionlaşma – qazı çox yüksək temperatura qədər qızdırmaqla.
- 2) Şüalandırma – qaza rentgen, radioaktiv, ultrabənövşəyi və s. şüalanma ilə təsir etməklə.
- 3) Zərbə (toqquşma) ionlaşması – qazda güclü elektrik sahəsində sürətlənən yüklü zərrəciklərin atom və molekullarla toqquşması nəticəsində baş verir.

2. Qaz mühitinə xaricdən yüklü zərrəciklər (elektron, müsbət və mənfi ionlar) daxil etməklə.

Məsələn, şam, spirt və ya kibrit alovunun tərkibi elektron və ionlardan ibarət olduğundan o, havanı bu zərrəciklərlə təchiz edir.

Xarici təsirlə qaz necə ionlaşdırılır? Yüksək temperatura qədər qızdırılan qazın atomlarının (və ya molekullarının) istilik hərəkətləri elə intensivləşir ki, onlar bir-biri ilə toqquşduqda elektrona və müsbət iona parçalanır (şəkil 3.15, a). Bu ionlaşma xarici təsir davam etdiyi müddətdə baş verir və qeyri-müstəqil xarakter daşıyır.



Şəkil 3.15. Qaz atomlarının ionlaşması və zərrəciklərin rekombinasiyası

Bu proseslə yanaşı, neytral qaz atomları sərbəstləşmiş elektronları özlərinə birləşdirərək mənfi ionlara çevrilir və qazda mənfi ionlar da yaranır (şəkil 3.15, b). Beləliklə, qazın ionlaşması baş verir. İonlaşmış qaz xarici elektrik sahəsinə gətirildikdə sərbəstləşmiş elektronlar, müsbət və mənfi ionlar nizamlı hərəkət alaraq qaz boşalmasını – qazın elektrik keçiriciliyini təmin edir.

•DÜŞÜN
•MÜZAKİRƏ ET
•PAYLAŞ

Kibriti qutuya sürtəndə ucunda olan kimyəvi maddələr ani ionlaşma və qızma yaradır.

Sual. Bu prosesdə hansı mərhələ qeyri-müstəqil boşalmaya uyğun gəlir? Cavabınızı əsaslandırın.

İonlaşdırıcının təsiri kəsildikdə elektronlar və müsbət ionlar bir-birinə yaxınlaşaraq yenidən neytral atoma çevrilir (şəkil 3.15, c). Bu proses rekombinasiya adlanır. Zərrəciklərinin rekombinasiyası nəticəsində qaz yenidən dielektrikə çevrilir və xarici elektrik sahəsinin olmasına baxmayaraq, qaz boşalması kəsilir.

• *İonlaşdırıcının təsiri altında baş verən qaz boşalması **qeyri-müstəqil qaz boşalması** adlanır.*

Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

Məsələ (nümunə) 1. Həcmi $V = 600 \text{ sm}^3$ olan ikielektrodlu şüşə borudakı hava ionlaşdırıcı şüalanmanın təsiri ilə 1 sm^3 həcmdə hər saniyədə vahid yüklü $n = 5 \cdot 10^{15}$ elektron-ion cütü yaradır.

Sual. Boruda yaranan qeyri-müstəqil qaz boşalmasının maksimal cərəyan şiddəti (yəni zərrəciklərin hamısının elektroda çatdığı şərt daxilində) nəyə bərabərdir?

Həlli

Verilir	Həlli
$V = 600 \text{ sm}^3 = 6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3,$ $t = 1 \text{ san},$ $n = 5 \cdot 10^{15} \frac{1}{\text{sm}^3} = 5 \cdot 10^{21} \frac{1}{\text{m}^3}.$ $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Kl}.$ $I_{\text{max}} - ?$	Cərəyan şiddəti, tərifə görə: $I = \frac{q}{t}$ Burada yükün miqdarı: $q = N \cdot e.$ Elektronların N sayı: $N = n \cdot V.$ Hər elektron-ion cütü bir elektron yük daşıdığından: $q = n \cdot V \cdot e.$ Beləliklə: $I_{\text{max}} = \frac{q}{t} = \frac{nVe}{t}$
Hesablanması	
$I_{\text{max}} = \frac{nVe}{t} = \frac{5 \cdot 10^{21} \cdot 6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Kl}}{1 \text{ san} \cdot \text{m}^3} = 48 \cdot 10^{-2} \text{ A} = 480 \text{ mA}.$	

Məsələ 2. Həcmi $V = 450 \text{ sm}^3$ olan ikielektrodlu şüşə borudakı hava ionlaşdırıcı şüalanmanın təsiri ilə 1 sm^3 həcmdə hər saniyədə vahid yüklü $n = 2,5 \cdot 10^{14}$ elektron-ion cütü yaradır.

Sual 1. Boruda yaranan qeyri-müstəqil qaz boşalmasının maksimal cərəyan şiddəti (yəni zərrəciklərin hamısının elektroda çatdığı şərt daxilində) nəyə bərabərdir?

Sual 2. Boruda yaranan cərəyan niyə qeyri-müstəqil qaz boşalması adlanır?

Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. Təbiətə qazlar dielektrikdir.

Sual 1. Qazlar hansı şəraitdə keçirici ola bilər?

Sual 2. Qazların elektrik keçiriciliyi nə adlanır və onların metalların keçiriciliyindən fərqi nədədir?

2. Şagirdlər müəllimin rəhbərliyi altında qaz boşalmasına aid təcrübə aparırlar. Onlar elektriclənmiş iki paralel lövhənin arasındakı hava qatını ultrabənövşəyi şüalarla işıqlandırdıqda qaz boşalması müşahidə edirlər.

Sual 1. Elektriclənmiş paralel lövhələrin arasındakı havanı ultrabənövşəyi şüa ilə işıqlandırdıqda niyə qaz boşalması baş verdi?

Sual 2. Əgər şüalanma dayandırılırsa, nə müşahidə olunar? Cavabınızı əsaslandırın.

3. Yüklənmiş elektroskopun yaxınlığında elektrik qaynaq işi görüldükdə o niyə dərhal boşalaraq elektriksizləşir?

4. İonlaşma və rekombinasiya prosesləri nədir?

3.2.2 Qazlarda elektrik cərəyanı: müstəqil qaz boşalması

Hər biriniz atmosferdə ildırım çaxmasını dəfələrlə müşahidə etmişiniz. Parlaq qıvcımlar formasında olan bu atmosfer hadisəsi buludla bulud, yaxud da buludla Yer səthindəki obyektlər arasında baş verir. Qeyd edək ki, ildırım çaxması normalda dielektrik olan havada yaranan nəhəng qaz boşalmasıdır.

- **Bəs havanın atom və molekullarının ilkin ionlaşması hansı təsirlər nəticəsində baş verir?**
- **İonlaşma prosesi daha sonra öz-özünə necə davam edir?**



FƏALİVƏT

Plazma globe (plazma kürəsi)

Ləvazimat: plazma kürəsi, quru kağız qırıntıları, fluoresan lampa.

Plazma kürəsinin quruluşu (qısa)

Plazma kürəsi, adətən, şəffaf şüşə kürə şəklində olur və aşağı təzyiqdə (təxminən atmosfer təzyiqinə yaxın) təsirsiz qazların qarışığı ilə doldurulur (əsasən, neon, bəzən isə arqon, ksenon və kripton kimi digər qazlar). Kürənin mərkəzində sabit gərginlik mənbəyinə birləşdirilmiş müsbət qütblü elektrod, kürənin şüşə sferasının daxili səthinə çəkilmiş mənfi qütblü nazik keçirici elektroddan ibarət örtük yerləşdirilmişdir. Kürə işə salındıqda yüksək gərginliyin təsiri ilə ionlaşdırılan qaz qarışıqları özünəməxsus rəngli plazma lifləri yaradır: neon – qırmızı, arqon bənövşəyi-mavi və daha zərif qıvcımlar effekti əmələ gətirir. Şüşə kürə elektrik cərəyanını xaricə buraxmır, yəni cihaz tam təhlükəsizdir.

İşin gedişi

1. Kürəni işə salın və orada müşahidə olunan mənzərəni təsvir edin.
2. Fluoresan lampanı dəmir hissəsinə toxunmadan plazma kürəsinə yaxınlaşdırın və baş verən hadisəyə diqqət yetirin.
3. Barmağınızı kürəyə toxundurun və plazma liflərinin barmağa doğru toplandığını müşahidə edin.
4. Kağız qırıntılarını plazma kürəsinin yaxınlığına səpələyin və baş verən hadisəni izləyin.

Müzakirə edin

- **Niyə fluoresan lampa plazma kürəsinin yaxınında işıqlanmağa başlayır, hətta lampaya enerji verilməsə belə?**
- **Niyə barmağınızı kürəyə toxundurduqda plazma axınları ona doğru yönəlir?**
- **Niyə kağız qırıntıları plazma axınına doğru hərəkət edir?**
- **Bütün bu təcrübələrdən qaz boşalmasının təbiəti haqqında hansı nəticəyə gəlmək olar?**



Müəyyən şəraitdə xarici ionlaşdırıcının təsiri olmadan da qazlar elektrik cərəyanını keçirə bilər.

• **Xarici təsir olmadan qazın elektrik cərəyanını keçirməsi müstəqil qaz boşalması adlanır.**

Normal şəraitdə qaz dielektrik olsa da, onun tərkibində cüzi sayda sərbəst elektronlar mövcuddur. Güclü elektrik sahəsinin təsiri ilə hər bir sərbəst elektron çox böyük sürət alır və qarşısına çıxan neytral atom, yaxud molekullarla toqquşduqda onların bir qismini ionlaşdırır. İonlaşma nəticəsində yaranan yeni nəsil elektronlar da sürətlənərək digər atom və molekulları ionlaşdırır. Beləliklə, qazda elektron-ion sel boşalması yaranır: elektronlar anoda (müsbət yüklü elektroda), müsbət ionlar isə katoda (mənfi yüklü elektroda) doğru sürətlənir (şəkil 3.16). Lakin qaz boşalması bununla bitmir. Elektrik sahəsində sərbəst qaçış məsafəsində (yəni iki ardıcıl toqquşma arasındakı məsafə) kifayət qədər böyük enerji qazanmış elektronlar neytral atomla toqquşma nəticəsində onu ionlaşdırır. Bu hadisə **zərbə ilə ionlaşma** adlanır. Elektronların bu cür ardıcıl davamlı toqquşması **sel boşalma** yaradır. Yaranan müsbət ionlar katoda tərəf hərəkətdə kifayət qədər böyük enerji qazanmaqla katodu bombardman edərək onun səthindən elektronların emissiyasını mümkün edir.

Beləliklə, müstəqil qaz boşalması zərbə ionlaşması və katodun səthindən elektronların emissiyası vasitəsilə baş verir.

Müstəqil qaz boşalmasının dörd növü var: alovuz boşalma, qığılcım boşalması, qövs boşalması və tac boşalması.

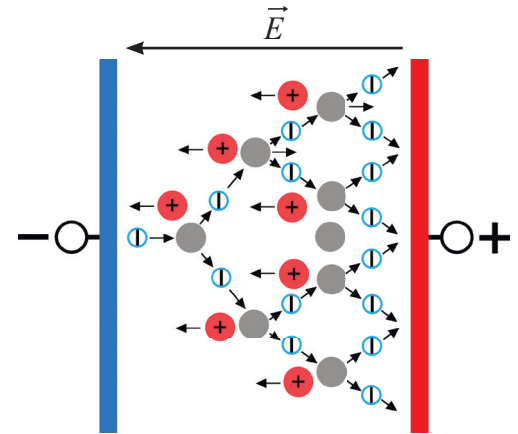
• **Alovuz boşalma** – aşağı təzyiqlərdə şüşə boru daxilindəki anod və katod aralığında işıqlanan zolaq şəklində müşahidə olunur. Bu boşalmadan işıq mənbəyi kimi reklam borularında geniş istifadə edilir. Borudakı təsirsiz qazın növündən asılı olaraq müxtəlifrəngli işıqlanma almaq mümkündür (şəkil 3.17).

• **Qığılcım boşalması** – havada elektrodlar arasında yüksək gərginlik olduqda baş verir və nazik ziqzaq formalı işıqlı kanallar şəklində müşahidə edilir. Belə boşalmaya sintetik geyimi çıxaran vaxt, yaxud şimşək çaxmasını misal göstərmək olar.

Şimşək – bir buludun bazası ilə Yer arasında, iki bulud arasında və ya bir bulud içində elektrik boşalarkən yaranan qırıq xətt formasındakı müvəqqəti işıqdır. İldırımın işığı parlaq və gözqamaşdıran olur, əyri xətlərlə bir neçə km gedir, çoxlu qollara bölünür ki, bu da şimşək adlanır. Yuxarı qalxan hava axını buludun içərisindən sürətlə keçərkən sürtünmə nəticəsində buludun

?

Müstəqil qaz boşalması necə baş verir?



Şəkil 3.16



Şəkil 3.17

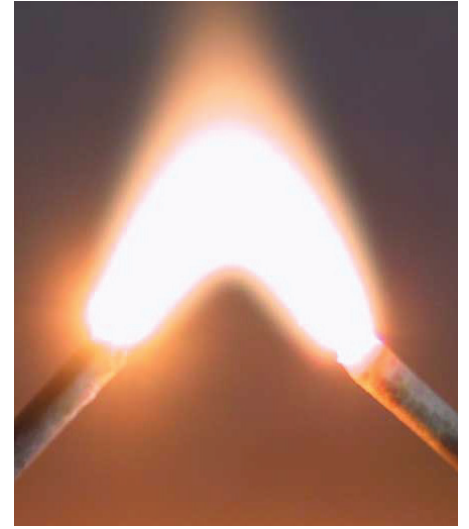
?

Şimşək necə yaranır?

elektriklənməsi baş verir. Havanın müsbət ionları buludun yuxarı hissəsinə, mənfi su ionları isə aşağı hissəsinə toplanır. Elektrikləşmiş hissələr arasında kifayət qədər böyük gərginlik fərqi olduqda güclü elektrik sahəsi yaranır. Bir buludun müsbət qütbü ilə digər buludun mənfi qütbü və ya Yer səthindəki yüklü cisimlər arasında gərginlik müəyyən həddə çatdıqda havada deşilmə (havada elektrik cərəyanının keçməsi) baş verir. Bu zaman buludda olan mənfi yüklər Yerə, Yerdə olan müsbət yüklər isə buluda tərəf axır – qaz boşalması baş verir. Sürətli axın zamanı güclü parıltı görünür və gurultu səsi eşidilir. Gurultu havanın sürətli genişlənməsi və partlayışı nəticəsində baş verir (şəkil 3.18). Boşalma kanalında temperatur $25\ 000^{\circ}\text{C}$, cərəyan şiddəti $500\ 000\ \text{A}$ -ə qədər, gərginlik isə $10^9\ \text{V}$ -a qədər ola bilər.



Şəkil 3.18



Şəkil 3.19

•DÜŞÜN
•MÜZAKİRƏ ET
•PAYLAŞ

Müasir elmi baxışlara görə atmosferin ilkin ionlaşması yüksək enerjili kosmik şüalanmanın təsiri ilə də baş verir.

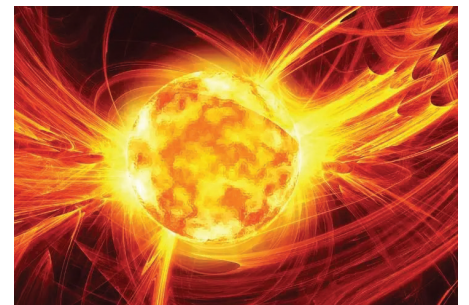
Sual. Kosmik zərrəciklər havada müstəqil boşalmanın yaranmasında nə kimi rol oynayır? Prosesi necə izah edərdiniz?

• **Qövs boşalması** – cərəyan mənbəyinə qoşulan iki kömür elektrodu bir-birinə toxundurub sonra araladıqda onların arasında çox parlaq, kəsilməz qövsşəkilli işıqlanma müşahidə olunur (şəkil 3.19). Bu boşalmada cərəyan şiddəti çox böyük qiymət alır. Qövs boşalmasının səbəbi yüksək temperatūra qədər qızmış katodla anod arasındakı havanın ionlaşmasıdır, yəni elektrik boşalmasıdır. Qövs boşalmasından elektrik qaynaq işlərində, proyektorlarda istifadə olunur.

• **Tac boşalması** – iti ucluqlu yüklü naqillərin ətrafında yaranan güclü elektrik sahəsinin təsiri ilə sürətlənmiş elektronların zərbəsindən ionlaşmasıdır. Havanın ionlaşması bu naqillərin uclarında işıldayan tac formasında müşahidə olunur. Tac boşalmasını yüksək gərginlik xətlərinin yaxınlığındakı metal ucluqlarda tez-tez müşahidə etmək olur (şəkil 3.20).



Şəkil 3.20



Şəkil 3.21

Plazma. Qazın qismən və ya tamamilə ionlaşmış halı **plazma** adlanır. Plazma ümumilikdə neytral qazdır, çünki orada müsbət və mənfi yüklərin miqdarı, demək olar ki, eynidir. Plazma alçaq və ya yüksək temperaturlu ola bilər. O, yüksək elektrikkeçirmə xassəsinə məxsusdur və bu xassəsinə görə ifratkeçiricilərə daha yaxındır. Plazma kainatda geniş yayılmışdır: Günəş və digər ulduzların atmosferi də yüksək temperaturlu plazmadan ibarətdir (şəkil 3.21).

Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

Məsələ. Qeyri-müstəqil qaz boşalmasını necə müstəqil boşalma etmək olar?

Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. Qazlarda elektrik keçiriciliyinin iki növü var: müstəqil və qeyri-müstəqil qaz boşalması.

Sual 1. Müstəqil və qeyri-müstəqil qaz boşalmasının başvermə mexanizmi arasında fərq nədədir?

Sual 2. Müstəqil və qeyri-müstəqil qaz boşalması uyğun olaraq ən çox hansı yükdaşıyıcılar tərəfindən təmin olunur?

2. Müstəqil qaz boşalmasının müxtəlif növləri vardır.

Sual 1. Bu növlər hansılardır?

Sual 2. Hansı növ müstəqil qaz boşalması atmosfer təzyiqində baş verə bilər?

Sual 3. Hansı növ müstəqil qaz boşalması seyrəldilmiş qazlarda baş verir?

Sual 4. Plazmada elektrik keçiriciliyini hansı yükdaşıyıcılar təmin edir?

LAYİHƏ

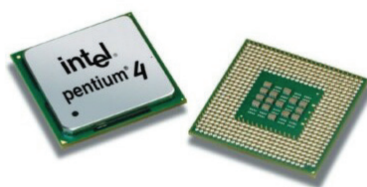
“Plazma şarı və onun iş prinsipinin fiziki mexanizmi” mövzusunda esse yazın.

3.3 Yarımkeçiricilər

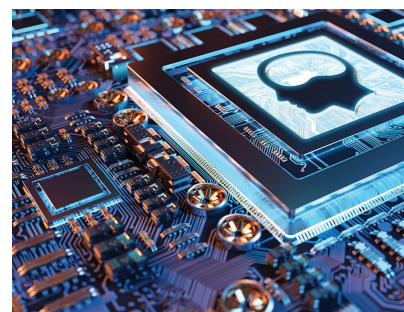
İstifadə etdiyimiz bütün rəqəmsal texnologiyalar – mobil telefonlar, kompüterlər, sensorlar, günəş panelləri və “ağıllı” məişət cihazları yarımkeçirici materialların xüsusi elektrik xassələrinə əsaslanır. Yarımkeçiricilərin əsas xüsusiyyəti odur ki, onlar elektrik cərəyanını müəyyən şəraitdə yaxşı keçirir, digər şəraitdə isə, demək olar ki, keçirmir. Bu çeviklik sayəsində tranzistor, diod, LED və digər elektron elementlər hazırlanır. Müasir elektronikanın miniatürləşdirilməsi, sürətli olması və az enerji sərf etməsi məhz yarımkeçiricilərdən istifadə etmək bacarığımızın nəticəsidir. Ona görə də yarımkeçiricilər bu gün yalnız fizikanın mövzusu deyil – informasiya texnologiyalarının, tibb avadanlıqlarının, enerji sistemlərinin, süni intellektin və kosmik texnikanın əsasını da təşkil edir.



Smartfonun platası



Kompüter prosessoru



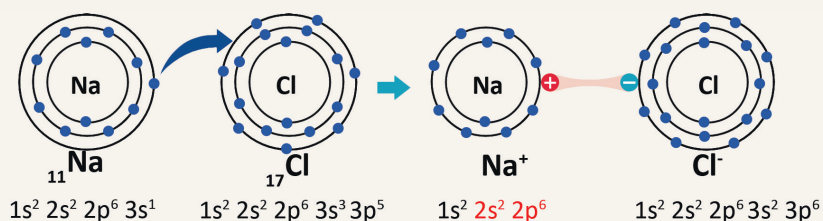
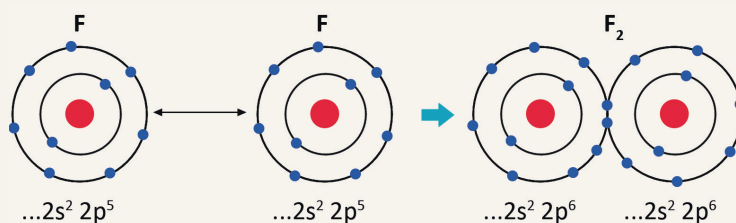
Süni intellektin ana platası

3.3.1 Yarımkeçiricilərin məxsusi keçiriciliyi

XATIRLAMA: Kimya 8. Dərslük.

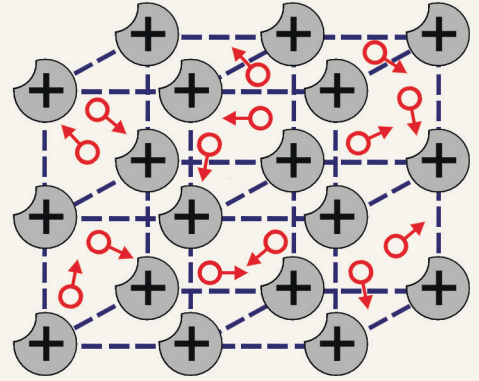
Kimyevi rabita

Bəsit maddələrdə kimyevi birləşmələrdə atomlar, ionlar, molekullar bir-birinə müxtəlif üsullarla birləşir. Elementlərin zərrəcikləri arasında yaranan bu əlaqələr elektrostatik qüvvələrin təsiri nəticəsində baş verir.

Na⁺ və Cl⁻ ionları arasında ion rabitəsi

İki flüor atomu arasında kovalent rabita

- Atom və ionları bir-birinə birləşdirən elektrostatik qüvvələr **kimyəvi rabitələr adlanır**. Kimyəvi rabitənin **ion rabitəsi**, **kovalent rabitə** və **metal rabitə** növləri vardır.
- **İon rabitəsi** – elektrostatik cazibə qüvvəsinin təsiri nəticəsində (müsbət ion) və (mənfi ion) arasında yaranan kimyəvi rabitədir.
- **Kovalent rabitə** – qeyri-metal atomları arasında ortaq elektron cütü hesabına yaranan rabitədir.
- **Metal rabitə** – metal ionları və delokallaşmış (sərbəstləşmiş) elektronlar hesabına yaranan rabitədir.



Metal rabitə

Öyrəndiniz ki, həm keçiricilərin (məsələn, metalların), həm də bəzi dielektriklərin, məsələn, qazların xarici təsirlər sayəsində elektrikkeçirmə qabiliyyətləri dəyişə bilər. Məsələn, metalı qızdırdıqda onun xüsusi müqaviməti artdığından keçiriciliyi zəifləyir. Dielektrik olan qazlar isə yüksək temperaturların və ya güclü şüalanmanın təsiri ilə keçiriciyə çevrilir.

Elə maddələr də vardır ki, onların xüsusi müqaviməti xarici təsirlərə çox həssas olur. Belə ki, temperaturun, güclü işıqlanmanın təsiri ilə, hətta kristal tərkibinə digər kristalın az miqdarda aşqarını əlavə etməklə həmin maddələrin xüsusi müqavimətinin kəskin azalmasına və beləliklə, keçiriciliyin də kəskin artmasına nail olmaq olur. Bu hadisə kristallarda müqavimətin idarə olunmasını mümkün edir ki, bu da cihazqayırmada mühüm amildir.

- **Bu maddələrin daxili quruluşunda nə baş verir ki, onların xüsusi müqaviməti xarici təsirlər nəticəsində kəskin azalır, keçiriciliyi isə kəskin artır?**

Açar sözlər

yarımkeçirici, kovalent rabitə, elektron keçiricilik, deşik keçiricilik, məxsusi keçiricilik

FƏALİYYƏT

Yarımkəçirici maddələrə aid edilə bilən kimyəvi elementləri təyin edin

Təchizat: "Kimyəvi elementlərin dövri sistemi" cədvəli (bax dərsliyin son səhifəsinə).

İşin gedişi

1. "Kimyəvi elementlərin dövri sistemi" cədvəlindən yarımkəçirici maddələrə aid edilə bilən kimyəvi elementləri təyin edin və onların şərti işarələrini iş vərəqində sıralayın.
2. "Kimya" fənnindən aldığınız biliklərə əsaslanmaqla təyin etdiyiniz bu elementlərin qarşısında hər biri üçün mühüm bildiyiniz kimyəvi xüsusiyyətlərini qeyd edin.
3. Bu elementlərin atomları arasında, əsasən, hansı kimyəvi rabitənin mövcud olduğunu araşdırın (bax: *Kimya 8. Dərslik. Kimyəvi rabitə. Kovalent rabitə*).

Nəticəni müzakirə edin:

- **Hansı kimyəvi elementlər yarımkəçirici maddələrə aid oluna bilər? Fərziyyənizi söyləyin.**
- **Təyin etdiyiniz həmin kimyəvi elementlərin xassələri hansı kimyəvi rabitə əsasında formalaşmışdır?**

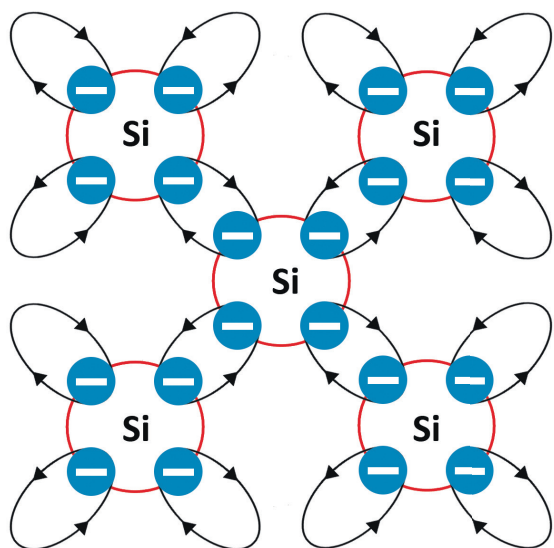
Yarımkəçirici maddələrə aiddir:

- kimyəvi elementlərin dövri sistemində orta qrupların (əsasən, IV, V və VI qruplar) 12 elementi (cədvəldə bənövşəyi rənglə göstərilmişdir) (bax: şəkil 3.22);
- II və IV, III və V, III və VI qrup elementlərinin müxtəlif birləşmələri;
- bir çox üzvi və qeyri-üzvi kimyəvi birləşmələr.

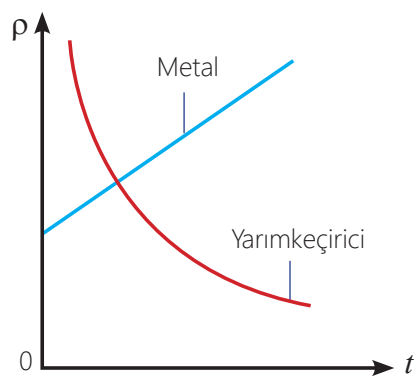
Orta qrup elementləri (IV qrup elementləri) kimi yarımkəçiricilərin valent elektronlarının nüvə ilə əlaqəsi metalların valent elektronlarının əlaqəsindən möhkəmdir, lakin dielektriklərin valent elektronlarının nüvə ilə əlaqəsindən zəifdir. Yarımkəçirici maddələrin xassələri kovalent (və ya cüt-elektron) kimyəvi rabitəsi əsasında formalaşmışdır.

Period	QRUPLAR				
	III	IV	V	VI	VII
1					
2	B	C	N	O	F
3	Al	Si	P	S	Cl
4	Ga	Ge	As	Se	Br
5	In	Sn	Sb	Te	I
6	Tl	Pb	Bi	Po	At

Şəkil 3.22. Yarımkəçirici elementlər



Şəkil 3.23. Silisium (Si) kristalında kovalent rabitə



Şəkil 3.24. Xüsusi müqavimət–temperatur qrafiki



Kovalent rabitə necə yaranır?

Nümunə olaraq silisium kristalına baxaq. Silisium IV qrup elementidir. Onun atomunun xarici elektron təbəqəsində 4 valent elektron yerləşir. Hər bir silisium (Si) atomunun 4 valent elektronu dörd qonşu atomun valent elektronları ilə kovalent rabitəyə girir və rabitəni 8-ə tamamlayaraq kristal qəfəs yaradır. Bu zaman kristal qəfəsin hər atomunun valent elektronları qonşu atomların valent elektronları ilə ümumi orbit (hər orbitdə iki elektron olmaqla) əmələ gətirir.

• *Ümumiləşmiş elektronlar (bir neçə atom arasında ortaq istifadə olunan elektronlar) kristal qəfəsdə atomları bir-biri ilə əlaqələndirərək onlar arasında kovalent və ya cüt-elektron rabitəsi yaradır (şəkil 3.23).*

Yarımkəçiricilərin məxsusi elektrik keçiriciliyinin təbiəti

• *Yarımkəçirici – sərbəst yükdaşıyıcılarının sayı xarici təsirlərdən (temperatur, işıqlanma, tərkibinə aşqar daxil etmək və s.) asılı olan maddədir.*

*Yarımkəçirici təmizdirsə (tərkibində kənar maddə yoxdursa), onun keçiriciliyi **məxsusi elektrik keçiriciliyidir**.*

Yarımkəçiricilərdə elektrik keçiriciliyinin iki növü var: elektron keçiriciliyi və dəşik keçiriciliyi.

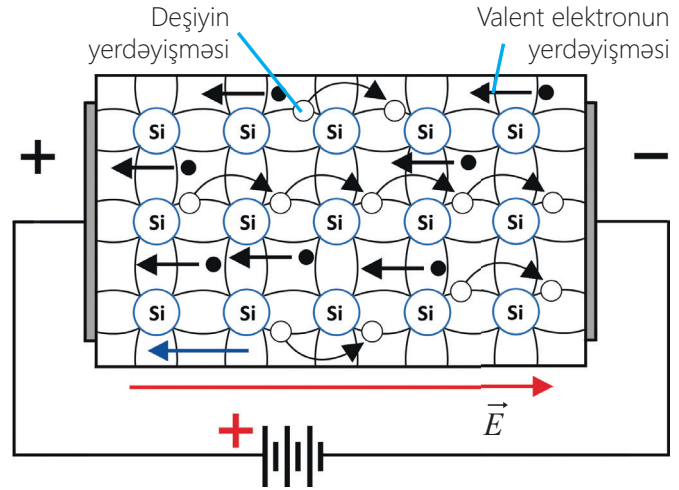
• **Elektron keçiricilik** – yarımkeçiricidə sərbəst elektronların hərəkəti ilə yaranan elektrik keçiriciliyidir.

Adi şəraitdə (məsələn, otaq temperaturunda) yarımkeçiricinin elektrik müqaviməti metalların müqavimətindən böyükdür, çünki ondakı sərbəst elektronların sayı metallarla müqayisədə azdır. Belə yarımkeçirici elektrik dövrəsinə qoşulduqda ondakı sərbəst elektronlar kristal qəfəsində nizamlı hərəkət edərək zəif elektron keçiriciliyi əmələ gətirir. Ən yaxşı elektron keçiricilik metallara məxsusdur.

• **Deşik keçiricilik** – yarımkeçiricidə deşiklərin hərəkəti ilə yaranan elektrik keçiriciliyidir. Yarımkeçirici xarici təsirə məruz qaldıqda, məsələn, qızdırıldıqda onun valent elektronlarının bir qismi böyük kinetik enerji alır. Nəticədə yarımkeçirici kristalda eyni zamanda iki hadisə baş verir:

1. *Valent elektronlar aldıkları əlavə enerji hesabına kovalent rabitələri qıraraq atomları tərk edir. Nəticədə kristalda sərbəst elektronların miqdarı kəskin artır, yarımkeçiricinin müqaviməti isə kəskin azalır. Şəkil 3.24-də yarımkeçiricinin və metalın xüsusi müqavimətinin temperaturdan asılılıq qrafiki təsvir edilmişdir.*
2. *Valent elektronu atomu tərk etdikdə kovalent rabitədə "deşik" adlanan boş yer yaranır. Yaranan belə deşiyə qonşu atomun kovalent rabitəsini qırılmış digər valent elektronu sıçrayaraq onu doldurur – rabitə bərpa olunur. Lakin bu elektronların öz əvvəlki yerində "deşik" adlanan yeni boş rabitə yeri yaranır. Elektronun boşaltdığı rabitə yeri qonşu atomlardan birinin valent elektronu tərəfindən tutularsa, elektronunun tərk etdiyi həmin rabitə yerində yeni "deşik" yaranır. Beləliklə, valent elektronların bir-birini əvəz edən belə ardıcıl sıçrayışları onların yaratdığı deşikləri də bütün kristal boyunca hərəkət etdirir. Yarımkeçirici kristal sabit gərginlikli elektrik dövrəsinə qoşulduqda sərbəstləşmiş valent elektronları sahənin intensivlik vektorunun əksi istiqamətində, müsbət yüklü deşiklər isə sahənin intensivlik vektoru istiqamətində nizamlı "hərəkət" edərək elektrik cərəyanı yaradır (şəkil 3.25). Beləliklə, yarımkeçiricidə məxsusi elektrik keçiriciliyi yaranır.*

• **Təmiz yarımkeçiricilərin məxsusi elektrik keçiriciliyi eyni sayda sərbəst elektronlar və deşiklər tərəfindən yaranır.**



Şəkil 3.25. Məxsusi keçiricilik

•DÜŞÜN
•MÜZAKİRƏ ET
•PAYLAŞ

Təmiz yarımkeçirici silisium $+25^{\circ}\text{C}$ -dən -5°C -yə qədər soyudulur.

Sual. Yarımkeçiricidə elektrik yükdaşıyıcıların sayı necə dəyişəcək: artacaq, azalacaq, yoxsa dəyişməyəcək? Cavabınızı əsaslandırın.

Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

Uyğunluğu oxlarla təsvir edin.

Nö	Müddəə	Tamamlayıcı ifadələr
1	Yarımkəçiricilərdə yükdaşıyıcılar ...	temperatur azaldıqca artır
2	Metalların xüsusi müqaviməti ...	temperatur azaldıqca yüksəlir
3	Yarımkəçiricilərin xüsusi müqaviməti ...	güclü şüalanmanın təsiri ilə artır
4	Qazların keçiriciliyi ...	yalnız sərbəst elektronlardır
5	Metallarda yükdaşıyıcılar ...	elektronlar və dəşiklərdir
6	Qazlarda yükdaşıyıcılar ...	elektronlar və ionlardır

Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. Müasir həyatımızı yarımkəçiricilərsiz təsəvvür etmək mümkün deyil.

Sual 1. Bu iddianı hansı nümunələrlə təsdiq edə bilərsiniz? İki nümunə söyləyin.

Sual 2. Təmiz yarımkəçiricilər kimyəvi elementlərin dövri sistemində hansı qrup elementlərdir?

Sual 3. Yarımkəçiricilərin metallar və dielektriklərdən başlıca fərqi nədir?

Sual 4. Yarımkəçirici maddənin atomları kovalent kimyəvi rabitə təşkil edir. Kovalent rabitənin mexanizmi nədir?

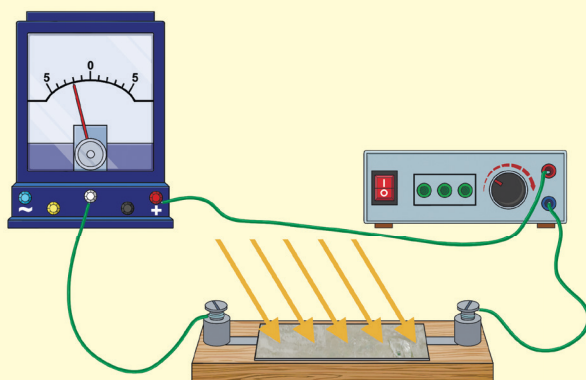
Sual 5. Yarımkəçiricilərdə elektrik keçiriciliyini hansı zərrəciklər təmin edir? Onların yaranma mexanizmini izah edin.

Sual 6. Niyə temperatur artdıqca təmiz yarımkəçiricinin müqaviməti azalır, metalın müqaviməti isə artır?

2. Taxta tirciyin səthinə bərkidilmiş nazik germanium lövhəsi sabit cərəyan dövrəsinə birləşdirilmişdir (şəkil 3.26). Lövhə işıq şüaları keçirməyən qapaqla örtülmüşdür.

Sual 1. Açar qapanarsa, dövrədə cərəyan yaranacaqmı?

Sual 2. Qapaq qaldırılsa, dövrədə cərəyan şiddəti necə dəyişəcək? Hadisələrin başvermə səbəbini izah edin.

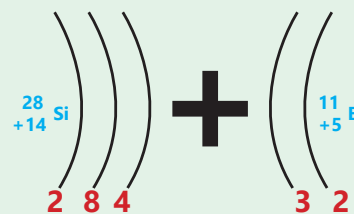


Şəkil 3.26

3.3.2 Yarımkeçiricilərin aşqar keçiriciliyi

Yarımkeçiricilərin qeyri-adi xüsusiyyətlərindən biri budur ki, təmiz yarımkeçirici kristalın tərkibinə aşqar olaraq digər qrup yarımkeçirici elementin hətta cüzi miqdar atomu daxil edildikdə onun keçiriciliyini yüzlərcə dəfə artırmaq mümkündür. Məsələn, IV qrup elementi olan təmiz silisium (Si) kristalı aşağı temperaturlarda elektrik cərəyanını çox zəif keçirir.

Lakin onun tərkibinə aşqar olaraq III qrup elementi olan təmiz bor (B) kristalının hətta cüzi miqdarda atomu daxil edilərsə (şəkil 3.27), alınan aşqarlı yarımkeçiricinin verilən temperaturda keçiriciliyi yüzlərcə dəfə arta bilər.



Şəkil 3.27

- Yarımkeçirici silisium (Si) kristalına aşqar olaraq III qrup elementi bor (B) atomları diffuz edilərsə, niyə alınan qarışıqın keçiriciliyi dəfələrlə artır?
- Yarımkeçiricinin elektrik keçiriciliyinin belə artması hansı yükdaşıyıcıların hesabına baş verir?

Açar
sözlər

aşqar keçiricilik, donor aşqar, akseptor aşqar

FƏALLIYAT

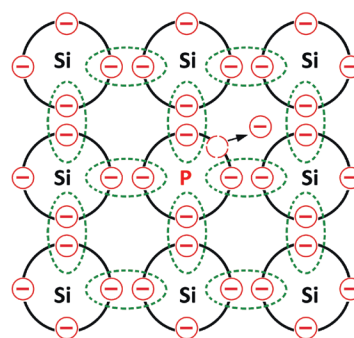
Aşqar yarımkeçiricilərdə yükdaşıyıcıların miqdar nisbəti nədən asılıdır?

Ləvazimat: silisium-fosfor (Si-P) və silisium-bor (Si-B) kovalent rabitələrinin sxemi.

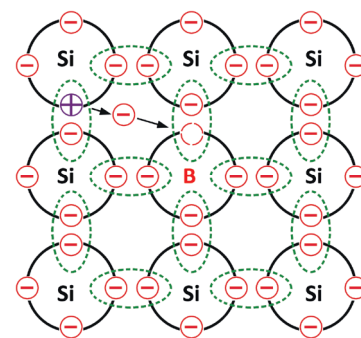
İşin gedişi

1. Təmiz yarımkeçirici silisium kristalına (Si – IV qrup elementi) aşqar olaraq V qrup elementi fosfor (P) qatılır. Kristalın quruluşunda baş verən dəyişikliyi şəkil 3.28-dəki sxemə əsasən araşdırın.

2. Təmiz yarımkeçirici silisium kristalına (Si) aşqar olaraq III qrup elementi bor (B) qatılır. Kristalın quruluşunda baş verən dəyişikliyi şəkil 3.29-dəki sxemə əsasən araşdırın.



Şəkil 3.28



Şəkil 3.29

Müzakirə edin

- V qrup elementi olan fosforun (P) neçə valent elektronu var?
- Silisium kristalına (Si) aşqar olaraq fosfor (P) qatılırsa, kristalda hansı sərbəst yükdaşıyıcıların miqdarı artar? Niyə?
- III qrup elementi olan borun (B) neçə valent elektronu var?
- Silisium kristalına (Si) aşqar olaraq bor (B) qatılırsa, kristaldakı sərbəst yükdaşıyıcıların miqdarı necə dəyişər?

Təmiz yarımkəçiriciyə cüzi miqdarda aşqar daxil edildikdə onun keçiriciliyi kəskin artır. Buna səbəb yarımkəçiricidə məxsusi keçiriciliklə yanaşı, aşqar keçiriciliyin də yaranmasıdır.

- Qatılan aşqar atomunun valent elektronlarının sayı yarımkəçiricinin atomunun valent elektronlarının sayından çox olarsa, o, **donor aşqar** ("donor" latın sözü olub "verirəm" deməkdir) adlanır.
- Qatılan aşqar atomunun valent elektronlarının sayı yarımkəçirici atomunun valent elektronlarının sayından az olarsa, o, **akseptor aşqar** ("akseptor" latın sözü olub "qəbul edirəm" deməkdir) adlanır.

Donor aşqarlı yarımkəçirici

Donor aşqarlar yarımkəçirici kristalı əlavə elektronla təmin edir, yəni öz valent elektronunu asanlıqla verərək yarımkəçiricidə sərbəst elektronların sayını artırır. Məsələn, silisium kristalına aşqar kimi beşvalentli element olan fosfor (**P**) qatıldıqda onun dörd valent elektronu qonşu silisium atomları ilə kovalent rabitə yaradır. Fosforun beşinci elektronu isə kovalent rabitədə iştirak etmir və öz atomu ilə zəif əlaqədə olur. Lakin o, atomla zəif əlaqədə olduğundan onu asanlıqla tərk edərək sərbəstləşir (bax: şəkil 3.27). Bu zaman dəşik əmələ gəlmir, çünki sərbəstləşən elektron kovalent rabitəni tərk etməyib. Silisium kristalındakı atomların bir hissəsi fosfor atomu ilə əvəz olunarsa, qəfəsin istilik hərəkəti sayəsində aşqar atomlarının hərəsi bir elektron verəcək. Xarici təsirə məruz qaldıqda aşqarın verdiyi bu elektronlara kovalent rabitədən qopan digər elektronlar və yaranan müsbət yüklü dəşiklər də əlavə olunur. Bu cür aşqarlı yarımkəçirici kristalında elektrik sahəsi yaradıldıqda ondan elektrik cərəyanı keçir. Lakin yaranan cərəyanda əsas yükdaşıyıcılar sayca böyük üstünlüyü olan elektronlar, qeyri-əsas yükdaşıyıcılar isə sayları nisbətən "az" olan müsbət yüklü dəşiklərdir.

Beləliklə, donor aşqarlı yarımkəçirici əsas yükdaşıyıcıları sərbəst elektronların üstünlük təşkil etdiyi yarımkəçiricidir. Odur ki donor aşqarlı yarımkəçiricilərdə əsas yükdaşıyıcılar elektronlar, qeyri-əsas yükdaşıyıcılar isə dəşiklərdir.

Donor aşqarlı yarımkəçiricilərdə keçiricilik, əsasən, elektronlar vasitəsilə olduğundan onlara n-tip (n – "neqativ" mənasında işlədilən latın sözünün ilk hərfidir) yarımkəçiricilər deyilir.

Akseptor aşqarlı yarımkəçirici

Akseptor aşqarlar yarımkəçirici kristalı əlavə dəşiklərlə təmin edir, yəni o özünə əlavə valent elektronu birləşdirərək yarımkəçiricidə dəşiklərin sayını artırır. Məsələn, silisium kristalına aşqar olaraq üçvalentli bor (**B**) qatıldıqda onun üç valent elektronu qonşu silisium atomları ilə yalnız üç cüt elektron rabitəsi yaradacaq. Dördüncü cüt rabitənin yaranması üçünsə bir elektron çatışmadığından onun yerində dəşik, yəni tamamlanmayan boş kovalent rabitə yeri qalır. Ora qonşu silisium atomundan bir valent elektronu keçə bilər. Bu halda qonşu atomun verdiyi elektron hesabına rabitə tamamlanır. Elektronunu verən qonşu atomda isə dəşik yaranır (bax: şəkil



3.28). Üçvalentli aşqar silisium atomundan elektron alaraq kristalda əlavə dəşik yaradır. Nəticədə dəşiklərin sayı elektronların sayından çox olur. Odur ki akseptor aşqarlı yarımkeçiricilərdə əsas yükdaşıyıcılar dəşiklər, qeyri-əsas yükdaşıyıcılar isə elektronlardır.

Beləliklə, akseptor aşqarlı yarımkeçirici əsas yükdaşıyıcıları dəşiklərin üstünlük təşkil etdiyi yarımkeçiricidir.

Akseptor aşqarlı yarımkeçiricilərdə keçiricilik, əsasən, dəşiklər vasitəsilə olduğundan onlara p-tip (p – “pozitiv” mənasında işlədilən latın sözünün ilk həfvidir) yarımkeçiricilər deyilir.



•DÜŞÜN
•MÜZAKİRƏ ET
•PAYLAŞ

Təmiz silisium kristalına çox az miqdarda donor aşqarı əlavə etdikdə elektronların sayı artır və onun keçiriciliyi də yüksəlir. Lakin aşqarın miqdarını çox-çox artırırdıqda müəyyən bir nöqtədən sonra keçiricilik yenidən azalmağa başlayır.

- Niyə belə olur? Aşqar atomu daha çox olanda elektron sayı da çox olmalıdır, bəs keçiricilik niyə artır-artır, sonra da zəifləyir?

Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

Məsələ 1 (nümunə). Təmiz Si yarımkeçiricisinə $n_{Donor} = 5 \cdot 10^{15} \text{ sm}^{-3}$ konsentrasiyasında fosfor atomu aşqar (donor aşqar) olaraq əlavə edilir. Temperatur elədir ki, donorların hamısı (100%) ionlaşmışdır.

Sual. Donor aşqarlı yarımkeçiricidə sərbəst elektronların konsentrasiyası nə qədər artar?

Həlli. Aşqar donor atomları tam ionlaşdığından elektronların konsentrasiyası (n_e) aşqar atomların konsentrasiyası (n_{Donor}) qədər artacaq, yəni: $\Delta n_e \approx n_{Donor}$.

Odur ki: $\Delta n_e = 5 \cdot 10^{15} \text{ sm}^{-3}$.

Cavab. Sərbəst elektronların konsentrasiyası aşqar donor atomlarının konsentrasiyası qədər artmışdır, yəni: $\Delta n_e = 5 \cdot 10^{15} \text{ sm}^{-3}$.

Məsələ 2. Təmiz Si yarımkeçiricisinə $n_{Akseptor} = 5 \cdot 10^{16} \text{ sm}^{-3}$ konsentrasiyasında bor atomu aşqar (akseptor aşqar) olaraq əlavə edilir. Temperatur elədir ki, akseptorların 90%-i (0,9) ionlaşmışdır.

Sual. Yaranan dəşiklərin konsentrasiyası nə qədər artar?

Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. Təmiz yarımkeçirici kristalın tərkibinə aşqar olaraq hansı qrup elementinin atomları daxil edilərsə, onun əsas yükdaşıyıcıları elektronlar olar? Cavabınızı əsaslandırın.

2. Təmiz yarımkeçirici kristalın tərkibinə aşqar olaraq hansı qrup elementinin atomları daxil edilərsə, onun əsas yükdaşıyıcıları dəşiklər olar? Cavabınızı əsaslandırın.

3. Təmiz Ge yarımkeçiricisinə $n_{Akseptor} = 5 \cdot 10^{18} \text{ sm}^{-3}$ konsentrasiyasında qallium (Ga) atomu aşqar (akseptor aşqar) olaraq əlavə edilir. Temperatur elədir ki, akseptorların 70%-i (0,7) ionlaşmışdır.

Sual 1. Bu aşqarlı yarımkeçiricidə əsas yükdaşıyıcılar nədir?

Sual 2. Aşqarlı yarımkeçiricidə yaranan dəşiklərin konsentrasiyası nə qədərdir?

3.3.3 Yarımkeçirici kristalda $p-n$ keçidi. Yarımkeçirici diod

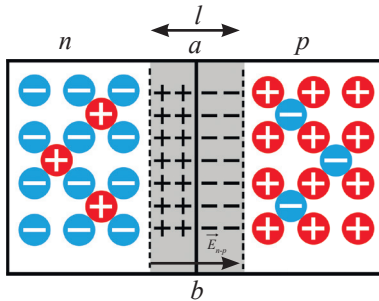
İki mis naqilin uclarını bir-birinə toxundurduqda həmin hissədə, demək olar, ani heç nə baş vermir. Lakin yarımkeçirici p -tip kristalı ilə n -tip kristalının xüsusi üsullarla kontaktı yaradıldıqda onların toxunma sərhədində öz-özünə qeyri-adi hadisələr baş verir. Bunlar yükdaşıyıcıların diffuziyası və rekombinasiyası, xüsusi keçirici təbəqənin, birtərəfli keçiriciliyin yaranması və s.-dir. Müasir "ağıllı" elektron cihazların iş prinsipinin əsasında da yarımkeçirici p -tip və n -tip kristallarının kontaktında baş verən belə hadisələr durur.



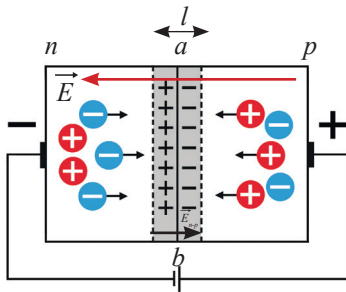
- p -tip və n -tip kristallarının kontaktında həmin hadisələr hansı zaman müddətində baş verir?
- p -tip və n -tip kristallarının kontaktının özlərinə məxsus xüsusiyyətinin fiziki əsası nədən ibarətdir?

Açar
sözlər

p -tip kristalı, n -tip kristalı, $p-n$ keçidi, yarımkeçirici diod



Şəkil 3.30. $p-n$ keçidi



Şəkil 3.31. Düz keçid

Yarımkeçirici kristalda $p-n$ keçidi (elektron-deşik keçidi).

Yarımkeçirici p -tip və n -tip kristallarının kontakt hissəsində $p-n$ keçidi yaranar. Bu zaman n -tip kristaldan elektronlar, p -tip kristaldan isə deşiklər hərəkətə gələrək kontakt sərhədindən qarşı tərəflərə diffuziya edir. Nəticədə toxunma sərhədinin n hissəsində müsbət yüklərin (elektronsuz ionlar), p hissəsində isə mənfi yüklərin (deşiksiz ionlar) artıqlığı yaranacaq. Beləliklə, p -tip və n -tip kristallarının kontakt hissəsində əks işarəli yüklənmiş l qalınlıqlı ikiqat təbəqə – $p-n$ keçidi yaranır (şəkil 3.30). Bu təbəqənin yükləri arasındakı daxili elektrik sahəsi (\vec{E}_{n-p}) kristallarının ab kontakt sərhədində elektronların n -hissədən p -hissəsinə, deşiklərin isə p -hissəsindən n -hissəsinə sonrakı keçidlərinin qarşısını alır. Ona görə də $p-n$ keçidli kristal sabit cərəyan dövrəsinə qoşulduqda müəyyən istiqamətdə cərəyanın keçməsinə üstünlük yaranacaq.

Düz keçid

Fərz edək ki, n -tip kristal cərəyan mənbəyinin mənfi, p -tip kristal isə müsbət qütbünə birləşdirilmişdir. Bu zaman cərəyan mənbəyinin yaratdığı xarici elektrik sahəsinin təsiri ilə n -tip kristaldan elektronlar

p -tip kristalına doğru, p -tip kristaldan isə deşiklər n -tip kristalına doğru itələnəcək. Kontakt sərhədini keçən elektronlar deşikləri "dolduraraq" $a-b$ sərhədinin qalınlığını və deməli, kristalın ümumi elektrik müqavimətini azaldacaq. Dövrədə elektrik cərəyanı əsas yükdaşıyıcılar vasitəsilə, yəni n -tip hissədə elektronlar və p -tip

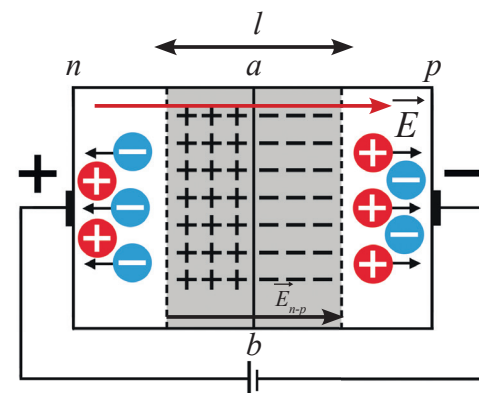


hissədə isə dəşiklər vasitəsilə baş verir. Bu, dövrdən elektrik cərəyanının asanlıqla keçməsinə təmin edir (şəkil 3.31). Beləliklə, *n-tip* keçidində cərəyanın düz keçidi baş verəcək.

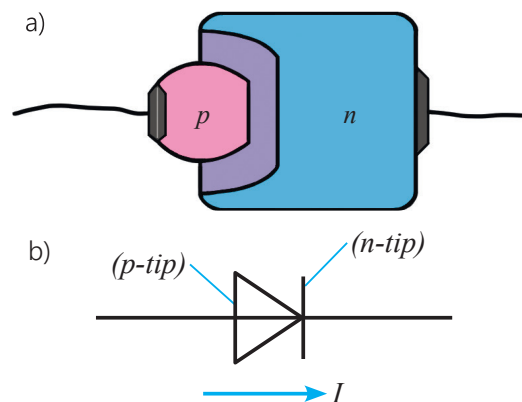
Tərs keçid

Fərz edək ki, *n-tip* kristalı cərəyan mənbəyinin müsbət, *p-tip* kristalı isə mənfə qütbünə birləşdirilmişdir. Bu zaman cərəyan mənbəyinin yaratdığı xarici elektrik sahəsinin intensivlik vektoru ikiqat təbəqənin elektrik sahə intensivliyi ilə üst-üstə düşəcək. Xarici elektrik sahəsinin təsiri ilə *n-tip* kristalından elektronlar, *p-tip* kristalından dəşiklər qarşılıqlı əks istiqamətlərə, *ab* kontaktından kristalın əks uclarına doğru hərəkət edəcək. Nəticədə ikiqat təbəqənin *l* qalınlığı və deməli, kristalın ümumi elektrik müqaviməti artacaq. Dövrdə elektrik cərəyanı qeyri-əsas yükdaşıyıcılar vasitəsilə, yəni *n-tip* hissədə dəşiklər və *p-tip* hissədə isə elektronlar vasitəsilə baş verir. Bu isə dövrdə elektrik cərəyanının kəskin azalmasına səbəb olur.

Dövrdə, demək olar ki, cərəyan şiddəti sifira bərabər olur ($I \approx 0$) (şəkil 3.32), yəni *p-n* keçidi cərəyan üçün qapanacaq.



Şəkil 3.32. Tərs keçid



Şəkil 3.33. Yarımkeçirici diod

Yarımkeçirici diod

Yarımkeçirici diod *p-tip* və *n-tip* kristallarının kontaktında yaranan bir *p-n* keçidindən və elektrik dövrəsinə birləşdirmək üçün iki kontaktdan ibarət cihazdır (şəkil 3.33, a). Yarımkeçirici diod təmiz germanium və ya silisium kristalından hazırlanır. Kristalın səthinə indium damcısı lehimlənir. İndium atomlarının əsas kristalın içərilərinə diffuziyası sayəsində kristalın həmin hissəsində *p-tip* keçiriciliyinə məxsus sahə əmələ gəlir. Kristalın *n-tip* və *p-tip*

kristallarının sərhədində *p-n* keçidi yaranır. İndium kristalına lehimlənən kontakt anod, silisium (və ya germanium) kristalına lehimlənən kontakt isə katod rolunu oynayır. Yarımkeçirici diod sabit cərəyanı yalnız bir istiqamətdə keçirir. Yarımkeçirici diod elektrik dövrlərində sxematik olaraq xüsusi işarə ilə göstərilir (şəkil 3.33, b). Yarımkeçirici diodların geniş tətbiq sahələri vardır. Bu sahələrə misal olaraq dəyişən cərəyanı sabit cərəyanı çevirmək üçün enerji təchizatı bloklarını (adapterlər, enerji yükləyiciləri), LED lampalarını və s.-ni göstərmək olar.

•DÜŞÜN
•MÜZAKİRƏ ET
•PAYLAŞ

Əgər *p-n* sərhədində yüklər bir-birini tapıb rekombinasiya edirlərsə, niyə keçid uzun müddət sabit qalır?

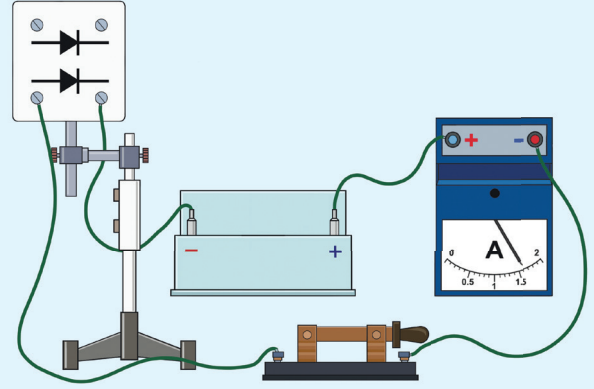
Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

Yarımkəçirici diodla təcrübə

Lavazimat: sabit cərəyan mənbəyi (4V), ampermetr, yarımkəçirici diod ("Yarımkəçiricilərdə elektrik cərəyanı" cihaz dəstindən), açar, birləşdirici naqillər.

İşin gedişi

1. Yarımkəçirici diodun sıxaclarını elektrik dövrəsinə birləşdirib açarı qapayın və dövrədən cərəyanın keçib-keçmədiyini araşdırın (ampermetrin göstəricisini müşahidə etməklə) (şəkil 3.34).
2. Dövrədə diodun sıxaclarına birləşdirdiyiniz naqillərin yerini dəyişin və baş verən hadisəni izləyin.



Şəkil 3.34

Müzakirə edin:

- Yarımkəçirici diod hansı halda elektrik cərəyanını keçirdi?
- Araşdırmadan hansı nəticəyə gəldiniz?
- Diodda keçiricilik hansı tip yarımkəçirici ilə təmin olunub?

Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. *p-tip* və *n-tip* yarımkəçiricilərin kontaktında *p-n* keçidi yaranır.

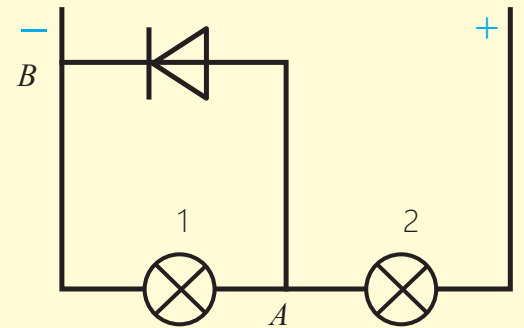
Sual 1. Yarımkəçirici kristalların kontakt sərhədində yaranan ikiqat təbəqə kristalda nə kimi rol oynayır?

Sual 2. *p-n* keçidində düz və tərs keçidlər hansı şəraitdə yaranır?

Sual 3. *p-n* keçidinin tətbiq olunduğu cihaz necə adlanır?

2. Şəkildə yarımkəçirici diod və iki lampadan ibarət dövrə hissəsi təsvir edilmişdir.

Sual. Hansı lampa daha parlaq (və ya daha zəif) işıqlanar? Cavabınızı əsaslandırın.



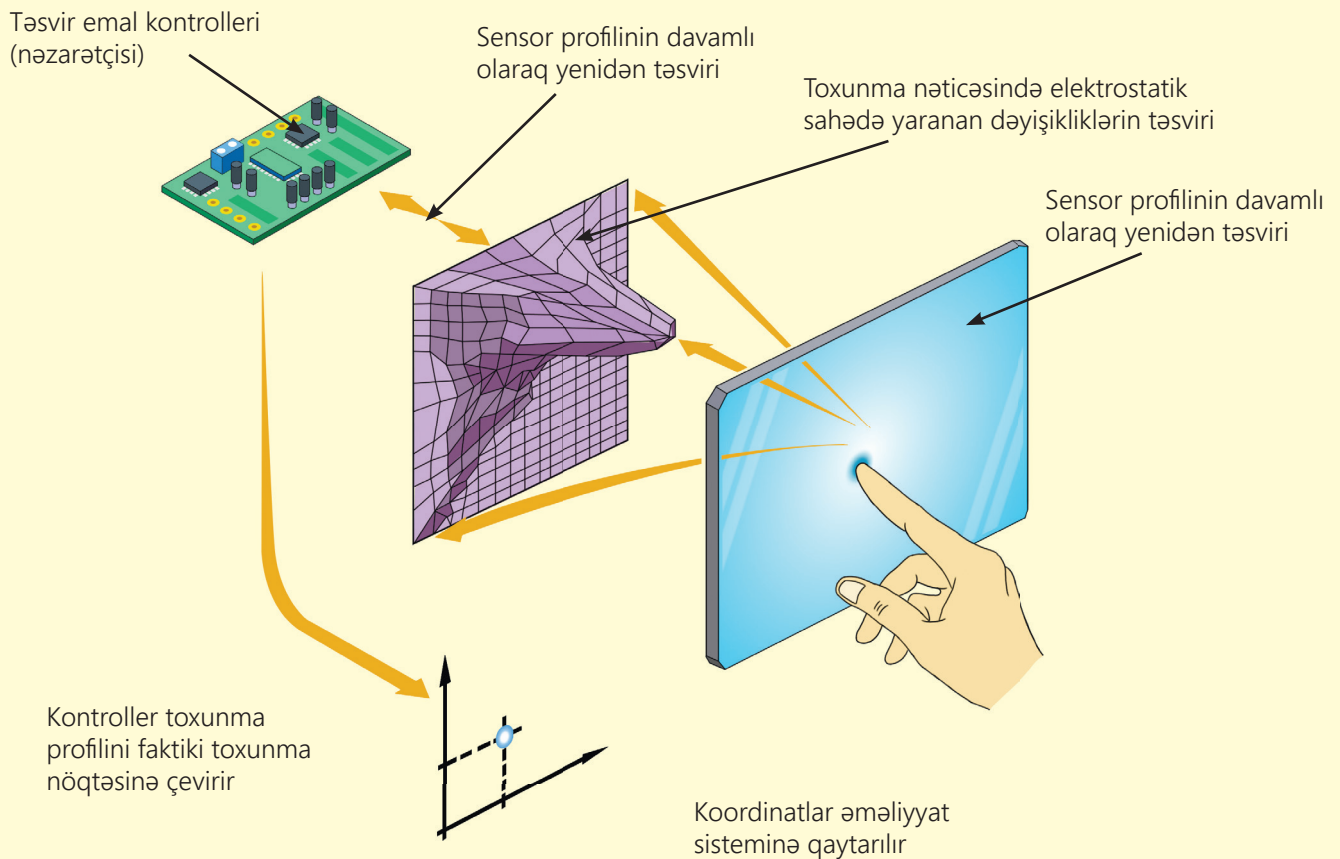
Elm, texnologiya, həyat

Sensor ekranların sirri

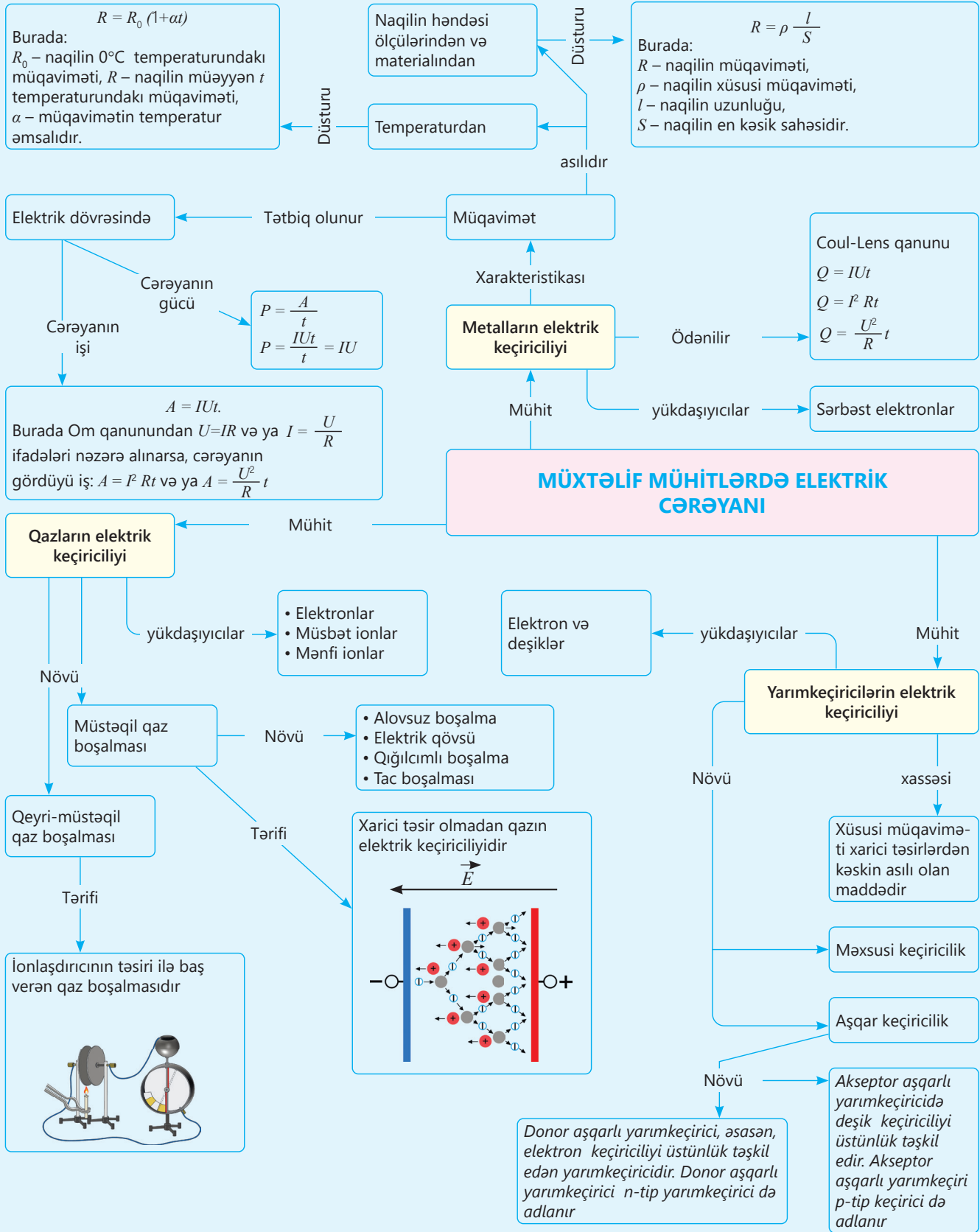
Müasir smartfonların, notbuk və bankomatların ekranları sensorlu kapasitiv (tutum) toxunma ekranıdır. Bu ekran insan bədəninin elektrik xassələrindən istifadə edərək toxunmanı tanıyan display növüdür. O, barmağın və ya keçirici obyektin yaratdığı elektrik sahəsinin dəyişməsinə reaksiya verir.

Konstruksiyası

Ekranın əsası şüşə altlıqdır. Bu altlığın üzərinə şəffaf keçirici təbəqə çəkilir. Ən çox istifadə olunan material yarımkeçirici *indium-tin oksididir* (ingiliscə: *Indium Tin Oxide - ITO*, əsasən, *indium (III) oksid* (In_2O_3) və *qalay(IV) oksidindən ibarət olan yarımkeçirici materialdır*). O həm elektrik cərəyanını keçirir, həm də görünən işıq üçün, demək olar, tam şəffafdır. Bu keçirici təbəqənin üzərində çox kiçik mikroelektrodların təşkil etdiyi matris yerləşir. Matris ekranın müxtəlif nöqtələrində kapasitivin (tutumun) dəyişməsinə ölçür və hər elektrodun tutumunda baş verən kiçik dəyişiklikləri qeydə alır. Dəyişmələr elektron siqnallar şəklində idarəetmə kontrollerinə verilir. Kontroller bu dəyişmələri analiz edərək toxunmanın dəqiq koordinatlarını hesablayır. Nəticələr ekranın idarəetmə mikrosxeminə ötürülür, o isə toxunma yerini və buna uyğun olaraq əmri müəyyən edir (məsələn, ikonun seçilməsi, hərəkət etdirilməsi və s.).



Külasə

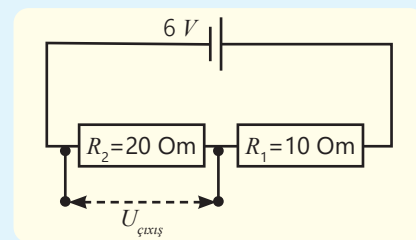


Ümumiləşdirici tapşırıqlar

1. Şəkildə ardıcıl birləşdirilmiş iki rezistor və giriş gərginliyi təsvir edilmişdir.

Sual 1. Çıxış gərginliyi nəyə bərabərdir?

Sual 2. R_2 rezistoru müqaviməti 5 Om olan digər rezistorla əvəz olunsay, çıxış gərginliyi necə dəyişər?



2. Uzun və bircins naqilin uclarına U gərginliyi tətbiq olunmuşdur. Naqil uzunluğu 2 dəfə böyük eyni naqillə əvəz edilir və onun da uclarına U gərginliyi verilir.

Sual. Bunun nəticəsində aşağıdakı fiziki kəmiyyətlər necə dəyişəcək:

- naqildə cərəyan şiddəti;
- naqilin müqaviməti;
- naqildə ayrılan cərəyanın gücü?

Hər bir kəmiyyət üçün uyğun dəyişmə xarakterini müəyyən edib cədvəldə yazın.

- 1 – artır,
- 2 – azalır,
- 3 – dəyişmir.

keçiricidə cərəyan şiddəti	keçiricinin müqaviməti	keçiricidə ayrılan cərəyanın gücü

3. Sabirabadda havanın temperaturu yay aylarında bəzən 42°C-yə qədər yüksəlir, qışda isə -5°C-yə qədər azalır. Rayonun kəndlərinə elektrik xətləri, əsasən, alüminium naqillərlə çəkilmişdir.

Alüminium naqilin müqavimətinin temperatur əmsalı $\alpha_{Al} = 0,004 K^{-1}$, 20°C temperaturda müqaviməti $R = 5 \text{ Om}$ -dur.

Sual 1. Yayda (42°C temperaturda) naqilin müqaviməti neçə Om-dur?

Sual 2. Qışda (-5°C temperaturda) naqilin müqaviməti necə dəyişir?

Sual 3. Müqavimətin dəyişməsi elektrik enerjisi itkilərinə necə təsir edir?

Sual 4. Aldığınız nəticələrə görə alüminium naqilin müqavimətinin temperaturdan asılılıq qrafikini necə təsvir etmək olar?

4. Elektrik dövrəsi müqavimətləri $R_1 = 40 \text{ Om}$ və $R_2 = 15 \text{ Om}$ olan iki rezistorun paralel birləşdirilmiş hissəsindən ibarətdir. Dövrə hissəsinin uclarındakı gərginlik 9V-dur.

Sual 1. Hər bir rezistorda cərəyanın 1 dəqiqədə gördüyü iş nəyə bərabərdir?

Sual 2. Bu dövrə hissəsindən cərəyan keçdikdə 45 dəqiqədə nə qədər istilik miqdarı ayrılır?

Sual 3. Rezistorlar ardıcıl qoşularsa, hər bir rezistorda cərəyanın 1 dəqiqədə gördüyü iş nəyə bərabər olar?

5. Ölkəmizdə əhali üçün elektrik enerjisinin qiyməti istehlak həcmindən asılı olaraq hər ay 1 kVt · saat üçün fərqli tarifkasiya ilə hesablanır:

- ilk 200 kVt/saat üçün hər 1 kVt-saat elektrik enerjisi 8,4 qəpik;
- 200 kVt/saatdan 300 kVt/saata qədər olan hissə üçün – 10 qəpik;
- 300 kVt/saatdan yuxarı olan hissə üçün hər 1 kVt-saat elektrik enerjisi 15 qəpik təşkil edir.

Sual 1. Gücü 2500 Vt olan elektrik qızdırıcısının bir ay ərzində fasiləsiz işlətdiyi enerji üçün nə qədər ödəniş edilməlidir?

Sual 2. Bu qızdırıcı bütün qışı (3 ay) fasiləsiz işləyərsə, onun işlətdiyi enerji üçün nə qədər ödəniş edilməlidir?

6. Qazların elektrik keçiriciliyi qaz boşalması adlanır. Qaz boşalmasının iki növü var – müstəqil və qeyri-müstəqil boşalma.

Sual 1. Müstəqil və qeyri-müstəqil qaz boşalmaları arasında fərq nədir?

Sual 2. Müstəqil və qeyri-müstəqil qaz boşalmasında əsas yükdaşıyıcılar hansılardır?

Sual 3. İldırım çaxması hansı növ qaz boşalmasına aiddir?

Sual 4. Çox güclü istilik və işıq mənbəyi kimi hansı qaz boşalması istifadə olunur?

Sual 5. Reklam borularında hansı qaz boşalmasından istifadə olunur?

Sual 6. Hansı işıq mənbələrində qaz boşalmasından istifadə edilir?

7. Yarımkəçirici – xüsusi müqaviməti xarici təsirlərdən kəskin asılı olan maddədir. Yarımkəçiricilər məxsusi və aşqar elektrik keçiriciliyi ilə fərqlənir.

Sual 1. Təmiz silisium kristalı hansı keçiriciliyə malikdir? Bu kristalda əsas yükdaşıyıcılar nədir?

Sual 2. Donor aşqar daxil edildikdən sonra silisium kristalında əsas sərbəst yükdaşıyıcı nə olacaq?

Sual 3. Akseptor aşqar daxil edildikdən sonra silisium kristalında əsas sərbəst yükdaşıyıcı nə olacaq?

Sual 4. İndium aşqarlı silisium kristalı hansı növ keçiriciliyə malikdir və bu zaman həmin kristalda əsas yükdaşıyıcılar nədir?

8. Müasir elektronikada yarımkəçirici material kimi qallium arsenid (GaAs – III-V qrup yarımkəçirici) kristalından daha çox istifadə olunur.

Sual 1. Əgər kristalda arsen və qallium atomlarının sayı bərabərdirsə, bu halda belə kristal hansı tip keçiriciliyə malik olacaq?

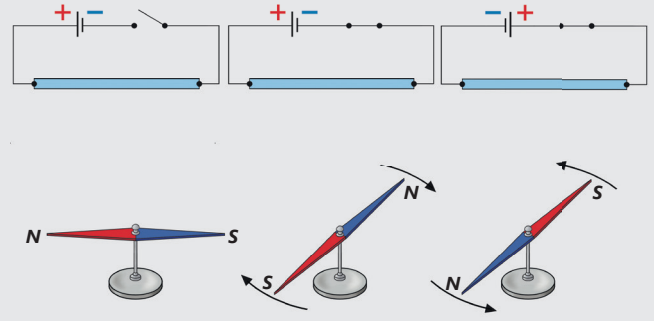
Sual 2. *p-tip* yarımkəçirici almaq üçün bu elementlərin atom sayını necə dəyişmək lazımdır?

Sual 3. *n-tip* yarımkəçirici əldə etmək üçün bu elementlərin atom sayı necə dəyişdirilməlidir?

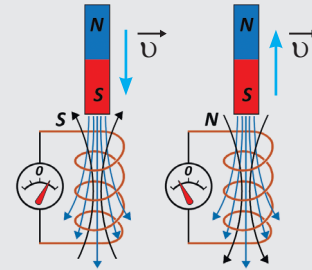
Maqnit sahəsi

İxtiyari maqnitin iki qütbü var – şimal və cənub. Eyniadlı qütblər bir-birini itələyir, müxtəlifadlı qütblər isə cəzb edir. Maqnit sahəsinin qütblərinin qarşılıqlı cəzbtmə və itələmə xassəsi elektrik yüklərinin qarşılıqlı təsirlərinə oxşayır. Həqiqətdə isə maqnit qarşılıqlı təsirini, elektrik qarşılıqlı təsirini və qravitasiya qarşılıqlı təsirini xarakterizə edən düsturlar arasında da ümumi oxşarlıq vardır. Lakin maqnit və elektrik sahələrinin oxşarlığı yalnız düsturlarının oxşarlığı ilə bitmir, onlar arasında əlaqə daha sıx və qarşılıqlıdır. Bölmə bu qarşılıqlı əlaqənin daha dərin-dən öyrənilməsinə həsr olunmuşdur.

- Elektrik cərəyanı ilə maqnit sahəsi arasında hansı qanunauyğunluq var?
- Maqnit sahəsinin qüvvə xarakteristikası nədir?
- Cərəyanların maqnit sahələrinin istiqamətini necə təyin etmək olur?
- Maqnit sahəsi və cərəyanların qarşılıqlı təsirləri praktikada necə tətbiq olunur?
- "Elektrik cərəyanı maqnit sahəsinin mənşəyidir" demək olar, bəs maqnit sahəsi də elektrik cərəyanı yarada bilirmi?



Elektrik cərəyanı ətrafında maqnit sahəsi yaranır



Maqnit sahəsinin dəyişməsi qapalı naqildə – sarğacda induksiya cərəyanı yaradır

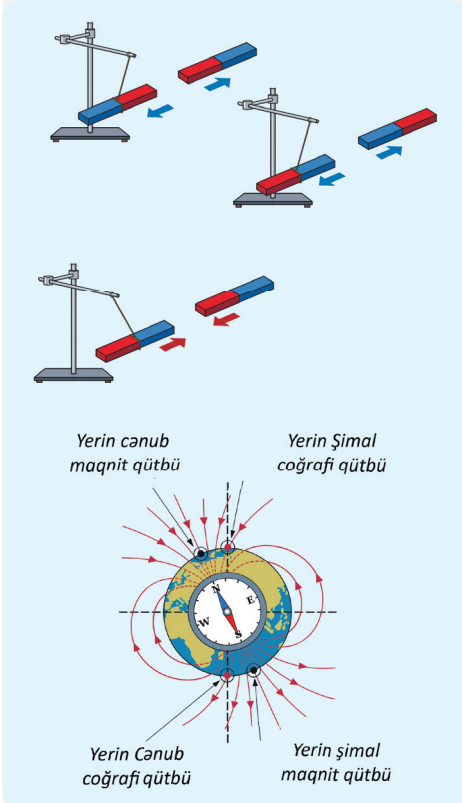
Bölmədə öyrənəcəksiniz

- Maqnit induksiya xətləri anlayışı əsasında maqnit sahəsinin təsvirini asanlıqla izah etmək mümkündür.
- Yerin maqnit sahəsinin yaranma mexanizmini bilərək onun hansı qütbünün Yer Şimal və Cənub coğrafi qütbləri yaxınlığında yerləşdiyini izah oluna bilər.
- Elektrik cərəyanının və maqnit induksiya vektorunun istiqamətini təsvir etmək üçün şərti olaraq "x" və "•" simvollarından istifadə edilir.
- Düz və dairəvi cərəyanlı naqillərin maqnit sahələrinin istiqamətini təsvir edilməsi üçün "sağ əl qaydası"ndan, yaxud "burğu qaydası"ndan istifadə etmək əlverişlidir.
- Elektromaqnitin praktik əhəmiyyəti (elektrik kranı, elektrik mühərriki və ölçü cihazlarının iş prinsipinin nümunəsində) təcrübələrlə sübut olunur.
- Maqnit sahəsinin dəyişməsi ilə qapalı konturda induksiya cərəyanı alınır ki, ondan da praktikada geniş istifadə olunur.

4.1 Maqnit sahəsi. Elektrik cərəyanının maqnit sahəsi

Elektrik cərəyanı elektrik dövrələrindən keçməklə yalnız lampaları, digər elektrik cihazlarını işə salmır, o, ətraf fəzanın fiziki vəziyyətini də dəyişir. Belə ki, elektrik cərəyanı öz ətrafında görünməz, lakin real bir fiziki sahə – *maqnit sahəsi* yaradır. Bu sahə başqa cərəyanlara, maqnitlərə, hətta Yerin özünə də təsir göstərir.

4.1.1 Maqnit sahəsinin mənşəyi və Yer in maqnit sahəsi



XATIRLAMA: *Fizika 7. Dərslük. II hissə. Sabit maqnit və maqnit sahəsi.*

Maqnit xassəsini uzun müddət özündə saxlayan maddələrdən hazırlanmış maqnitlər sabit maqnitlər adlanır. Maqnitlərin ətrafındakı fəzada həmişə maqnit sahəsi olur. Maqnit sahəsinin daha güclü olduğu yerlər maqnit qütbləri adlanır. Formasından asılı olmayaraq bütün maqnitlərin şimal (**N** – ingiliscə “North” sözünün baş hərfi) və cənub (**S** – ingiliscə “South” sözünün baş hərfi) olmaqla iki qütbü var. Qarşılıqlı təsirdə olan maqnitlərin eyniadlı qütbləri (S və S, yaxud N və N) bir-birini itələyir, müxtəlif qütbləri isə (N və S) bir-birini cəzb edir. Yer kürəsinə də sabit maqnit kimi baxmaq olar. Onun maqnit sahəsinin cənub qütbü coğrafi Şimal qütbünün, şimal maqnit qütbü isə coğrafi Cənub qütbünün yaxınlığında yerləşir. Bilirsiniz ki, fizika elminin inkişafında mühüm rol oynamış klassik eksperimentlərdən biri elektrik cərəyanının maqnit sahəsi yaradabilmə xassəsinin kəşfidir (bax: *Fizika 9. Dərslük, I hissə, səh. 59*). Belə ki, 1820-ci ildə danimarkalı alim H.Ersted müəyyən edir ki, elektrik dövrəsindən keçən cərəyan maqnit əqrəbinə təsir edərək onu tarazlıq vəziyyətindən çıxarır. Dövrəni açıqdıqda isə əqrəb

yenidən başlanğıc vəziyyətinə qayıdır. Bununla da H.Ersted cərəyanlı naqilin öz ətrafında maqnit sahəsi yaratdığını aşkar edir.

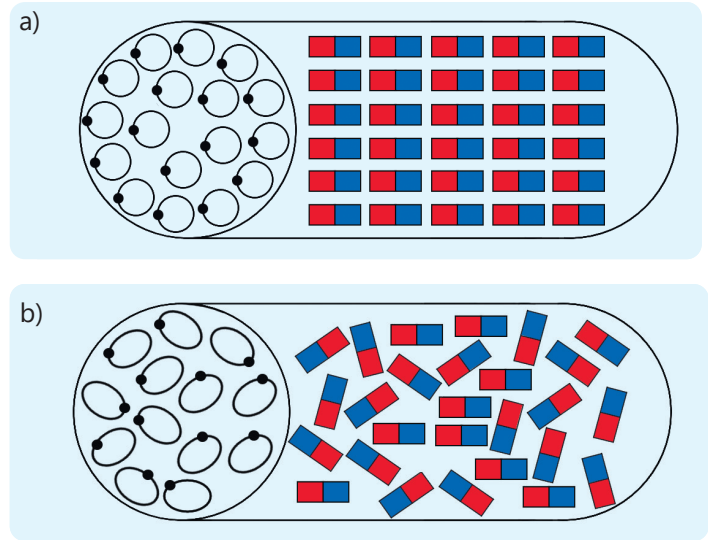
- **Elektrik cərəyanı maqnit sahəsinin mənbəyi ola bilərmi?**
- **Təbiətdə maqnit sahəsinin mənşəyi olan “maqnit yükü” mövcuddurmu?**

Maqnit sahəsinin mənşəyi

H.Ersted eksperimentinin nəticələrinə əsasən fransız fiziki Andre Amper "dairəvi molekulyar cərəyanlar" fərziyyəsini irəli sürür. Bu fərziyyəyə görə, təbiətdə maqnit sahəsini yaradan "maqnit yükü" mövcud deyil, atom və molekullar daxilində elementar dairəvi cərəyanlar mövcuddur. Sonralar müəyyən edildi ki, elementar cərəyanlar atomdakı elektronların öz orbitləri boyunca hərəkətləri nəticəsində yaranır. Milyonlarla elementar cərəyanların dövr etdikləri müstəvilər bir-birinə nəzərən nizamlı yerləşdikdə onların yaratdıqları elementar maqnit sahələri toplanır. Nəticədə maddələr maqnit xassəsi kəsb edir (şəkil 4.1, a), məsələn, sabit maqnitlər və maqnit sahəsinin təsiri ilə maqnitlənən dəmir, polad və s. cisimlər. Elementar cərəyan müstəviləri nizamsız yerləşdikdə onların yaratdığı elementar maqnit sahələri bir-birinin təsirini kompensasiya edib neytrallaşdırır (şəkil 4.1, b). Ona görə də belə maddələr maqnit xassəli olmur, məsələn, şüşə, rezin, taxta, plastmas və s.

Qeyd edək ki, müəyyən hesablama sisteminə nəzərən sükunətdə olan elektrik yükləri öz ətraflarında yalnız elektrostatik sahə yaradır. Lakin bu yüklər istiqamətlənmiş hərəkətə gələrsə, onlar ətraflarında həm elektrik, həm də maqnit sahəsi yaradır.

Maqnit sahəsi – hərəkətdə olan elektrik yüklərinin yaratdığı materiya növüdür.



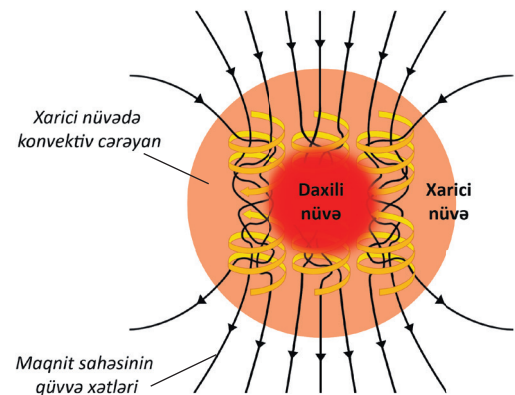
Şəkil 4.1. Cisimdəki elementar cərəyanlar



Yerin maqnit sahəsinin mənşəyi

Yer, əslində, nəhəng planetar "dinamomaşındır", yəni onun maqnit sahəsini sabit maqnit deyil, planetin xarici nüvəsində olan elektrik yüklərinin konvektiv cərəyanları yaradır. Mexanizm aşağıdakı kimidir.

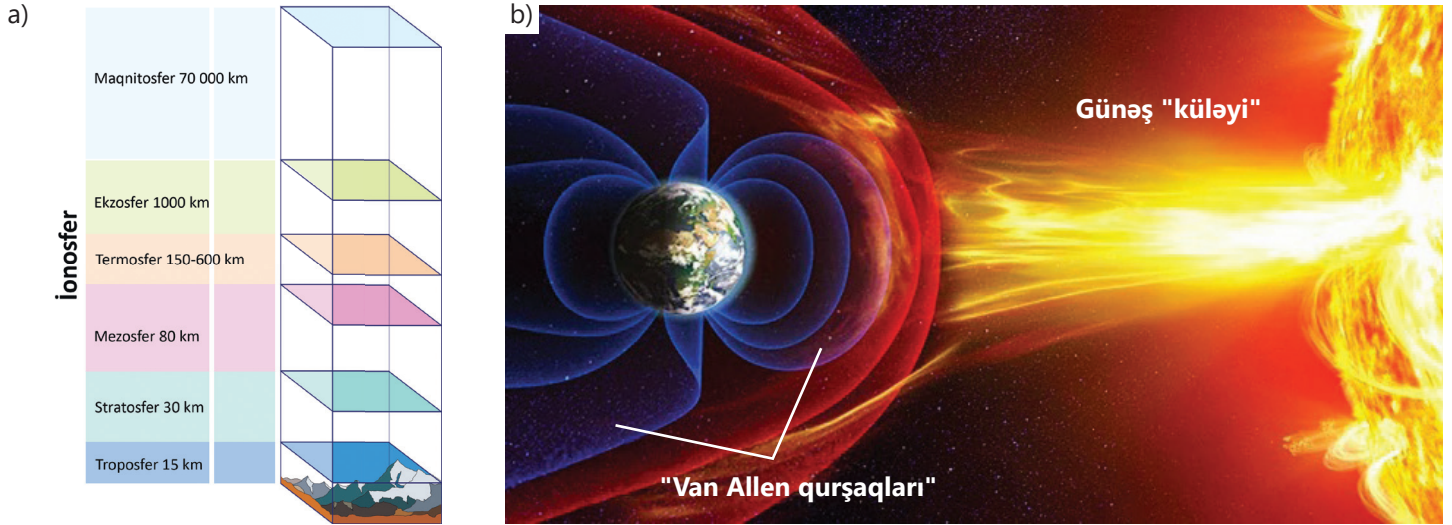
Yer səthinin xarici nüvəsi dəmir və nikelin maye haldakı təbəqəsindən ibarətdir. Bu mayenin hərəkəti daxili nüvə və mantiyadan gələn istilik axınları, həmçinin Yerın fırlanması ilə bağlıdır. Belə ki, qaynar maye metal axını yuxarı qalxdıqda nisbətən soyuq olan metal axını aşağı enir – qapalı konveksiya cərəyanları yaranır. Yer kürəsinin öz oxu ətrafında fırlanması nəticəsində konvektiv cərəyanlar spiralvari hərəkət alır. Maye metalın belə konvektiv dövrləri onlardakı sərbəst yükdaşıyıcıların istiqamətlənmiş hərəkətini, yəni elektrik cərəyanını yaradır. Bu cərəyanlar isə Yer kürəsinin ətrafında maqnit sahəsini əmələ gətirir (şəkil 4.2). Proses "geodinamo" adlanır. Məhz bu mexanizm sayəsində Yer planeti milyonlarla il ərzində öz maqnit sahəsini saxlaya bilir.



Şəkil 4.2. Yerın xarici nüvəsindəki konvektiv cərəyanlar planetin maqnit sahəsini yaradır

Maqnitosfer

Yer kürəsinin maqnit sahəsi onun *maqnitosferi* adlanır (şəkil 4.3, a). Maqnitosfer ilk dəfə ABŞ astrofiziki Ceyms Alfred van Allen tərəfindən müəyyən olunduğuna görə onu "Van Allen qurşaqları" adlandırırlar. O, yüklü zərrəciklərin Yerin maqnit sahəsində tutulması nəticəsində yaranır. Yer səthindən başlayaraq on minlərcə kilometr uzanan "Van Allen qurşaqları" Yerdəki canlıları kosmosdan və Günəşdən gələn məhvedici enerjiden, zərərli kosmik şüalardan qoruyan "sipər" rolunu oynayır (şəkil 4.3, b).



Şəkil 4.3. Yer maqnitosferi

FƏALİYƏT

Hansı cihazı modelləşdirdiniz?

Ləvazimat: sabit maqnit, iynə, içərisində su olan şüşə qab, mantar, maqnit əqrəbi, rəngli izolyasiya lenti.

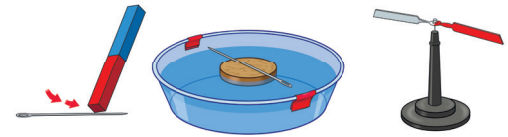
İşin gedişi

1. Maqnit iynəyə 20–25 dəfə sürterek onu maqnitləndirin və mantarın üzərinə qoyun.

Mantarı iynə ilə birlikdə suyun səthində yerləşdirin.

2. İynəni mantarla birlikdə su səthində fırladıb buraxın. Mantar dayandıqdan sonra iynənin uclarının yönəldiyi istiqamətləri qabın kənarına izolyasiya lenti yapışdırmaqla qeyd edin (şəkil 4.4). İynənin tarazlaşdığı istiqaməti kənarında qoyulmuş maqnit əqrəbinin istiqaməti ilə müqayisə edin.

3. Mantarı fırlatmaqla təcrübəni bir neçə dəfə təkrarlayın və hər dəfə onun tarazlaşdığı zaman iynənin uclarının yönəldiyi istiqaməti maqnit əqrəbinin istiqaməti ilə müqayisə edin.



Şəkil 4.4.

Müzakirə edin

- Mantarı fırladıb buraxdıqdan sonra onun səthindəki iynənin ucları hansı istiqamətdə duraraq tarazlaşdı?
- Bu istiqaməti maqnit əqrəbinin istiqaməti ilə müqayisə etdikdə diqqətinizi nə cəlb etdi?
- Təcrübəni təkrarladıqda nə müşahidə etdiniz?
- Eksperimentdən hansı nəticəyə gəldiniz: siz hansı cihazı modelləşdirdiniz?

Yerin maqnit sahəsinin qütbləri

Maqnit əqrəbləri Yerdə həmişə planetin Şimal və Cənub coğrafi qütblərinə doğru (Yerin qütblərindən və dəmir filizi ilə zəngin olan yerlərdən başqa) istiqamətlənir. Bu onu göstərir ki, Yerin maqnit sahəsinin qütbləri də planetin Şimal və Cənub coğrafi qütblərinin yaxınlığındadır.

•DÜŞÜN
•MÜZAKİRƏ ET
•PAYLAŞ

Yerin həm qravitasiya sahəsi, həm də maqnit sahəsi var.

Sual. Bu fiziki sahələrin ümumi xassələri hansılardır?

Bilir-
sınız-
mi?

VII–VIII əsrlərdə Çin kahinləri müşahidə etmişlər ki, ipək sapdan asılan maqnitlənmiş dəmir çubuq həmişə Qütb ulduzu istiqamətinə, yəni Yerin şimal-qərbinə doğru səmtlənir. Maqnitlənmiş metalın bu xassəsi XI əsrdə əvvəlcə Çində, sonra isə Ərəbistanda gəmi kompasının ixtirası ilə nəticələndi. Şəkildə orta əsrlərdə

Bağdad akademiyasında hazırlanmış belə kompas təsvir edilmişdir. O, mis (yaxud taxta) lövhə üzərində sərbəst fırlanan maqnitlənmiş metal qaşığıdan ibarətdir. Qaşığı hansı istiqamətə fırladılmasından asılı olmayaraq onun dəstəyi həmişə dönərək Yerin Cənub qütbü istiqamətində durur.



Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

Məsələ. Maqnit qasırğası

Günəş atmosferində güclü partlayışlar baş verdikdə kosmik fəzaya atılan sürətli yüklü zərrəciklər selinin Yerdəki canlılara, o cümlədən insanlara ölümcül təsirlərindən planetimizin maqnitoferi – “Van Allen qurşaqları” qoruyur. Lakin buna baxmayaraq, Günəş atmosferindəki güclü partlayışlardan sonra Yerdə maqnit qasırğası da baş verir.

Sual 1. Sizcə, maqnit qasırğası nədir və o necə yaranır?

Sual 2. Maqnit qasırğasından qorunmaq mümkündürmü?

Sual 3. Maqnit qasırğası canlılardan başqa, Yerdə daha nəyə neqativ təsir göstərir?

Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. Yer böyük təbii maqnitdir. Adi maqnitdə olduğu kimi onun da maqnit sahəsi qapalı olub şimal və cənub qütbləri vardır.

Sual 1. Yerin maqnit sahəsi formasına görə nəyin maqnit sahəsini xatırladır?

1– nalşəkilli maqnitin

2– düz maqnitin

3– cərəyanlı düz naqilin

4– ixtiyari formalı maqnitin

5– dairəvi cərəyanın

A) yalnız 1

B) yalnız 3

C) yalnız 2 və 5

D) yalnız 2 və 3

E) yalnız 4

Sual 2. Yer kürəsinin maqnit sahəsini öyrənən tədqiqat gəmiləri hansı materialdan tikilməlidir: poladdan, yoxsa ağacdan? Cavabınızı əsaslandırın.

Sual 3. Kompas əqrəbinin cənub qütbü həmişə hansı istiqamətə səmtlənir?

1– Yerin Cənub coğrafi qütbünə

2– Yerin cənub maqnit qütbünə

3– Yerin ekvatoruna

4– Yerin Şimal coğrafi qütbünə

5– Yerin şimal maqnit qütbünə

A) yalnız 1 və 2

B) yalnız 2

C) yalnız 1 və 5

D) yalnız 3

E) yalnız 2 və 4

Sual 4. Yerin hansı ərazilərində kompasdan istifadənin heç bir əhəmiyyəti yoxdur?

2. XX əsrin əvvəllərində fransız alimi Fransua Araqo nəşr etdirdiyi "Göy gurultusu və ildırım" adlı kitabında belə bir maraqlı hadisə qeyd etmişdir: "1681-ci ilin iyul ayında "Quick" adlı gəmini ildırım vurdu. Gecə düşəndə ulduzların mövqeyinə əsasən məlum oldu ki, gəmidəki üç kompasdan ikisinin şimalı göstərən əqrəbi şimala yönəlmək əvəzinə, cənuba yönəlmişdi. Üçüncü kompasın isə əqrəbinin şimal ucu qərbə yönəlmişdi..."

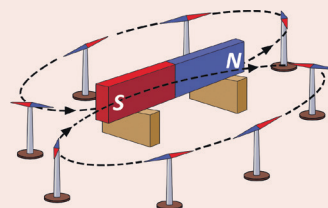
Sual. Bu hadisənin səbəbini necə izah edərdiniz?

4.1.2 Maqnit sahəsinin induksiyası



Düz maqnitə dayaq üzərinə qoyub ətrafında maqnit əqrəbləri yerləşdirdikdə əqrəblər dönərək müəyyən qanunauyğunluq üzrə səmtləşəcək (şəkil 4.5).

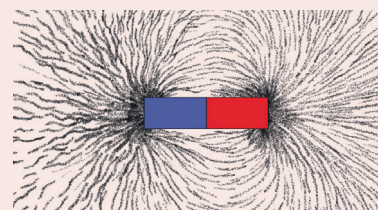
Düz maqnitin ətrafına dəmir tozu səpilsə, o, şəkil 4.6-dakı kimi "maqnit spektri" adlanan mənzərə yaradacaq.



Şəkil 4.5.

• **Düz maqnitlə aparılan bu təcrübələrdə maqnit əqrəblərinin və dəmir tozunun yaratdığı mənzərələrdə ümumi qanunauyğunluq nədir?**

• **Həmin mənzərələr maqnit sahəsinin forma və xarakteristikası haqqında hansı nəticəyə gəlməyə əsas verir?**



Şəkil 4.6.

Açar sözlər

maqnit qüvvə xətləri, maqnit sahəsinin induksiyası, "maqnit spektri"

FƏALİYƏT

Maqnit sahələrinin qarşılıqlı təsirinin araşdırılması

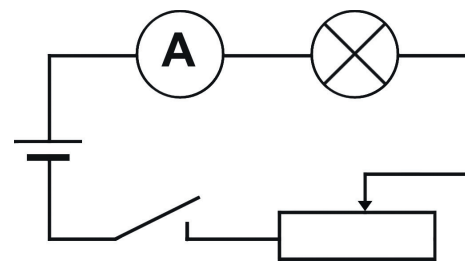
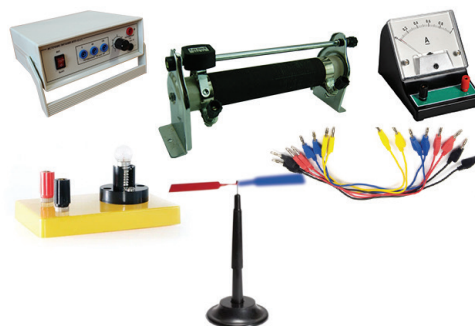
Ləvazimat: cərəyan mənbəyi (düzləndirici), reostat, lampa, ampermetr, maqnit əqrəbi, birləşdirici naqillər.

İşin gedişi

1. Şəkil 4.7-də təsvir olunmuş sxemə əsasən elektrik dövrəsi qurun.
2. Açarı qapayın, maqnit əqrəbini dövrəyə yaxınlaşdırın və onun təbii səmtləşməsinin necə dəyişdiyini izləyin.
3. Reostatla dövrədəki cərəyan şiddətini artırıb-azaldın, maqnit əqrəbini dövrədən uzaqlaşdırıb yenidən yaxınlaşdırın. Hər dəfə maqnit əqrəbinin səmtləşməsinin necə dəyişdiyinə diqqət yetirin.
4. Sonda dövrəni açın və maqnit əqrəbinin reaksiyasını izləyin.

Müzakirə edin

- Maqnit əqrəbini cərəyanlı dövrəyə yaxınlaşdırdıqda nə müşahidə olundu?
- Dövrədəki cərəyanın istiqamətini dəyişdirdikdə maqnit əqrəbinin reaksiyası necə oldu?



Şəkil 4.7.

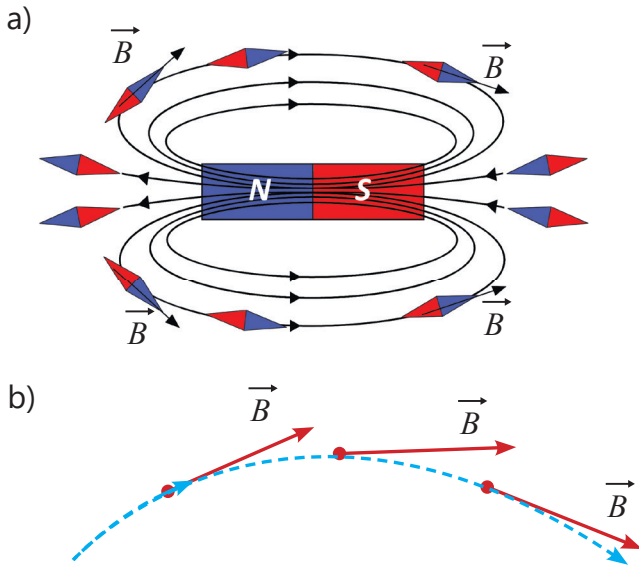
- Dövrədəki cərəyan şiddətini artırırdıqda və azaltdıqda, maqnit əqrəbi dövrədən uzaqlaşdırıldıqda və yaxınlaşdırıldıqda əqrəbdə uyğun olaraq hansı dəyişikliklər müşahidə olundu?
- Dövrəni açıdıqda maqnit əqrəbinin səmtləşməsində hansı hadisə baş verdi?
- Təcrübədən nə nəticəyə gəlmək olar? Fərziyyənizi söyləyin.

Maqnit sahəsinin induksiyası

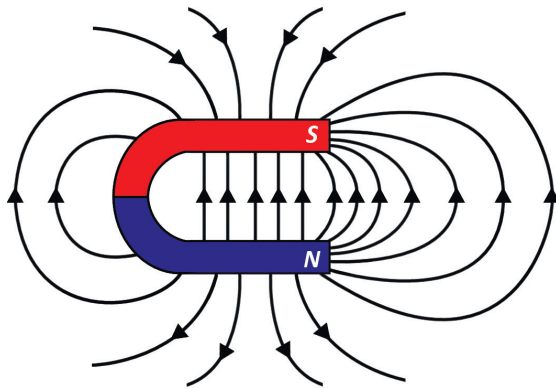
Maqnit sahəsinin qüvvə xarakteristikası şərti olaraq maqnit sahəsinin induksiyası (və ya qısaca "maqnit induksiyası") qəbul edilmişdir. O, \vec{B} hərfi ilə işarə edilir və BS-də vahidi tesladır (1Tl).

Təcrübədən cərəyan şiddəti I olan naqıldən ixtiyari R məsafəsində maqnit sahəsinin induksiyasının bu kəmiyyətlərdən asılı olduğu müəyyən edilmişdir:

$$B \sim \frac{I}{r}$$



Şəkil 4.8. Maqnit induksiya vektoru



Şəkil 4.9. Nalşəkilli sabit maqnitin maqnit sahəsinin qüvvə xətləri

Maqnit sahəsinin induksiyası vektorial fiziki kəmiyyətdir. Maqnit induksiya vektorunun istiqaməti bu sahənin verilmiş nöqtəsində yerləşən maqnit əqrəbinin şimal qütbünün yönəldiyi istiqamətdədir (şəkil 4.8, a).

Maqnit induksiya xətləri

Maqnit sahəsi görünür, lakin onun mənzərəsini maqnit qüvvə xətləri (və ya maqnit induksiya xətləri) ilə modelləşdirmək olur:

- Maqnit induksiya xətləri maqnit sahəsinin elə xətləridir ki, bu xətlərin hər bir nöqtəsinə çəkilən toxunan həmin nöqtədə \vec{B} maqnit induksiya vektoru ilə üst-üstə düşür (şəkil 4.8, b).

Maqnit sahəsində maqnit əqrəblərinin əmələ gətirdiyi "zəncirlər" maqnit induksiya xətlərinin formasını verir. Maqnit induksiya xətləri maqnitin xaricində onun şimal qütbündən (N-dən) çıxır və cənub qütbünə (S-ə) daxil olur. Maqnitin daxilində isə maqnit induksiya xətləri S-dən N-ə doğru davam edir və qapanır. İnduksiya xətlərinin sıx olduğu yerlərdə maqnit sahəsi daha güclüdür.

- Maqnit sahəsi burulğandır: sahənin induksiya xətləri həmişə qapalıdır, yəni onların nə başlanğıcı, nə də sonu var.

Aydındır ki, maqnit sahəsinin ixtiyari nöqtəsindən yalnız bir induksiya xətti keçirmək olar, çünki maqnit sahəsinin induksiyası fəzanın ixtiyari nöqtəsində yalnız müəyyən

istiqamətə yönələ bilər. Bu isə o deməkdir ki, maqnit induksiya xətləri heç vaxt kəsişmir. Maqnit induksiya xətlərinin mənzərəsini dəmir tozu (yonqarı) vasitəsilə daha aydın "görmək" olur. Belə ki, sabit maqnit sahəsinə səpələn dəmir tozunun hər dənəciyi maqnitlənərək kiçik maqnit əqrəbinə çevrilir və sahənin təsiri ilə induksiya xətləri boyunca səmtləşir. Dəmir tozlarının yaratdığı bu mənzərə maqnit sahəsinin induksiya xətlərinin əyani təsvirini verir (bax: şəkil 4.6). Bu təsvir "maqnit spektri" adlanır. Bəzi hallarda elə maqnit sahəsi yaratmaq olur ki, onun maqnit induksiya xətləri bir-birinə paralel olub eyni sıxlıqda paylanır. Belə sahə *bircins maqnit sahəsi* adlanır. Bircins maqnit sahəsinə misal olaraq nəlşəkili maqnit qolları arasındakı sahəni göstərmək olar (şəkil 4.9).

•DÜŞÜN
•MÜZAKİRƏ ET
•PAYLAŞ

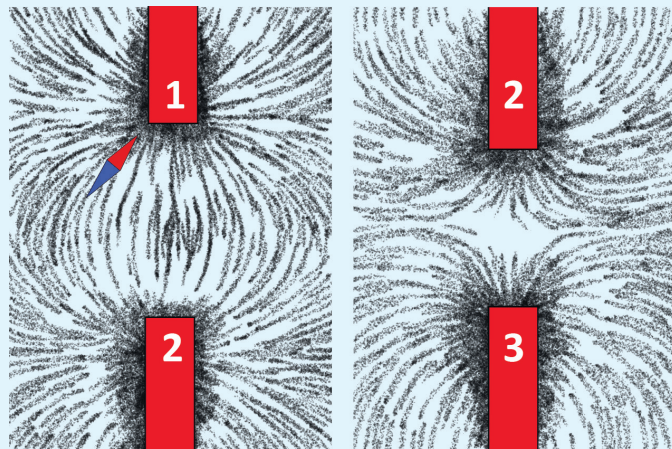
Maqnit sahəsinin elektrostatik sahədən fərqi nədədir? İki fərq göstərin.

Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

Məsələ. Şəkil 4.10-da eksperiment zamanı markalanmayan düz maqnitlərin dəmir tozu vasitəsilə alınmış maqnit sahəsinin qüvvə xətlərinin "fotoları" təsvir edilmişdir. Maqnit əqrəbi 1 maqnitinə cənub qütbü ilə yönəlmişdir. Hər iki şəkildə "2" rəqəmi ilə eyni maqnitin eyni qütbü işarələnmişdir.

Sual. Verilən mülahizələrdən hansılar düzgündür?

- a – Maqnitin təsir gücü onun hazırlandığı materialdan asılıdır.
- b – A şəkildə 1 maqnit 2 maqnitə şimal qütbü ilə yönəlib.
- c – A şəkildə 1 və 2 maqnitləri bir-birinə eyniadlı qütblərlə çevrilib.
- d – B şəkildə 3 maqnit 2 maqnitə cənub qütbü ilə yönəlib.
- e – B şəkildə 2 və 3 maqnitləri bir-birinə eyniadlı qütblərlə çevrilib.
- f – Maqnitlərin qarşılıqlı təsirinin gücü onların arasındakı məsafədən asılıdır.



A fotoşəkli

B fotoşəkli

Şəkil 4.10. Düz sabit maqnitin maqnit sahəsinin qüvvə xətləri

Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. Taxta, şüşə və plastilin kimi materiallar niyə maqnit sahəsinin təsiri ilə maqnitlənir?

2. Şəkil 4.11-də düz maqnit və onun maqnit sahəsinin induksiya xətləri təsvir edilmişdir. Təcrübə göstərir ki, maqnit sahəsinin ixtiyari nöqtəsində induksiya xətlərinin istiqaməti həmin nöqtədə yerləşdirilən maqnitin şimal qütbünə təsir edən qüvvənin istiqamətindədir. Maqnit induksiya xətlərinin nisbi sıxlığı maqnit sahəsinin nisbi təsirini müəyyən edir.

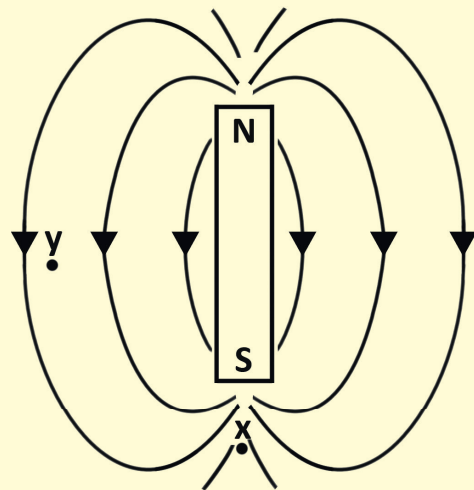
Sual 1. X və Y nöqtələrinin hansında digər maqnitin şimal qütbu daha böyük təsirə məruz qalar?

Sual 2. Y nöqtəsində yerləşdirilmiş digər maqnitin şimal qütbünə təsir edən qüvvə hara yönələcək – şəkil müstəvisində yuxarı, yoxsa aşağı?

3. Uzun düz naqildəki cərəyan şiddəti 8 A-dir.

Sual 1. Cərəyan şiddəti 2 dəfə artırılarsa, maqnit induksiyası necə dəyişər?

Sual 2. Verilən cərəyanlı naqildən 12 mm, 8 mm və 2 mm məsafələrin hansında maqnit sahəsinin induksiyası daha böyükdür?



Şəkil 4.11.

4.1.3 Cərəyanlı düz naqilin maqnit induksiyası

Şəkil müstəvisində cərəyanlı naqil təsvir edilmişdir.



• Şəkil müstəvisində yerləşən cərəyanlı naqilin “yuxarı” və “aşağı” hissələrində, habelə naqil ilə müşahidəçi arasındakı havada maqnit induksiyası hansı istiqamətdədir?

Açar sözlər

cərəyanlı düz naqil, burulğanlı sahə, burğu qaydası, sağ əl qaydası

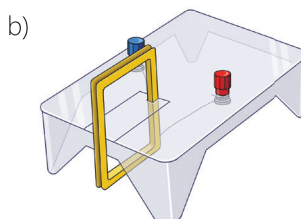
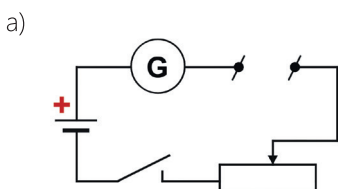
FƏALİYYƏT

Cərəyanlı düz naqilin maqnit induksiya xətləri

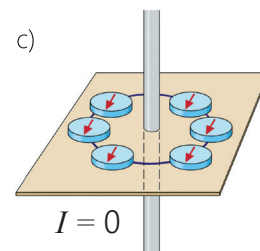
Ləvazimat: “Maqnit sahəsi” laboratoriya dəsti, sabit cərəyan mənbəyi, qalvanometr, reostat, açar, dəmir tozu, maqnit əqrəbi (4-5 ədəd), birləşdirici naqillər.

İşin gedişi

1. Sxemdə göstərilən dövrəni yığın (şəkil 4.12, a).
2. Laboratoriya dəstindən naqilin düz hissəsinə perpendikulyar bərkidilmiş müstəvi lövhədən ibarət qurğunun sıxaclarını dövrənin açıq uclarına birləşdirin (şəkil 4.12, b).



Şəkil 4.12



3. Lövhənin səthinə dəmir tozu səpələyib dövrəni qapayın və cərəyanlı düz naqilin maqnit sahəsinin qüvvə xətlərinin formasına diqqət yetirin.
4. Dövrəni açın və dəmir tozunun əvəzinə naqilin ətrafında maqnit əqrəbləri yerləşdirin (şəkil 4.12, c). Dövrəni qapayın və cərəyanın maqnit sahəsinin müxtəlif nöqtələrindəki induksiya vektorlarının istiqamətlərini təyin edin.
5. Naqildəki cərəyanın istiqamətini dəyişib (qurğunun sıxaclarına birləşdirilən naqillərin yerini dəyişməklə) təcrübəni təkrarlayın və baş verən hadisəni izləyin.

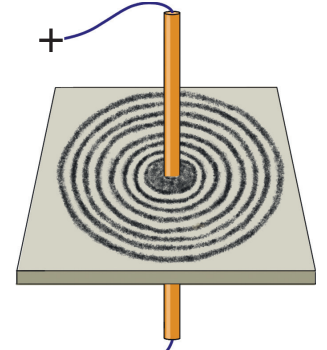
Müzakirə edin

- Cərəyanlı düz naqilin ətrafında yaratdığı maqnit sahəsinin qüvvə xətləri hansı formanı aldı?
- Düz naqildən şaquli yuxarı və aşağı cərəyan keçdikdə kompasların maqnit əqrəblərinin vəziyyətində nə dəyişiklik müşahidə olundu?
- Cərəyanlı düz naqilin maqnit sahəsinin induksiya vektorunun istiqaməti haqqında hansı nəticəyə gəlmək olar?



Beləliklə, araşdırmadan çıxan nəticələr:

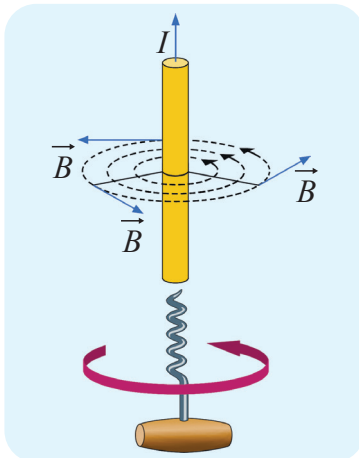
1. Dəmir tozu ilə aparılan təcrübə göstərdi ki, cərəyanlı düz naqilin ətrafında yaranan maqnit sahəsi burulğanlı olub qapalı konsentrik çevrələr formasındadır (şəkil 4.13).
2. Naqildə cərəyanın istiqaməti dəyişdikdə kompasların əqrəblərinin 180° fırlanması müşahidə olunur. Deməli, cərəyanın yaratdığı maqnit sahəsinin induksiya vektorunun istiqaməti naqildəki cərəyanın istiqamətindən asılıdır. Maqnit induksiyasının istiqamətini maqnit əqrəbindən istifadə olunmadan iki praktik qaydadan ixtiyari biri ilə təyin etmək əlverişlidir. Bunlar *burğu* və *sağ əl qaydalarıdır*.



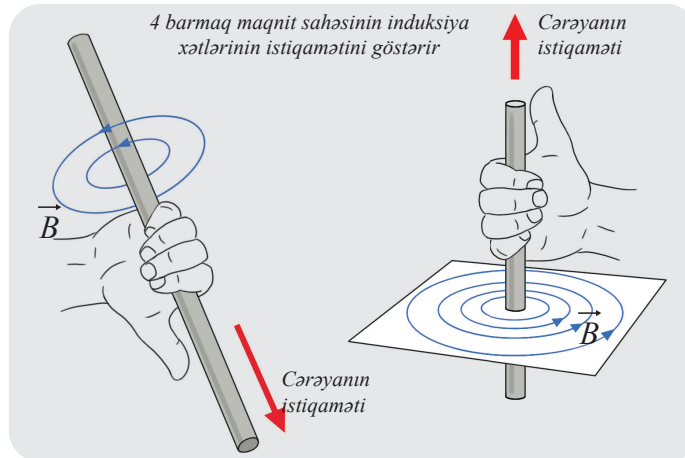
Şəkil 4.13. Cərəyanlı düz naqilin maqnit sahəsi

Cərəyanlı düz naqil üçün burğu qaydası

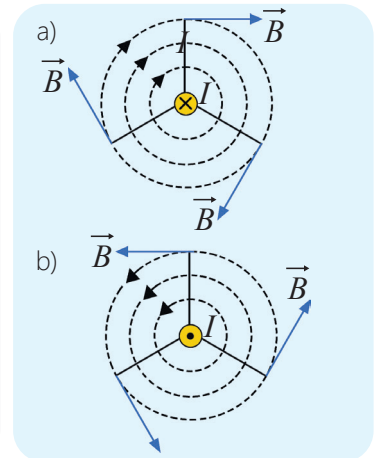
Əgər fikrən sağ yivli burğunun irəliləmə hərəkəti naqildəki cərəyan istiqamətində olarsa, burğu dəstəyinin fırlanma istiqaməti bu cərəyanın yaratdığı maqnit induksiya vektorunun istiqamətini göstərəcəkdir (şəkil 4.14).



Şəkil 4.14. Burğu qaydası



Şəkil 4.15. Sağ əl qaydası



Şəkil 4.16. Cərəyanlı düz naqilin maqnit qüvvə xətlərinin sxemi

Cərəyanlı düz naqil üçün sağ əl qaydası

Əgər fikrən cərəyanlı düz naqil sağ əllə elə tutularsa ki, baş barmaq cərəyan istiqamətini göstərsin, bu halda qalan dörd barmağın naqilin ətrafında dairəvi bükülmə istiqaməti maqnit sahəsinin induksiya xətlərinin istiqamətini göstərəcəkdir (şəkil 4.15).

Əgər cərəyanlı düz naqil şəkil müstəvisinə perpendikulyar yerləşərsə, onun istiqaməti sxemlərdə belə göstərilir:

- elektrik cərəyanının istiqaməti bizdən şəkil müstəvisinə doğru düşürsə, o, dairə içərisində "x" işarəsi ilə göstərilir. Bu halda maqnit sahəsinin induksiyası saat əqrəbinin hərəkəti istiqamətində olur (şəkil 4.16, a);
- elektrik cərəyanının istiqaməti şəkil müstəvisindən bizə doğru düşürsə, o, dairə içərisində "•" (nöqtə) işarəsi ilə göstərilir. Bu halda maqnit sahəsinin induksiyası saat əqrəbinin əksi istiqamətində olur (şəkil 4.16, b).

DIQQƏT!

İnduksiya xətləri şəkil müstəvisinə perpendikulyar olan maqnit sahəsi sxemlərdə nöqtə və vurma işarələri ilə təsvir edilir. Maqnit induksiya vektoru ox formasında təsvir edilərsə (şəkil 4.17), şəkil müstəvisindən bizə doğru perpendikulyar yönələn maqnit induksiya xətləri nöqtə (sanki oxun ucunu görürük) işarəsi ilə təsvir edilir.

Bizdən şəkil müstəvisinə perpendikulyar yönələn maqnit sahəsinin induksiya xətləri vurma işarəsi ilə (sanki uzaqlaşan oxu arxadan görürük) təsvir edilir (şəkil 4.17). Məsələn, şəkil müstəvisində yerləşən cərəyanın yaratdığı maqnit sahəsinin naqilin sağ və sol hissələrində induksiya xətləri bu cərəyanın istiqamətindən asılı olaraq nöqtə və vurma işarələri ilə təsvir olunur (şəkil 4.18). Bu işarələr burğu, yaxud sağ əl qaydasına əsasən təyin edilir.

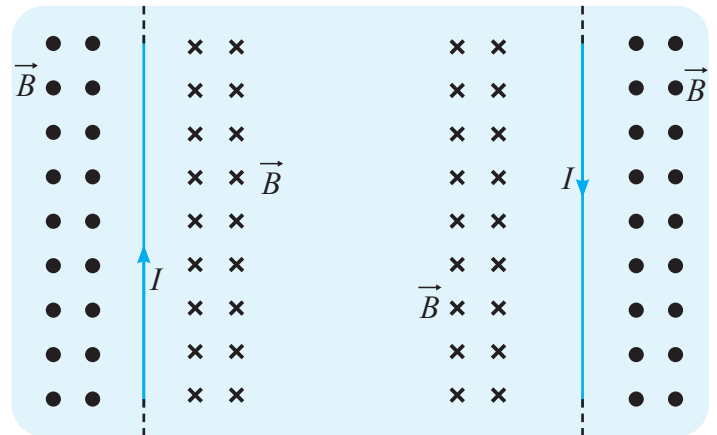
\vec{B} İnduksiya vektoru

\rightarrow

$\bullet \vec{B}$ Şəkil müstəvisindən bizə doğru perpendikulyar (sanki oxun nöqtəvi ucu bizə doğrudur)

$\times \vec{B}$ Bizdən şəkil müstəvisinə doğru perpendikulyar (sanki bizə uzaqlaşan oxu arxa hissəsi görünür)

Şəkil 4.17. İnduksiya vektorunun istiqamətinin şəkil müstəvisində şərti işarəsi



Şəkil 4.18. Cərəyanlı düz naqilin sağ və sol hissələrində şəkil müstəvisi üzrə maqnit induksiya vektorunun istiqaməti

- DÜŞÜN
- MÜZAKİRƏ ET
- PAYLAŞ

Düz naqildə cərəyan şəkil müstəvisindən bizə doğrudur.

Sual. Naqilin yaxınlığında kompas yerləşdirilərsə, onun maqnit əqrəbi hansı istiqamətə yönələr?

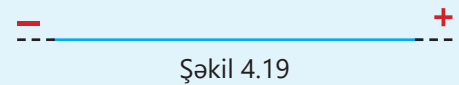
Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

Məsələ. Şəkildə cərəyanlı iki naqil təsvir edilmişdir.

Sual 1. Şəkil 4.19-da təsvir olunan cərəyanlı naqilin şəkil müstəvisi üzrə üst və alt hissəsində maqnit induksiya vektoru hansı istiqamətə yönəlmişdir? Təsviri iş vərəqinə çəkin və induksiya vektorunu sxemdə təsvir edin.

Sual 2. Şəkil 4.20-də cərəyanlı düz naqilin en kəsiyi təsvir edilmişdir. Cərəyan şəkil müstəvisindən müşahidəçiyə doğrudur. Cərəyanın maqnit sahəsinin 1, 2 və 3 nöqtələrində induksiya vektoru hansı istiqamətə yönəlmişdir? Cavabınızı sxem çəkməklə əsaslandırın.

Sual 3. Cərəyanın maqnit sahəsinin 1, 2 və 3 nöqtəsinin hansında maqnit sahəsinin induksiyasının ədədi qiyməti ən böyükdür? Niyə?



Şəkil 4.19



Şəkil 4.20

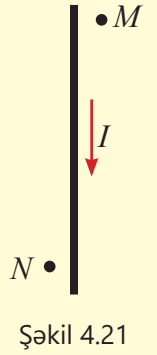
Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. Şəkil 4.21-də cərəyanlı düz naqıl təsvir olunmuşdur.

Sual 1. M nöqtəsində maqnit sahəsi hansı istiqamətə yönəlmişdir?

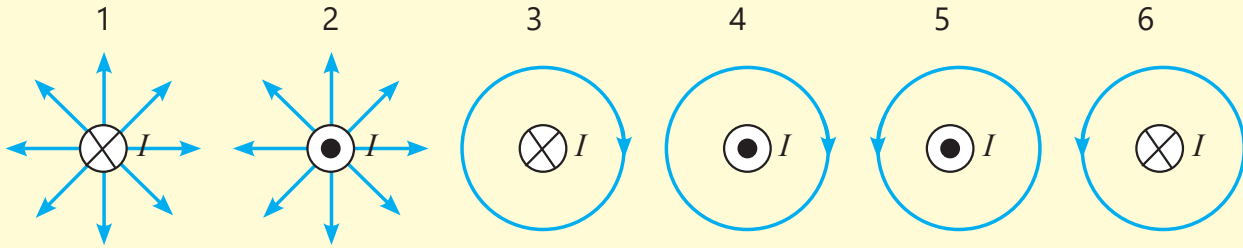
Sual 2. Naqıl ilə müşahidəçi arasındakı havada maqnit induksiya vektoru hansı istiqamətə yönəlmişdir?

Sual 3. N nöqtəsində maqnit induksiya vektoru hansı istiqamətə yönəlmişdir?



2. Cərəyanlı naqıl şəkil müstəvisinə perpendikulyardır.

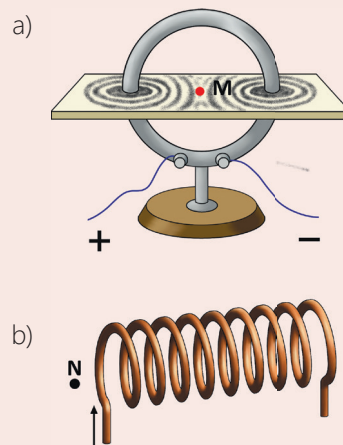
Sual. Onun maqnit sahəsinin induksiya xətləri hansı sxemdə düzgün təsvir edilmişdir?



4.1.4 Cərəyanlı dairəvi naqilin və sarğacın maqnit sahəsi

Cərəyanlı düz naqilin maqnit sahəsinin induksiya xətlərinin istiqamətini burğu və ya sağ əl qaydası ilə asanlıqla təyin etməyi öyrəndiniz.

- **Bəs cərəyanlı dairəvi naqilin (şəkil 4.22, a) və cərəyanlı sarğacın (şəkil 4.22, b) maqnit induksiya xətlərinin istiqamətini necə təyin etmək olar?**
- **Əgər cərəyanlı dairəvi naqilin keçirildiyi müstəvi səthdəki M nöqtəsində maqnit əqrəbi yerləşdirilsə, əqrəb hansı istiqamətdə yönələr?**
- **Maqnit əqrəbi sarğacın yaxınlığındakı N nöqtəsində yerləşdirilsə, onun şimal qütbü hansı istiqamətə yönələr?**



Şəkil 4.22

FƏALİYYƏT

Cərəyanlı dairəvi naqilin və sarğacın maqnit sahəsinin müəyyənləşdirilməsi

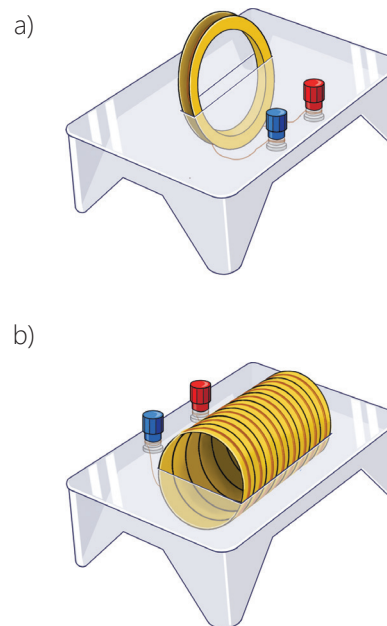
Açar sözlər

dairəvi naqil, sarğac

Ləvazimat: "Maqnit sahəsi" laboratoriya dəstindən dairəvi naqil keçirilən müstəvi lövhə (şəkil 4.23, a) və müstəvi lövhədən keçirilmiş sarğac (şəkil 4.23, b), sabit cərəyan mənbəyi, qalvanometr, reostat, açar, dəmir tozu, kiçik maqnit əqrəbi (2 ədəd), birləşdirici naqillər.

İşin gedişi

1. Əvvəlki dərstdə tanış olduğunuz sxemə uyğun elektrik dövrəsi qurun (bax: şəkil 4.12, a).
2. Dairəvi naqil qurğusunun sıxaclarını dövrənin açıq uclarına birləşdirin.
3. Lövhənin səthinə dəmir tozu səpib açarı qapayın və lövhəni karandaşla döyəcləməklə cərəyanlı dairəvi naqilin aydın görünən maqnit sahəsinin "spektri"nin alınmasına nail olun.
4. Dövrəni açın və cərəyanlı dairəvi naqilin müstəvisi üzərindəki mərkəzi nöqtəsində maqnit əqrəbi yerləşdirin. Açarı qapayın və maqnit əqrəbinin tarazlaşma istiqamətinə diqqət yetirin.
5. Cərəyanın istiqamətini dəyişin və maqnit əqrəbinin vəziyyətinin necə dəyişdiyini müşahidə edin.
6. Təcrübəni cərəyanlı sarğacla təkrarlayın və onun yaratdığı maqnit "spektri"nin formasına diqqət yetirin.
7. Cərəyanlı sarğacın ucları yaxınlığında maqnit əqrəbləri yerləşdirib onların hansı istiqamətə yönələcəyini izləyin.
8. Sarğacda cərəyanın istiqamətini dəyişin və baş verən hadisəyə diqqət yetirin.



Şəkil 4.23

Müzakirə edin

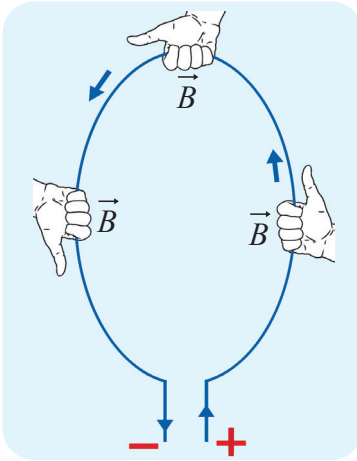
- Cərəyanlı dairəvi naqilin maqnit induksiya xətləri cərəyanlı düz naqilin maqnit induksiya xətlərindən nə ilə fərqləndi?
- Cərəyanlı dairəvi naqilin keçirildiyi müstəvi səthin mərkəzi nöqtəsində maqnit əqrəbi yerləşdirildikdə əqrəb hansı istiqamətdə tarazlaşdı?
- Təcrübəni cərəyanlı sarğacla təkrarladıqda onun yaratdığı maqnit induksiya xətləri formasına görə hansı cismin maqnit sahəsinə oxşadı?



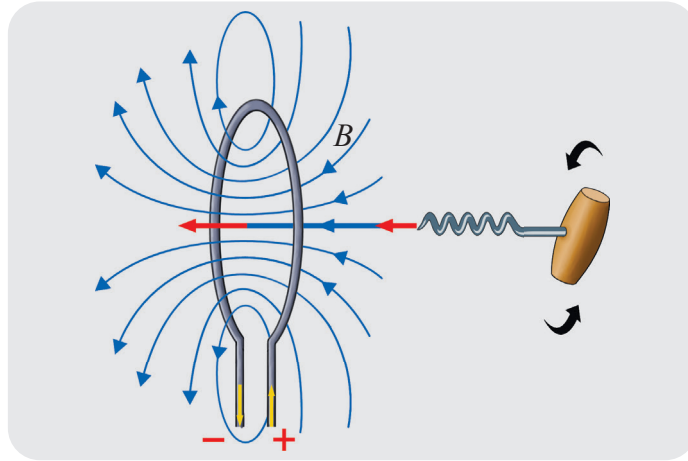
Dairəvi cərəyanın maqnit sahəsi

Dairəvi cərəyanın maqnit induksiya xətlərinin istiqamətini cərəyanın istiqaməti müəyyən edir və onu maqnit əqrəbi vasitəsilə asanlıqla təyin etmək olur. Maqnit əqrəbi olmadıqda isə bu məqsədlə sağ əl, yaxud burğu qaydasından istifadə etmək əlverişlidir.

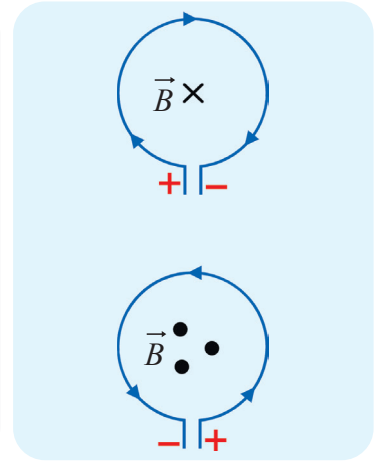
Dairəvi cərəyan üçün sağ əl qaydası: əgər fikrən dairəvi cərəyanın ixtiyari hissəsi sağ əllə elə tutularsa ki, baş barmaq həmin hissədə cərəyanın istiqamətini göstərsin, bu halda bükülmüş dörd barmaq həmin hissədə cərəyanın maqnit sahə induksiya xətlərinin istiqamətində olacaqdır (şəkil 4.24).



Şəkil 4.24. Dairəvi cərəyan üçün sağ əl qaydası



Şəkil 4.25. Dairəvi cərəyan üçün sağ yivli burğu qaydası



Şəkil 4.26. Dairəvi cərəyanın maqnit sahəsinin qütbləri

Dairəvi cərəyan üçün sağ yivli burğu qaydası: fikrən burğunun dəstəyini dairəvi cərəyan istiqamətində burduqda onun irəliləmə hərəkətinin istiqaməti dairəvi cərəyanın daxilində maqnit sahəsinin induksiya xətlərinin istiqamətini göstərəcəkdir (şəkil 4.25). Dairəvi cərəyan müstəvisindən maqnit induksiya xətlərinin çıxdığı hissə onun maqnit sahəsinin şimal qütbü, induksiya xətlərinin daxil olduğu hissə isə həmin sahənin cənub qütbüdür (şəkil 4.26).

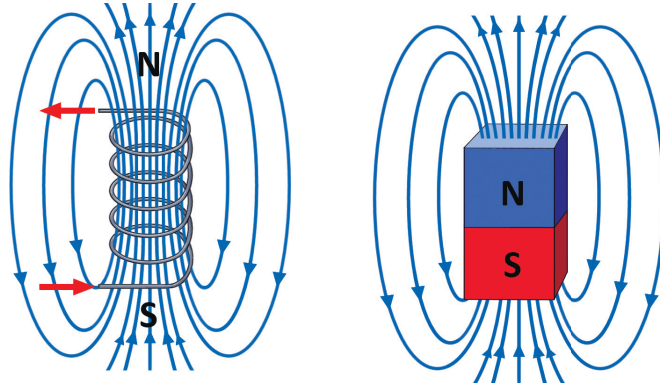
Cərəyanlı sarğacın maqnit sahəsi

Apardığınız araşdırmadan məlum oldu ki, cərəyanlı sarğac maqnit sahəsinin induksiya xətlərinin mənzərəsi düz maqnitin induksiya xətlərinə oxşayır (şəkil 4.27).

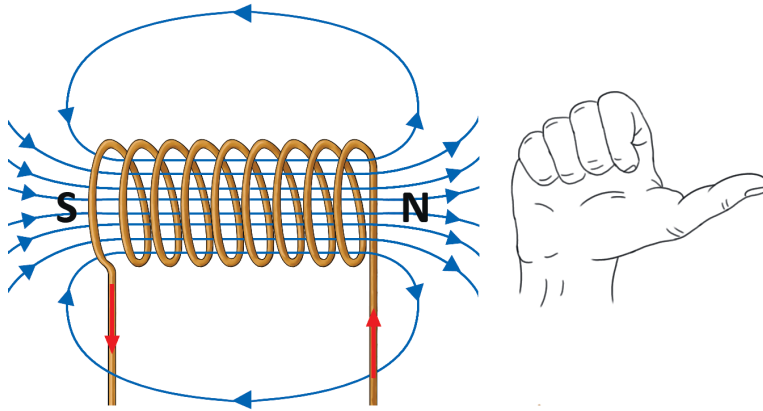
Düz maqnitdə olduğu kimi, cərəyanlı sarğacın maqnit sahəsinin iki qütbü vardır: şimal və cənub. Sarğacın qütbləri onun kənarlarında yerləşir.

Cərəyanlı sarğacın maqnit sahəsinin qütblərini də sağ əl, yaxud burğu qaydası ilə təyin etmək olur.

Cərəyanlı sarğac üçün sağ əl qaydası: sarğac sağ əllə elə tutulur ki, bükülən dörd barmaq onun sarğılarındakı cərəyan istiqamətində olsun, bu halda açılan baş barmaq sarğacın daxilində maqnit sahəsinin induksiya xətlərinin istiqamətini göstərəcəkdir (şəkil 4.28).



Şəkil 4.27. Cərəyanlı sarğacın və düz maqnitin maqnit induksiya xətlərinin oxşarlığı



Şəkil 4.28. Cərəyanlı sarğac üçün sağ əl qaydası

•DÜŞÜN
•MÜZAKİRƏ ET
•PAYLAŞ

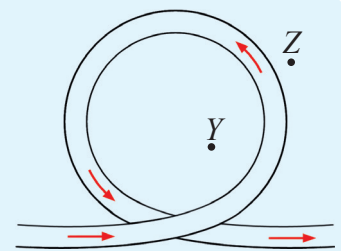
Cərəyanlı sarğac üçün burğu qaydasını sxem çəkməklə necə ifadə etmək olar?

Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

Məsələ. Şəkil 4.29-da cərəyanlı dairəvi naqıl təsvir edilmişdir.

Sual 1. Maqnit sahəsinin induksiya xətləri Y və Z nöqtələrində hansı istiqamətə yönəlmişdir?

Sual 2. Dairəvi cərəyanın yaratdığı maqnit sahəsinin şəkil müstəvisi ilə müşahidəçi arasındakı fəzada hansı qütbü yerləşir: şimal, yoxsa cənub?



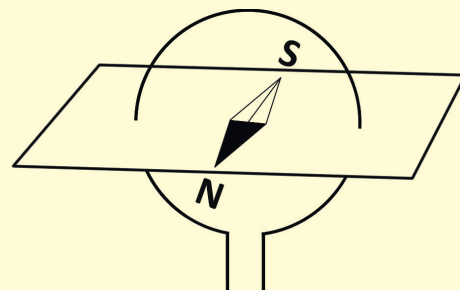
Şəkil 4.29

Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. Cərəyanlı dairəvi naqilin keçirildiyi müstəvi üzərində maqnit əqrəbi şəkil 4.30-da təsvir olunduğu kimi istiqamətlənmişdir.

Sual 1. Naqildən cərəyan hansı istiqamətdə keçir?

Sual 2. Dairəvi cərəyanın yaratdığı maqnit induksiya xətləri uyğun olaraq hansı istiqamətə yönəlmişdir?

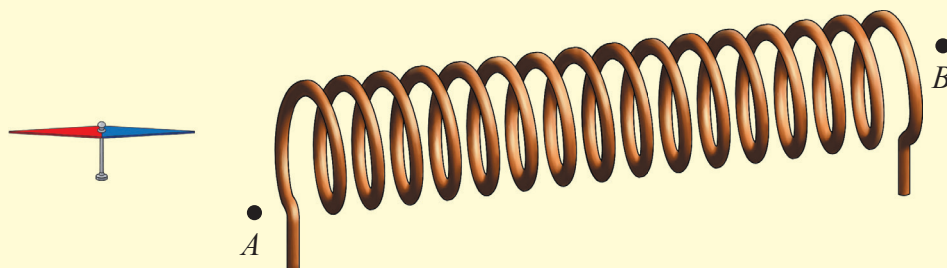


Şəkil 4.30

2. Şəkil 4.31-də cərəyanlı sarğac və onun sol ucunda tarazlaşmış maqnit əqrəbi təsvir edilmişdir.

Sual 1. Sarğacın sol və sağ ucları uyğun olaraq sabit cərəyan mənbəyinin hansı qütblərinə birləşdirilmişdir?

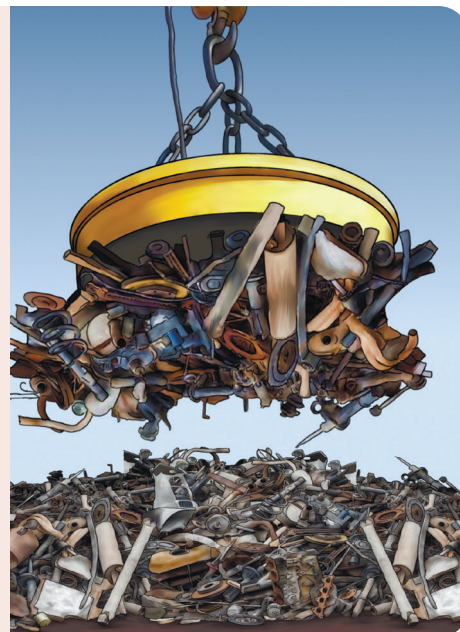
Sual 2. Cərəyanlı sarğacın yaratdığı maqnit sahəsinin induksiyası A və B nöqtələrində hansı istiqamətə yönəlmişdir?



Şəkil 4.31

4.1.5 Elektromaqnit və onun tətbiqləri

Təsəvvür edin ki, iri metaləritmə zavodunun həyatində tonlarla metal tullantısı toplanıb. İnsan əli ilə onları çeşidləmək mümkün deyil. Budur, qaldırıcı kran nəhəng bir qurğunu tullantı təpəciyinə yaxınlaşdırır və o, bir anda xeyli miqdarda metal parçalarını özünə cəzb edir. Sonra isə maşinistin kiçik bir düyməyə toxunması ilə həmin parçalar bir anda yerə tökülür.



- **Bu qurğu adi sabit maqnit ola bilərmi?**
- **Əgər ola bilməzsə, belə qurğularda maqnit təsirini yaradan nədir və o, ani olaraq necə maqmitsizləşdirilə bilər?**

Açar sözlər

elektromaqnit, sarğac, dəmir içlik, elektromaqnit kranı, elektrik zəngi

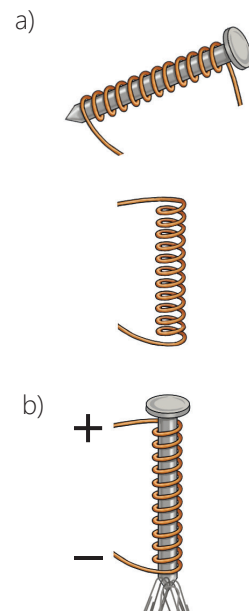
FƏALYYAT

Cərəyanlı sarğacın maqnit təsirinin tədqiqi

Ləvazimat: sabit cərəyan mənbəyi (düzəldirici), mismar, qalvanometr, reostat, açar, dəmir sancaqlar, birləşdirici naqillər.

İşin gedişi

1. Sizə məlum olan sxemə əsasən elektrik dövrəsi qurun (bax: şəkil 4.12, a).
2. Sarğac düzəldin. Bunun üçün mismara mis naqıl sarıyın, sonra isə mismarı sarğacdən çıxarın (şəkil 4.32, a).
3. Sarğacın sərbəst uclarını dövrənin açıq hissəsinə birləşdirib dövrəni qapayın. Cərəyanlı sarğacın bir ucunu müəyyən hündürlükdən dəmir sancaqlara yaxınlaşdırıb müşahidə aparın.
4. Dövrəni açın, mismarı sarğaca daxil edib açarı qapayın və təcrübəni təkrarlayın (şəkil 4.32, b). Bu zaman dəmir içlikli sarğacın sancaqlara maqnit təsirinin dəyişib-dəyişmədiyinə diqqət yetirin.
5. Təcrübəni mismara doladığınız sarğılardan sayını artırmaqla təkrarlayın. Bu zaman onun maqnit təsirində dəyişikliyin olub-olmadığını izləyin.
6. Reostatla sarğacdəki cərəyan şiddətini artırıb təcrübəni təkrarlayın və dəmir içlikli sarğacın sancaqlara maqnit təsirinin necə dəyişdiyini izləyin.



Şəkil 4.32

Müzakirə edin

- **Təcrübədən sonra hansı nəticəyə gəldiniz? Sizcə, cərəyanlı sarğacın maqnit təsiri dəmir içlikdən, sarğacın dolaqlarının sayından və cərəyan şiddətindən necə asılıdır?**

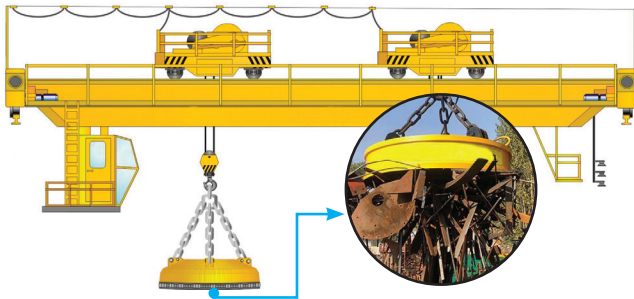
Beləliklə, təcrübə zamanı müşahidə etdiniz ki, sarğacın maqnit təsiri cərəyan şiddətindən asılı olaraq dəyişir. Cərəyan şiddəti artdıqca sarğacın maqnit təsiri dəfələrlə artır, lakin cərəyan kəsildikdə elektromaqnit dərhal maqnitləşir. Bu asılılığı ilk dəfə 1820-ci ildə fransız fiziki A.Amper apardığı araşdırmalar zamanı müəyyən etmişdir.

Elektromaqnitlərlə bağlı digər mühüm məqam sarğacın daxilinə metal (adətən, dəmir) içliyin yerləşdirilməsidir. 1825-ci ildə ingilis ixtiraçısı V.Sterjen müəyyən etmişdir ki, cərəyan keçən sarğacda dəmir içlik yerləşdirdikdə onun maqnit təsiri bir neçə dəfə artır. Bunun səbəbi odur ki, dəmir içlik də maqnitləşərək sarğacın yaratdığı maqnit sahəsini daha da gücləndirir.

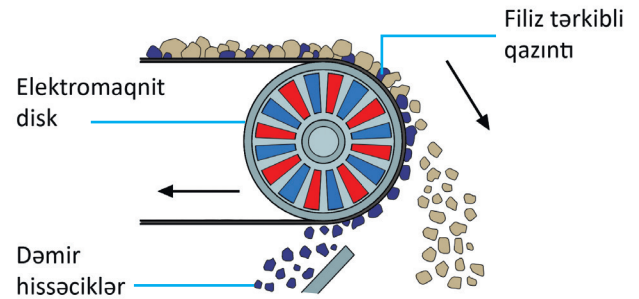
1828-ci ildə ABŞ fiziki C.Henri müəyyən edir ki, elektromaqnitin sarğılarının sayını artırıqda onun maqnit təsiri dəfələrlə artır. O, elektromaqnitin bu xassəsindən istifadə edərək ağır dəmir yükləri qaldıra bilən ilk elektromaqnit kranını hazırlayır.

Beləliklə, elektromaqnit – daxilində dəmir içlik olan sarğacdır. Sarğacın dolaqlarından cərəyan keçirdikdə o, maqnit sahəsi yaradır və dəmir içlik maqnit xassəsi kəsb edir, cərəyan kəsildikdə isə maqnit sahəsi itir və içlik maqnitləşir.

Elektromaqnitin bu xassəsinə əsaslanan cihaz və qurğular məişət, texnika, istehsalat, tibb və digər sahələrdə geniş tətbiq olunur. Məsələn, ağır dəmir məmulatlarını boşaltmaq və ya yükləmək üçün *elektromaqnit kranlarından* istifadə edilir (şəkil 4.33). Filiz yataqlarında dəmir hissəciklərini digər cisimlərdən (torpaq, daş və s.) ayırmaq üçün *elektromaqnit separatorlar* (fırlanan elektromaqnit disk) tətbiq olunur (şəkil 4.34).



Şəkil 4.33. Elektromaqnit kranı



Şəkil 4.34. Elektromaqnit separatoru

- DÜŞÜN
- MÜZAKİRƏ ET
- PAYLAŞ

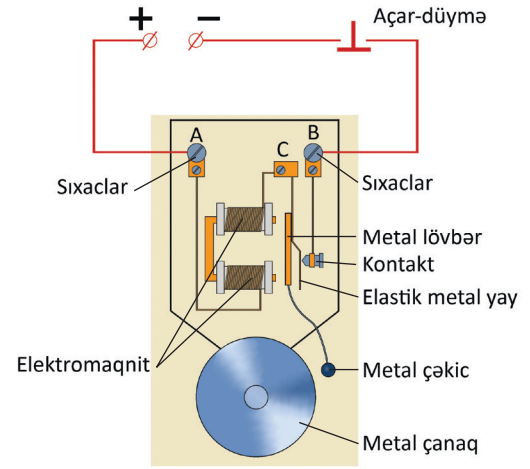
Sənayedə istifadə olunan elektromaqnit qurğularının (məsələn, metalqaldıran kranı, elektromaqnit reləsi, elektromaqnit separatoru və s.) bir üstün və bir çatışmayan xüsusiyyətini qeyd edin.

Bilir-
siniz-
mi?

Məktəbinizdəki elektrik zənginin əsas hissəsi də elektromaqnitdir. Onun quruluşu və iş prinsipi ilə tanış olaq.

Elektrik zənginin quruluşu və iş prinsipi.

Elektrik zənginin əsas hissələri şəkil 4.35-də təsvir edilmişdir. Elektrik zənginin düyməsi sıxıldıqda dövrə qapanır, elektromaqnitdən cərəyan keçir və o maqnitlər. Elektromaqnitə cəzb olunan lövbərin çəkici çanağa dəyərək onu səsləndirir. Lakin lövbər elektromaqnitə doğru cəzb olunduqda o, kontaktdan aralanır və dövrə C nöqtəsində açılır. Cərəyan kəsilir və elektromaqnit maqnetsizləşir. Bu zaman elastik yay vasitəsilə geriye dartılan lövbər elektrik dövrəsini yenidən birləşdirir və zəngçalma prosesi bərpa olunur. Zəngçalma prosesi düymə sıxıldığı müddətdə dəfələrlə təkrarlanır.



Şəkil 4.35. Elektrik zənginin prinsiplial sxemi

Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

Məsələ. Elektromaqnit kranının modeli ilə iş.

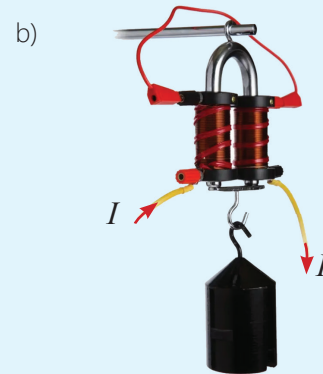
Ləvazimat: elektromaqnit kranının modeli (elektromaqnit – 2 ədəd, qarmaqlı dəmir lövbər), yüklər dəsti, cərəyan mənbəyi (düzləndirici) (şəkil 4.36, a), birləşdirici naqillər, ştativ.

İşin gedişi

1. Elektromaqnit kranını ştativdən asıb onun yuxarı sıxaclarını bir-birinə, aşağı sıxaclarını isə düzləndiriciyə birləşdirin (şəkil 4.36, b).
2. Düzləndiricini işə salıb dövrənin uclarına 4V gərginlik verin. Dəmir lövbəri elektromaqnitə yaxınlaşdırın və onun qarmağından elektromaqnitdən qopana qədər yüklər asın.
3. Dövrənin uclarına 8V gərginlik verib təcrübəni təkrarlayın və hansı halda lövbərin daha çox yük saxladığını araşdırın.

Müzakirə edin

- Elektromaqnit kranının yükqaldırma qabiliyyəti nədən asılıdır?



Şəkil 4.36.

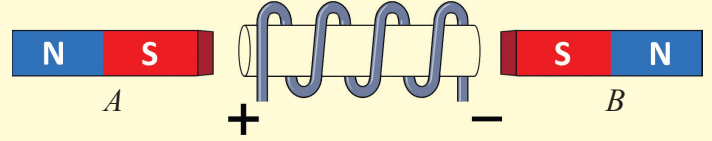
Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. Şəkil 4.37-də masa üzərində yerləşdirilən dəmir içlikli sarğac, onun sağ və sol kənarlarının yaxınlığında isə A və B düz maqnitlər təsvir edilmişdir.

Sual 1. Sarğacdən cərəyan keçəndə maqnitlər yerlərini hansı istiqamətə dəyişəcək?

Sual 2. Maqnitlər necə yerləşdirilməlidir ki, onların hər ikisi cərəyanlı sarğaca cəzb olunsun?

Sual 3. Sarğacın metal içliyi çıxarılsa, maqnitlərin hərəkəti necə dəyişəcək? Cavabınızı əsaslandırın.



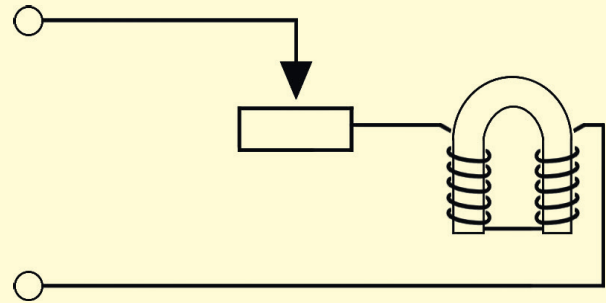
Şəkil 4.37.

2. Şəkil 4.38-də elektromaqnit kranı qoşulmuş elektrik dövrəsi təsvir edilmişdir.

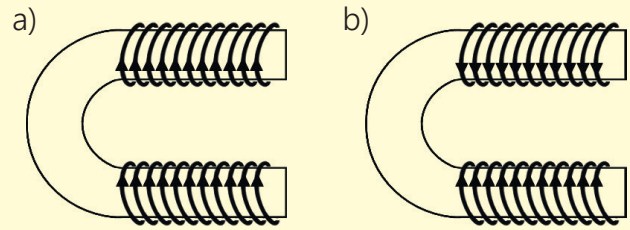
Sual. Reostatın sürgü qolu sağa sürüşdürülsə, elektromaqnitin qaldırıcı qüvvəsi necə dəyişər?

3. Elektromaqnitin sarğılarında cərəyanın istiqamətini dəyişmək mümkündür. O da məlumdur ki, elektromaqnitin cisimləri cəzb etmə qüvvəsi içliyin uclarında müxtəlifadlı maqnit qütbləri yarandıqda maksimum olur.

Sual. Hansı şəkil bu hala uyğundur (şəkil 4.39)?



Şəkil 4.38.

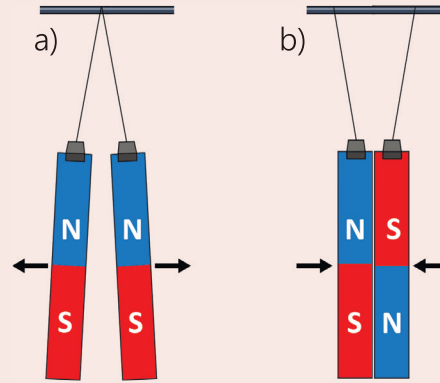


Şəkil 4.39.

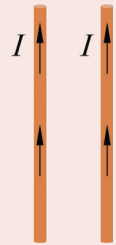
4.1.6 Cərəyanlı naqillərin maqnit qarşılıqlı təsiri

İpdən paralel asılmış iki düz maqnitin qarşılıqlı təsirlərini təcrübə aparmadan öncədən asanlıqla proqnozlaşdırın, fikri eksperiment icra edib nəticə-sini dəqiq söyləyə bilərsiniz (bax: şəkil 4.40).

- **Cərəyanlı paralel naqillərin maqnit qarşılıqlı təsirlərinin xarakterini qabaqcadan proqnozlaşdırın bilərsinizmi (şəkil 4.41)?**
- **Paralel naqillərdən eyni və əks istiqamətlərdə cərəyan keçirsə, onlar arasındakı maqnit qarşılıqlı təsir uyğun olaraq hansı xarakterlidir? Yəni bu naqillər bir-birini hansı halda cəzb edəcək, hansı halda isə itələyəcək?**



Şəkil 4.40. Paralel düz maqnitlərin qarşılıqlı təsiri



Şəkil 4.41. Cərəyanlı paralel naqillər

FƏALİYƏT

Paralel dairəvi cərəyanların maqnit qarşılıqlı təsirinin tədqiqi

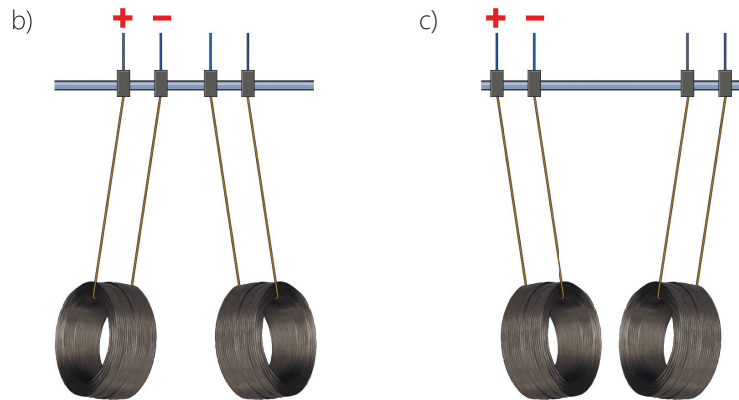
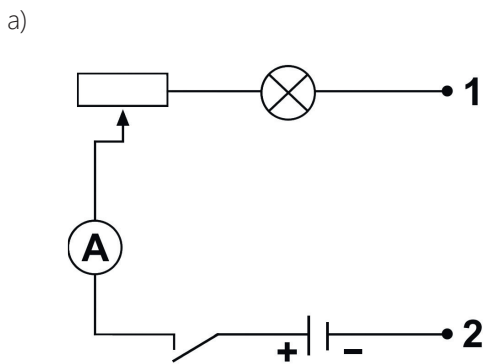
Açar sözlər

paralel cərəyanlar, maqnit qarşılıqlı təsir

Ləvazimat: kiçik sarğac (2 ədəd), sabit cərəyan mənbəyi (2 ədəd), ampermetr (2 ədəd), reostat (2 ədəd), lampa (2 ədəd), açar (2 ədəd), dielektrik çubuqlu ştativ, birləşdirici naqillər.

İşin gedişi

1. Şəkil 4.42, a-da təsvir olunan sxemə əsasən iki dövrə qurun. Dövrə hissələrinin 1 və 2 ucları açıq saxlanılır.



Şəkil 4.42.

- Ştativin dielektrik çubuğundan bir-birinə paralel olmaqla iki kiçik sarğac asın. Sarğacın hər birini ayrıca dövrələrin 1 və 2 uclarına birləşdirin.
- Açarları qapayıb sarğaclardan eyni istiqamətdə sabit cərəyanın keçməsinə təmin edin və sarğacın maqnit qarşılıqlı təsirinin xarakterini izləyin.
- Sarğacın birində cərəyanın istiqamətini dəyişməklə təcrübəni təkrarlayın və onların arasında maqnit qarşılıqlı təsirin necə dəyişdiyini müşahidə edin.

Müzakirə edin

- Cərəyanlı paralel sarğacalar hansı halda qarşılıqlı itələndi, hansı halda isə qarşılıqlı cəzb olundu (şəkil 4.42, b və c)?
- Təcrübədən hansı nəticəyə gəldiniz?



1820-ci ildə A.Amper cərəyanlı paralel naqillər üzərində apardığı çoxsaylı təcrübələrdən belə nəticəyə gəldi ki, sabit maqnitlərdə olduğu kimi, bu naqillər arasında da maqnit qarşılıqlı təsirləri mövcuddur. Onlar da bir-birinə maqnit sahələri vasitəsilə qarşılıqlı təsir göstərir.

Naqillərdəki cərəyanın istiqamətindən asılı olaraq maqnit qarşılıqlı təsiri ya itələmə,

yaxud da cazibə xarakterli olur. Burğu (yaxud sağ əl) qaydasına əsasən asanlıqla müəyyən etmək olur ki, paralel naqillərdəki cərəyanlar eyni istiqamətli olduqda onlar arasında əks maqnit qütbləri (şəkil müstəvisində) yerləşir. Bu halda naqillər sapdan asılan sabit maqnitlər kimi bir-birini cəzb edir (şəkil 4.43, a). Paralel naqillərdəki cərəyanlar əks istiqamətli olduqda isə onlar arasında eyni maqnit qütbləri (şəkil müstəvisində) yaranır və naqillər bir-birindən itələnilir (şəkil 4.43, b).

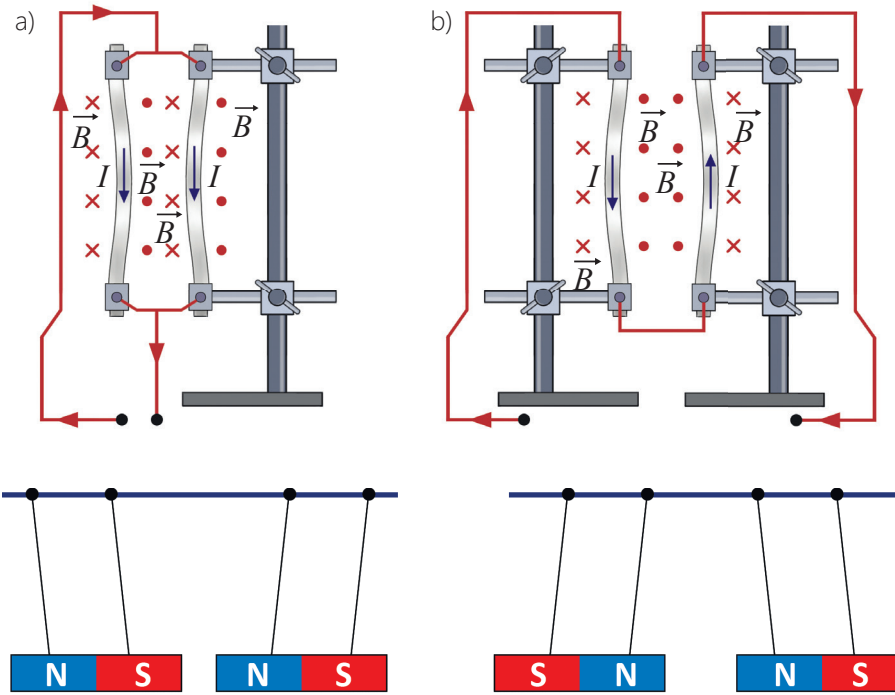
Cərəyanlı paralel naqillər arasındakı qarşılıqlı təsir kəmiyyətə maqnit qarşılıqlı təsir qüvvəsi ilə xarakterizə olunur.

• *Sonsuz uzun iki paralel cərəyanlı naqillərdən birinin digər naqilin l*

uzunluqlu hissəsinə təsir edən qüvvə naqillərdəki cərəyan şiddətlərinin hasilinə l və onlar arasındakı məsafədən tərs mütənəsib asılıdır:

$$F_m = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_1 \cdot I_2 \cdot l}{r}$$

Burada F_m – cərəyanlı paralel naqillər arasındakı maqnit qarşılıqlı təsir qüvvəsinin modulu, I_1 və I_2 – paralel naqillərdəki cərəyan şiddəti, r – onlar arasındakı məsafədir. Cərəyanlı paralel naqillər arasındakı maqnit qarşılıqlı təsir qüvvəsinə əsasən cərəyan şiddətinin BS-də vahidi amper (A) təyin edilmişdir:



Şəkil 4.43

• $1A$ elə sabit cərəyan şiddətidir ki, bu cərəyan vakuumda yerləşən və aralarındakı məsafə $1 m$ olan sonsuz uzun, çox nazik iki paralel düz naqıldən keçdikdə həmin naqillərdən birinin digərinin $1 m$ uzunluğundakı hissəsinə göstərdiyi təsir qüvvəsinin modulu $2 \cdot 10^{-7} N$ olsun.

•DÜŞÜN
•MÜZAKİRƏ ET
•PAYLAŞ

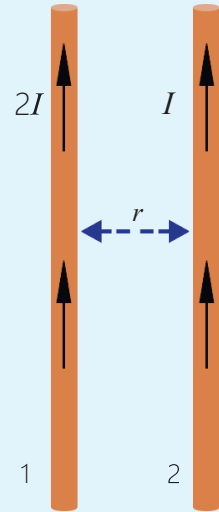
Cərəyanlı naqilə paralel olaraq cərəyansız naqil yaxınlaşdırdıqda onlar arasında maqnit qarşılıqlı təsir qüvvəsi yaranacaqmı? Cavabınızı əsaslandırın.

Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

Məsələ. Şəkil 4.44-də eyni uzunluqlu cərəyanlı iki paralel naqil təsvir edilmişdir. Onlar arasındakı məsafə r -dir. 1 naqilində cərəyan şiddəti $2I$, 2 naqilində isə cərəyan şiddəti I -dir.

Sual. 1 və 2 naqillərinin qarşılıqlı təsir qüvvələri haqqında aşağıdakılardan hansı iddia doğrudur?

- A) 1 naqili 2 naqilinə 2 dəfə böyük qüvvə ilə təsir edir.
- B) 2 naqili 1 naqilinə 2 dəfə böyük qüvvə ilə təsir edir.
- C) Naqillər bir-birinə heç bir qüvvə ilə təsir etmir.
- D) Naqillər bir-birinə bərabər qüvvələrlə təsir edir.
- E) 1 naqili 2 naqilinə 4 dəfə böyük qüvvə ilə təsir edir.

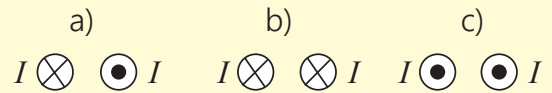


Şəkil 4.44

Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. Şəkil 4.45-də cərəyanlı paralel naqillərin müstəvidə en kəsikləri təsvir edilmişdir.

Sual. Cərəyanlı naqillər arasında maqnit qarşılıqlı təsir qüvvəsi hansı istiqamətə yönəlmişdir? Cavabınızı əsaslandırın.



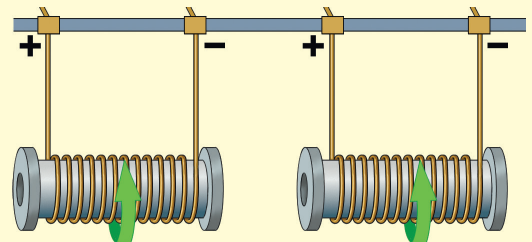
Şəkil 4.45

2. Şəkil 4.46-da cərəyanlı paralel sarğaclar təsvir edilmişdir.

Sual 1. Sarğacın maqnit sahəsinin şimal qütübü onların hansı ucundadır?

Sual 2. Sarğacın arasındakı maqnit qarşılıqlı təsiri hansı xarakterlidir?

Sual 3. Soldakı sarğacda cərəyanın istiqamətini dəyişdikdə onlar arasındakı maqnit qarşılıqlı təsiri necə dəyişəcək?



Şəkil 4.46.

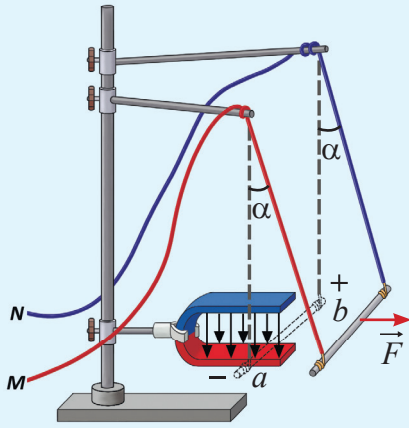
4.2 Maqnit sahəsinin cərəyanlı naqilə və hərəkətdə olan yüklü zərrəciyə təsiri

Elektrik cərəyanının yüklü zərrəciklərin nizamlı və istiqamətlənmiş hərəkəti olduğunu bilirsiniz. Həmçinin məlumdur ki, elektrik cərəyanı yalnız elektrik sahəsi ilə deyil, maqnit sahəsi ilə də qarşılıqlı təsirdə olur.

Maqnit sahəsində yerləşdirilmiş cərəyanlı naqilin təsirə məruz qalması, eləcə də maqnit sahəsində hərəkət edən yüklü zərrəciklərin hərəkət istiqamətinin dəyişməsi bu sahənin mühüm təsir xüsusiyyətlərini nümayiş etdirir. Bu qarşılıqlı təsir nəticəsində yaranan qüvvələr həm texniki qurğuların (elektrik mühərrikləri, ölçü cihazları və s.), həm də təbiət hadisələrinin (məsələn, kosmik şüaların yayılması) fiziki əsasını təşkil edir.

Deməli, maqnit sahəsinin cərəyanlı naqilə və hərəkətdə olan yüklü zərrəciklərə təsiri müəyyən qanunauyğunluqlara əsaslanır və bu qanunauyğunluqların öyrənilməsi mühüm elmi və praktiki əhəmiyyət daşıyır.

4.2.1 Maqnit sahəsinin cərəyanlı düz naqilə təsiri – amper qüvvəsi



Şəkil 4.47

sahəsi ilə xarici maqnit sahəsi arasında maqnit qarşılıqlı təsir qüvvələri yarandı. Bu qüvvə naqilə mexaniki hərəkət verdi (şəkil 4.47).

Öyrəndiniz ki, cərəyanlı naqil digər cərəyanlı naqilə paralel olaraq yaxınlaşdırılarsa, onlar arasında maqnit qarşılıqlı təsir yaranır. Nəticədə bu naqillər ya qarşılıqlı cəzb olunur, yaxud da – itələnir.

• **Cərəyanlı paralel naqillər arasında maqnit qarşılıqlı təsirinin xarakteri, yəni cəzətmə, yaxud itələmə xarakteri nədən asılıdır?**

Təsəvvür edin ki, cərəyanlı düz naqil xarici maqnit sahəsinə, məsələn, sabit maqnit sahəsinə gətirilir. Gözlənilmədən naqil sahədən kənara itələnir, sanki xarici sahə ona mexaniki qüvvə ilə təsir etdi. Əslində isə cərəyanlı naqilin məxsusi

- **Cərəyanlı naqilin xarici maqnit sahəsində hərəkət istiqamətini qabaqcadan necə təyin etmək olar?**
- **Xarici maqnit sahəsinin istiqamətini dəyişsək, naqilin hərəkəti necə dəyişər?**

Maqnit sahəsinin cərəyanlı naqilə təsiri

Ləvazimat: kiçikölçülü nalşəkilli maqnit (2 ədəd), iriölçülü nalşəkilli maqnit (2 ədəd), sabit cərəyan mənbəyi, reostat, ampermetr, lampa, açar, qalın düz naqil (ab hissəsi) (6 – 8 sm uzunluqlu), birləşdirici naqillər, dielektrik qollu ştativ.

Təhlükəsizlik qaydası: işin hər bir mərhələsini hazırlayarkən elektrik dövrəsi açıq olmalıdır.

İşin gedişi

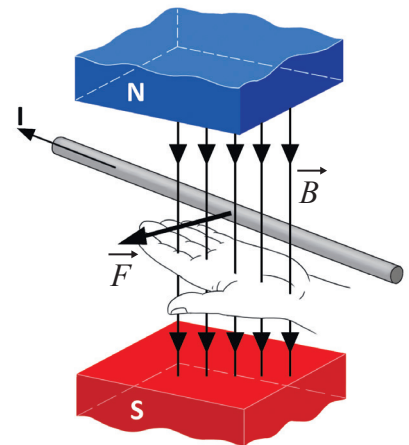
1. Sizə çox yaxşı məlum olan sxemə əsasən elektrik dövrəsi qurun və dövrə hissəsinin 1 və 2 uclarını açıq saxlayın (bax: şəkil 4.42, a).
2. Nalşəkilli maqnitə şaquli müstəvidə ştativə elə bərkidin ki, onun qolları arasındakı maqnit sahəsinin induksiya xətləri şaquli yerləşsin. Düz naqili birləşdirici naqillərdən asıb maqnitin qolları arasında elə yerləşdirin ki, o, maqnit induksiya xətlərinə perpendikulyar olsun.
3. Ştativdən asılan naqilin M və N uclarını dövrənin 1 və 2 uclarına birləşdirib açarı qapayın və düz naqilin xarici maqnit sahəsi ilə qarşılıqlı təsirini izləyin (bax: şəkil 4.47).
4. Maqnit qarşılıqlı təsir qüvvəsinin istiqamətinin nədən asılılığının tədqiqi:
 - a) maqnitə çevirib qütblərinin yerini dəyişməklə təcrübəni təkrarlayın;
 - b) düz naqildəki cərəyanın istiqamətini dəyişməklə (elektrik dövrəsinin 1 və 2 uclarına bağlanan naqillərin yerini dəyişməklə) təcrübəni təkrarlayın və hər iki halda təcrübənin nəticəsinə diqqət yetirin.
5. Maqnit qarşılıqlı təsir qüvvəsinin hansı kəmiyyətlərdən asılı olduğunun yoxlanması:
 - a) reostatla naqildən keçən cərəyan şiddətini artırıb-azaltmaqla düz naqildəki cərəyan şiddətindən;
 - b) maqnitə daha güclü maqnitlə əvəz etməklə maqnit sahəsinin induksiya xətlərindən;
 - c) cərəyanlı düz naqili iki maqnit arasında yerləşdirməklə, yəni naqilin maqnit sahəsinin təsir etdiyi uzunluğunu iki dəfə artırmaqla naqilin uzunluğundan.

Müzakirə edin

- Maqnit sahəsinin cərəyanlı naqilə təsir göstərdiyi maqnit qüvvəsinin istiqaməti nədən asılıdır?
- Bu qüvvənin ədədi qiyməti (modulu) nədən və necə asılıdır?

İlk dəfə A.Amper təcrübə olaraq müəyyən etmişdir ki, cərəyanlı naqil bircins maqnit sahəsinin induksiya xətlərinə perpendikulyar və ya müəyyən bucaq altında yerləşdikdə maqnit sahəsi ona müəyyən qüvvə ilə təsir göstərir. Təcrübə zamanı müşahidə etdiniz ki, bu maqnit qüvvəsi cərəyan artdıqca artır, cərəyan kəsildikdə isə maqnit qüvvəsi yox olur. *Amper qüvvəsi* adlandırılan bu qüvvənin istiqaməti sabit maqnitin induksiya xətlərinin və naqildəki elektrik cərəyanının istiqamətindən asılıdır. Amper qüvvəsinin istiqamətini sol əl qaydası ilə təyin etmək əlverişlidir.

Amper qüvvəsi üçün sol əl qaydası: sol əli maqnit sahəsində elə yerləşdirmək lazımdır ki, maqnit induksiya xətləri ovuca perpendikulyar daxil olsun və uzadılmış dörd barmaq cərəyanın istiqamətində

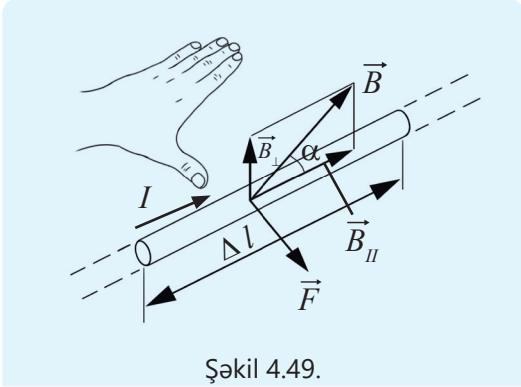


Şəkil 4.48

yönəlsin. Bu zaman 90° bucaq qədər açılan baş barmaq cərəyanlı naqilə təsir edən amper qüvvəsinin istiqamətini göstərir (şəkil 4.48).

Amper qüvvəsinin modulu nəyə bərabərdir?

Cərəyanlı naqil bircins maqnit sahəsində yerləşərsə, ona təsir edən amper qüvvəsinin modulu cərəyan şiddəti, maqnit induksiya vektorunun modulu, naqilin uzunluğu və cərəyanın istiqaməti ilə maqnit induksiya vektoru arasındakı bucağın sinusuna bərabərdir:



Şəkil 4.49.

$$F = IBlsina. \quad (1)$$

Burada F – amper qüvvəsinin modulu, I – naqildən keçən cərəyan şiddəti, B – maqnit induksiya vektorunun modulu, l – naqilin maqnit sahəsindəki hissəsinin uzunluğu, α – cərəyanın istiqaməti ilə maqnit induksiya vektoru arasındakı bucaqdır.

Düsturdan göründüyü kimi, əgər:

- cərəyanlı naqil maqnit sahəsinin induksiya vektoruna paralel olarsa ($\alpha = 0^\circ$ və ya $\alpha = 180^\circ$ olarsa), naqilə amper qüvvəsi təsir etmir ($\sin 0^\circ = 0$ və $\sin 180^\circ = 0$ olduğundan): $F = 0$ olur;
- cərəyanlı naqil maqnit induksiya xətlərinə perpendikulyar yerləşərsə, yəni $\alpha = 90^\circ$ olarsa, $\sin 90^\circ = 1$ olduğundan amper qüvvəsi maksimum qiymət alar (bax: şəkil 4.49):

$$F_{max} = IBl. \quad (2)$$

Maqnit sahəsinin induksiya vektorunun modulu

Maqnit sahəsinin induksiya vektorunun modulu – amper qüvvəsinin modulunun (F_{max}) naqildəki cərəyan şiddəti (I) ilə onun l uzunluğu hasilinə olan nisbətində bərabərdir:

$$B = \frac{F_{max}}{I \cdot l}. \quad (3)$$

Maqnit sahəsinin induksiya vektorunun BS-də vahidinin tesla olduğunu bilirsiniz. O, serbiyalı alim Nikola Teslanın (1856–1943) şərəfinə tesla ($1Tl$) adlandırılmışdır:

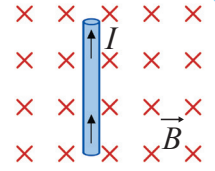
$$[B] = \frac{[F_{max}]}{[I][l]} = I \frac{N}{A \cdot m} = 1Tl.$$

- 1 tesla ($1Tl$) elə bircins maqnit sahəsinin induksiya vektoruna perpendikulyar yerləşdirilmiş, $1A$ cərəyan keçən, uzunluğu $1m$ olan düz naqilə $1N$ qüvvə təsir etsin.

•DÜŞÜN
•MÜZAKİRƏ ET
•PAYLAŞ

Məsələ 1. Şəkilə bircins maqnit sahəsində yerləşən cərəyanlı naqil təsvir edilmişdir.

Sual. Naqilə təsir edən amper qüvvəsi hansı istiqamətə yönəlmişdir?



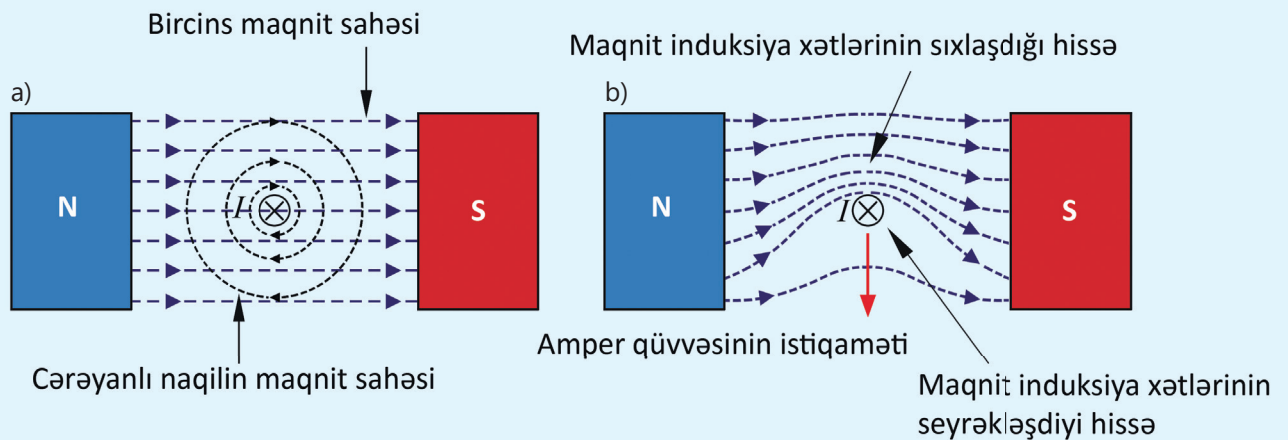
Amper qüvvəsinin yaranma səbəbi nədir?

Maqnit qarşılıqlı təsirinin başvermə səbəbi cərəyanlı naqilin maqnit sahəsi ilə xarici maqnit sahəsinin qüvvə xətlərinin eyni yerlərdə qarşılaşmasıdır. Bu zaman həmin yerdə iki fərqli mənbənin maqnit sahələri əks istiqamətdə olduqda bir-birini neytrallaşdırır, eyni istiqamətə yönəldikdə isə bir-birini gücləndirir.

Beləliklə, cərəyanlı düz naqil güclü bircins xarici maqnit sahəsində yerləşdirildikdə onun ətrafında iki maqnit sahəsi mövcud olur:

- 1) naqilin öz maqnit sahəsi – dairəvi induksiya xətləri şəklindədir;
- 2) xarici bircins maqnit sahəsi – düz xətlər şəklindədir.

Bu iki sahənin induksiya xətləri üst-üstə düşdükdə induksiya vektorlarının istiqamətindən asılı olaraq onlar arasındakı maqnit qarşılıqlı təsir də müxtəlif olur. Şəkil 4.50, a-da bircins maqnit sahəsində şəkil müstəvisinə perpendikulyar yerləşdirilmiş cərəyanlı düz naqilin kəsiyi təsvir edilmişdir. Təsvirdən görüldüyü kimi, cərəyanlı naqilin maqnit induksiya xətləri onun üst hissəsində bircins maqnitin induksiya xətləri ilə eyni, alt hissəsində isə əks istiqamətə yönəlmişdir. İnduksiya xətlərinin eyni istiqamətə yönəldiyi hissədə sahələr toplanaraq bir-birini gücləndirir və nəticədə induksiya xətləri sıxlaşır. Lakin induksiya xətlərinin əks istiqamətə yönəldiyi hissədə isə sahələr bir-birini zəiflədir və nəticədə induksiya xətləri seyrəkləşir (bax: şəkil 4.50, b).



Şəkil 4.50. Amper qüvvəsinin yaranma mexanizmi

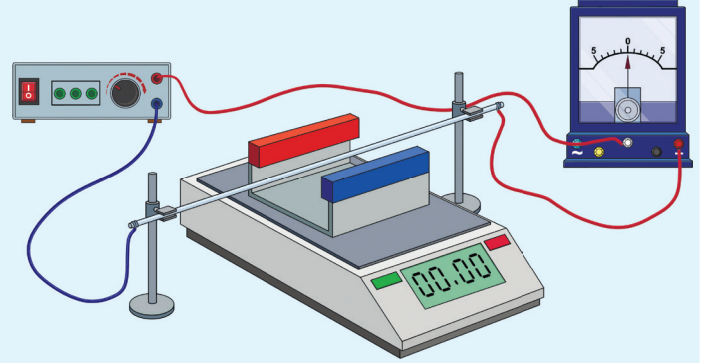
Beləliklə, şəkil müstəvisinə nəzərən cərəyanlı düz naqilin yuxarı və aşağı hissələrində maqnit sahəsinin qeyri-bərabər paylanması baş verir. Sıxlaşmış induksiya xətləri "gərilməmiş yay" rolu oynayaraq naqili şəkil müstəvisinə nəzərən şaquli aşağı itələyən amper qüvvəsi yaradır (bax: şəkil 4.50, b).

Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

Məsələ 2. Ştativə bağlanmış cərəyanlı düz naqıl həssas elektron tərəzidə yerləşdirilmiş sabit maqnitlərin arasından keçir (şəkil 4.51). Naqilə təsir edən qüvvə tərəzinin səthinə nəzərən şaquli yuxarı yönəlməklə tərəzinin göstəricisini artırır. Cərəyanın istiqaməti dəyişdirildikdə isə tərəzi bu dəfə eyni miqdarda, lakin mənfi qiymət göstərir.

Sual 1. Naqildən cərəyan keçdikdə tərəzinin göstəricisi niyə dəyişir?

Sual 2. Tərəzinin göstəricisi artdıqda naqilə təsir edən qüvvəni Nyuton qanunları əsasında necə izah etmək olar?



Şəkil 4.51.

Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. Şəkil 4.52-də bircins maqnit sahəsində yerləşən cərəyanlı düz naqıl təsvir olunmuşdur.

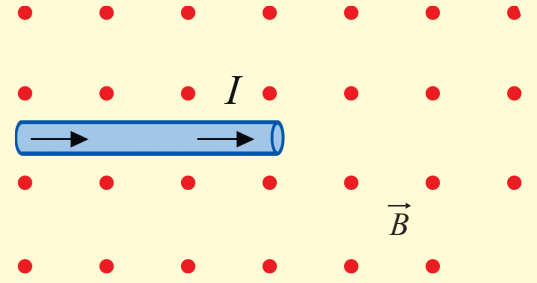
Sual 1. Amper qüvvəsi hansı istiqamətə yönəlmişdir?

Sual 2. Cərəyan şiddəti 2 A, naqilin uzunluğu 0,5 m və sahənin maqnit induksiyasının modulu $B = 0,3 \text{ Tl}$ olarsa, amper qüvvəsinin modulu nəyə bərabərdir?

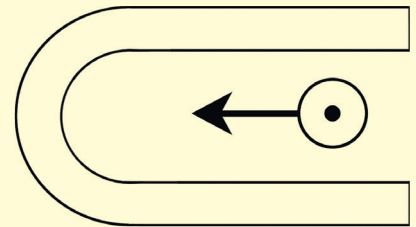
Sual 3. Naqildəki cərəyan bircins maqnit sahəsinin induksiya vektoru ilə 30° bucaq təşkil edərsə, naqilə təsir edən amper qüvvəsi necə dəyişər?

2. Cərəyanın istiqaməti müşahidəçiyə doğru olduqda naqıl sola hərəkət edir (şəkil 4.53).

Sual. Maqnitin hansı qütbü şimal, hansı cənubdur?



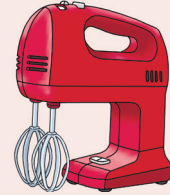
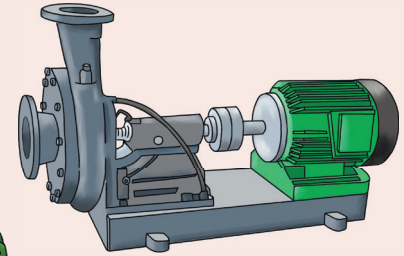
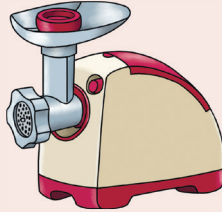
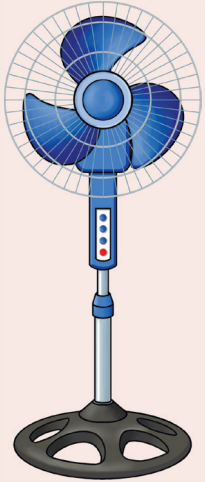
Şəkil 4.52



Şəkil 4.53

4.2.2 Maqnit sahəsinin cərəyanlı çərçivəyə təsiri

Gündəlik həyatımızı elektrik cihaz və avadanlıqlarsız təsəvvür etmək çətindir. Məsələn, pərli sərinqeş, şirəçəkən, ətçəkən maşın, elektrik su nasosu, mikser, drel və s. ən çox istifadə olunan elektrik avadanlıqlarıdır.



- Bu avadanlıqlarda, əsasən, hansı enerji çevrilməsi baş verir?
- Belə enerji çevrilməsi hansı fiziki hadisəyə əsaslanır?

Açar sözlər

cərəyanlı çərçivə, kollektor, kontakt fırça, mühərrik, rotor, stator

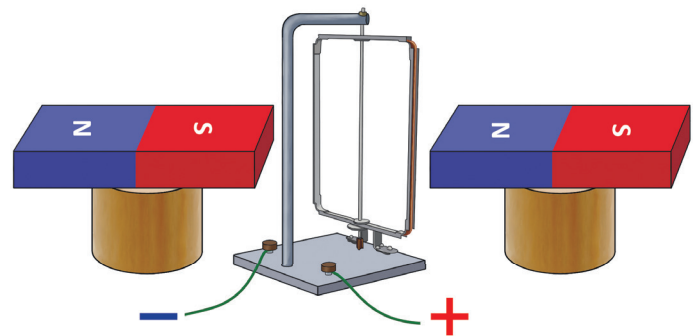
FƏALİYYƏT

Cərəyanlı çərçivə bircins maqnit sahəsində

Ləvazimat: cərəyan mənbəyi (düzləndirici), maqnit sahəsində keçirici çərçivənin fırlanmasını nümayiş etdirən cihaz, düz maqnit (2 ədəd), taxta və ya plastmas dayaq (2 ədəd), birləşdirici naqillər

İşin icrası

1. Fırlana bilən çərçivəni düz maqnitlərin şimal və cənub qütbləri arasında yerləşdirin (şəkil 4.54).
2. Çərçivənin sıxaclarını cərəyan mənbəyinə birləşdirib dövrəni qapayın, bu zaman baş verən hadisəni izləyin.
3. Təcrübəni aşağıdakı ardıcılıqla davam etdirin və cərəyanlı çərçivə ilə bircins maqnit sahəsi arasında qarşılıqlı təsirin nəticəsinə diqqət yetirin:
 - a) çərçivədəki cərəyan şiddətini artırıb-azaltdıqda;
 - b) düz maqnitin qütblərinin yerini dəyişdikdə;
 - c) çərçivədəki cərəyanın istiqamətini dəyişdikdə.



Şəkil 4.54

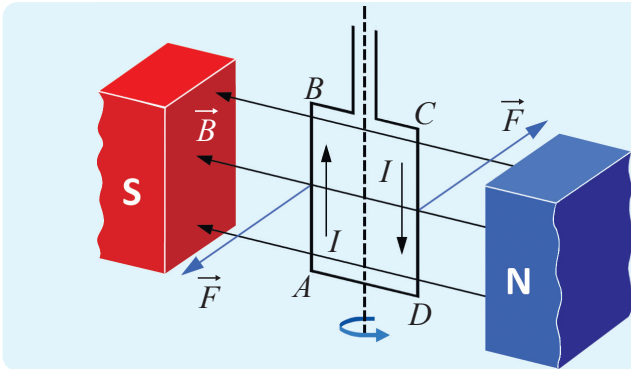


Müzakirə edin

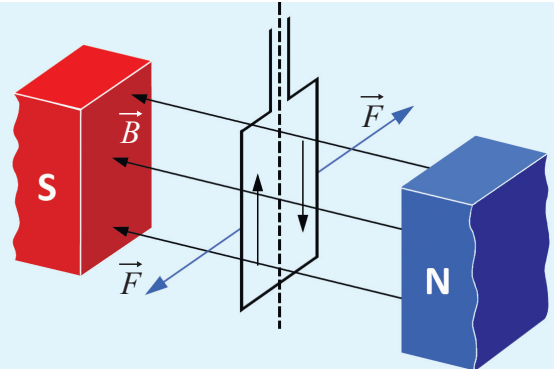
- Maqnit sahəsində yerləşən fırlana bilən çərçivədə cərəyan olmadıqda nə müşahidə etdiniz?
- Çərçivədən cərəyan keçdikdə nə baş verdi?
- Çərçivədəki cərəyan şiddətini artırıb-azaltdıqda, cərəyanın istiqamətini dəyişdikdə nə müşahidə olundu?
- Sabit maqnitin qütblərinin yerinin dəyişdirilməsi cərəyanlı çərçivəyə necə təsir etdi?
- Təcrübənin nəticələrinə görə hansı ümumiləşmə aparmaq olar?



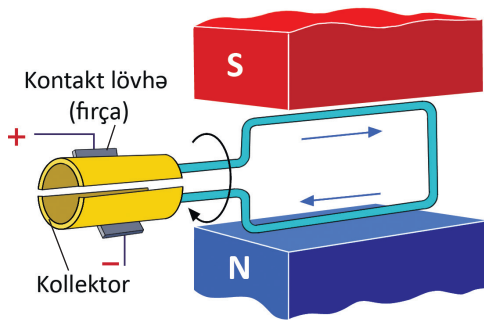
Araşdırmada müəyyən etdiniz ki, bircins maqnit sahəsində yerləşdirilən şaquli ox ətrafında fırlana bilən keçirici çərçivədə cərəyan yoxdursa, o, ixtiyari vəziyyətdə sükunətdə qaldı. Cərəyanlı çərçivənin müstəvisi maqnit sahəsinin induksiya xətlərinə paralel yerləşdirildikdə isə o, şaquli ox ətrafında dönəcəkdir. Bu ona görə baş verir ki, çərçivənin yan AB və CD tərəflərinə maqnit induksiya xətlərinə perpendikulyar istiqamətdə amper qüvvələri cütü təsir edir. Həmin cüt qüvvə çərçivəyə şaquli ox ətrafında fırlanma hərəkəti verir (şəkil 4.55).



Şəkil 4.55. Cərəyanlı çərçivə bircins maqnit sahəsinin induksiya xətlərinə paralel yerləşib



Şəkil 4.56. Cərəyanlı çərçivə bircins maqnit sahəsinin induksiya xətlərinə perpendikulyar yerləşib



Şəkil 4.57. Cərəyanlı çərçivənin fasiləsiz fırlanmasının təmin edilməsi

Çərçivədəki cərəyanın istiqamətini dəyişdikdə amper qüvvələri cütü onu əks istiqamətdə döndərir. Çərçivə müstəvisi maqnit induksiya xətlərinə perpendikulyar olduqda isə onun yan tərəflərinə təsir edən amper qüvvələri düz xətt boyunca əks istiqamətlərə yönəldiyindən çərçivə fırlanma hərəkəti etmir (şəkil 4.56). Çərçivəni eyni istiqamətdə fırlanma hərəkəti etdirmək üçün dövrədəki cərəyanın istiqaməti periodik olaraq dəyişdirilməlidir. Bu məqsədlə çərçivəyə bərkidilən kollektor adlanan metal yarımhəlqələrdən istifadə

olunur (şəkil 4.57). Yarımhəlqələrin səthi ilə fırça adlanan kontakt lövhələr sürüşür. Fırçalar cərəyan mənbəyinin müxtəlif qütbünə birləşdirilir və çərçivədən cərəyanın keçməsinə təmin edir. Çərçivə 180° döndükdə yarımhəlqələr yerini dəyişir. Nəticədə çərçivədəki cərəyanın istiqaməti dəyişir və o, cərəyan kəsilməyə qədər eyni istiqamətdə fırlanma hərəkətini davam etdirir.

•DÜŞÜN
•MÜZAKİRƏ ET
•PAYLAŞ

Cərəyanlı çərçivəyə fırlanma hərəkəti verən amper qüvvəsinin təsirini nə müəyyən edir?

Amper qüvvəsinin tətbiqləri: elektrik mühərriki

Elektrik mühərriki. Məişət, texnika və istehsalatda geniş tətbiq olunan bir çox elektrik cihazı və avadanlıqlarının əsas hissəsini elektrik mühərriki təşkil edir.

• *Elektrik mühərriki – elektrik enerjisini mexaniki enerjiyə çevirən qurğudur.*

Onun iş prinsipi maqnit sahəsində cərəyanlı çərçivənin amper qüvvəsinin təsiri ilə fırlanma hadisəsinə əsaslanır. Elektrik mühərrikləri müxtəlif quruluşda olur, lakin onlardan ən geniş yayılanı kollektorlu mühərrikdir. Bu mühərrik üç əsas hissədən ibarətdir: *stator, rotor və kollektor.*

Stator (lat. "sto" – dayanıram) – elektrik mühərrikinin tərpənməz hissəsidir və gövdəyə bərkidilmiş sabit maqnitdən, yaxud dəmir içlikli sarğacdən (elektromaqnitdən) ibarətdir. Stator bəzən induktor da adlanır. Statorda güclü maqnit sahəsi yaradılır (şəkil 4.58, a).

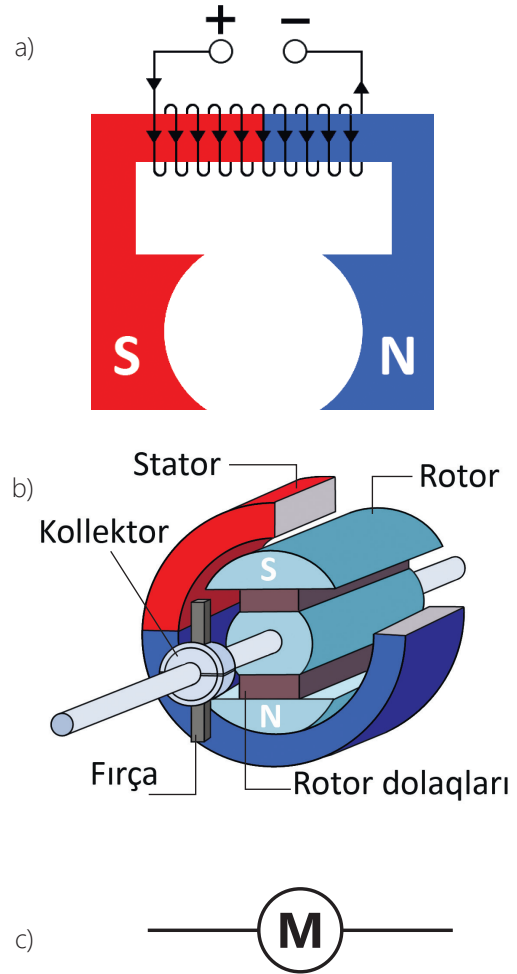
Rotor (lat. "roto" – fırladıram) – mühərrikin fırlanan hissəsi olub statorun içərisində yerləşdirilir. Rotor silindrik içlikli çərçivə formasında olan elektromaqnitdən ibarətdir. O, bəzən *ləvbər* də adlanır. Rotorun sarğaçlarına elektrik cərəyanı vermək, onun fasiləsiz fırlanmasını təmin etmək məqsədilə kollektor və fırçalardan istifadə edilir.

Kollektorlar və fırçalar rotorun fasiləsiz fırlanmasını necə təmin edir?

Beləliklə, rotordan cərəyan keçdikdə o, amper qüvvəsinin təsiri altında stator daxilində fırlanır (şəkil 4.58, b).

Rotorun fırlanma sürəti ondan keçən cərəyan şiddətindən, rotor və statordakı sarğıların sayından necə asılıdır? Elektrik mühərriki sxemlərdə içərisində **M** hərfi yazılmış dairə formasında göstərilir (şəkil 4.58, c).

Elektrik mühərrikləri istilik mühərrikləri ilə müqayisədə ekoloji cəhətdən daha səmərəlidir. Onlar ətraf mühiti çirkəndirmir, demək olar ki, səssiz işləyir, qənaətlidir. Elektrik mühərriklərinin FİƏ-si (faydalı iş əmsalı) 90%-dən yüksəkdir.

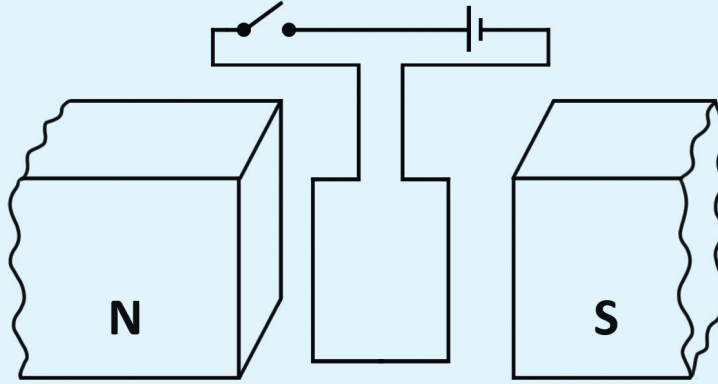


Şəkil 4.58. Elektrik mühərrikinin quruluş sxemi

Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

Məsələ. Sabit maqnitin qütbləri arasında düzbucaqlı keçirici çərçivə var. Çərçivə açar vasitəsilə sabit cərəyan mənbəyinə qoşulub (şəkil 4.59).

Sual. Açar qapandıqdan sonra çərçivə hansı istiqamətə dönəcək? Cavabınızı əsaslandırın.



Şəkil 4.59

Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. Şəkil 4.60-da maqnit sahəsində yerləşdirilmiş cərəyanlı çərçivənin fırlanma istiqaməti təsvir edilmişdir.

Sual 1. Çərçivənin fırlanma istiqamətini necə dəyişmək olar? İki üsul göstərin.

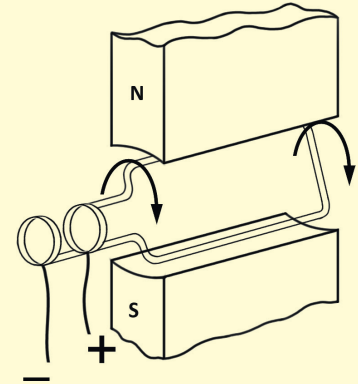
Sual 2. Çərçivənin fırlanma sürətini necə artırmaq olar?

2. Şəkil 4.61-də elektrik mühərrikinin quruluşunun sadələşdirilmiş sxemi təsvir edilmişdir.

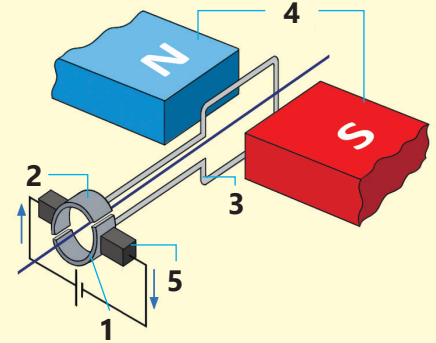
Sual 1. Rəqəmlərlə mühərrikin uyğun olaraq hansı hissələri işarə edilmişdir?

Sual 2. Təsvir olunmuş bu qurğuya metal yarımhalqalar və fırçalar nə üçün daxil edilir? Onların funksiyası nədir?

Sual 3. Çərçivədəki cərəyan şiddətinin artırılması ona maqnit qüvvəsinin təsirini necə dəyişdirəcək?



Şəkil 4.60



Şəkil 4.61

EV TAPŞIRIĞI – STEAM LAYİHƏ

Layihə 1. Mühərrik modelinin hazırlanması

Ləvazimat: batareya (2 ədəd), mis məfil (uzunluğu 1 m, qalınlığı 1,2–1,5 mm), dairəvi sabit maqnit, açar, oturacağına alüminium haça bərkidilmiş dielektrik altlıq (2 ədəd), birləşdirici naqillər.

İşin icrası

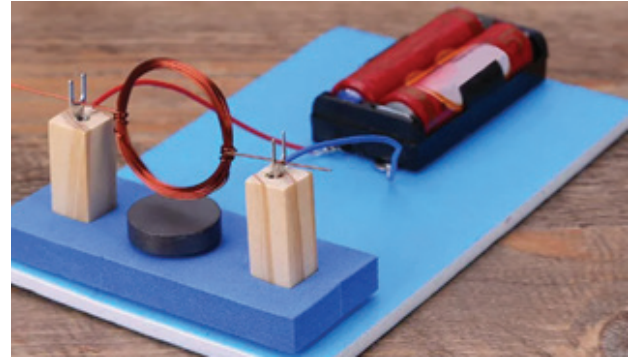
1. Mis naqildən sarğac hazırlayıb uclarını dayaqlardakı haçalara keçirin. Maqniti sarğacın alt hissəsində yerləşdirin (şəkil 4.62).

2. Batareyanın qütblərini alüminium haçalarla birləşdirin. Bu zaman sarğac fırlanmağa başlayacaq. Siz mühərrik hazırladınız!

Aşağıdakı suallar üzərində düşünün:

Sual 1. Sarğacı maqnitin səthinə nəzərən necə yerləşdirdikdə o fırlanmağa başladı? Niyə?

Sual 2. Sarğacın hərəkət etməsində sabit maqnitin rolu nədir?



Şəkil 4.62

Layihə 2. “Cərəyanlı çərçivə maqnit sahəsində” modelinin hazırlanması

Ləvazimat: batareya, mis naqil, dairəvi maqnit.

İşin icrası

1. Batareyanın “–” qütblü oturacağını sabit maqnitin üzərində yerləşdirin.

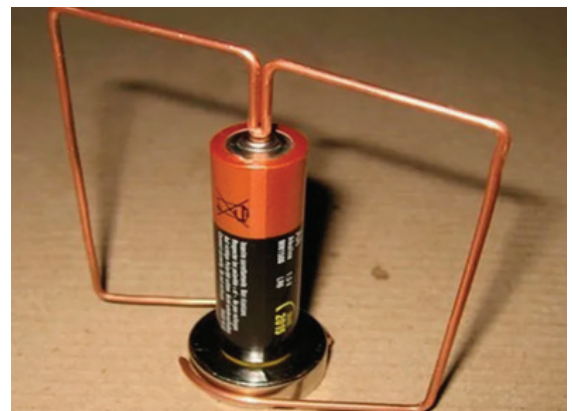
2. Mis naqildən şəkil 4.63-də göstərilədiyi kimi çərçivə hazırlayıb onu elə yerləşdirin ki, ortadan qatlanmış hissəsi batareyanın “+” qütbünə toxunsun, açıq ucları isə batareyanın oturacağındakı dairəvi maqnitə toxundurulur. Bu zaman cərəyanlı çərçivə batareya ətrafında fırlanmağa başlayacaq.

Aşağıdakı suallar üzərində düşünün:

Sual 1. Mis çərçivə batareyanın qütblərinə toxunduqda niyə fırlanma hərəkəti edir?

Sual 2. Çərçivənin fırlanmasına səbəb olan xarici maqnit sahəsinin qüvvə xətlərini sxemdə təsvir edə bilərsinizmi?

Sual 3. Çərçivədən cərəyan hansı istiqamətdə keçir?



Şəkil 4.63

Layihə 3. “Elektrik ölçü cihazları” mövzusunda esse

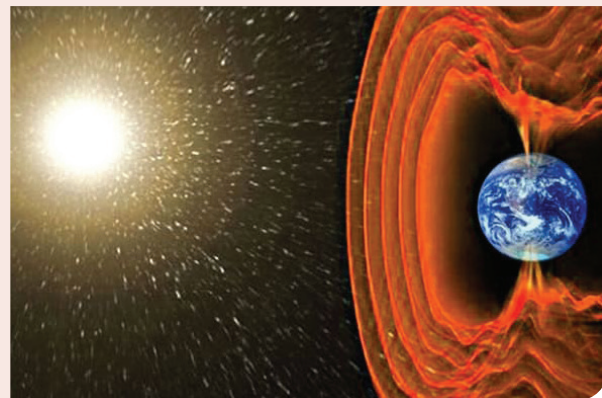
Elektrik ölçü cihazlarının müxtəlif sistemləri mövcuddur.

Bunlar *maqnitoelektrik, elektromaqnit və elektrodinamik sistemlərdir*. Bu cihazların hamısının iş prinsipi maqnit sahəsinin cərəyanlı naqilə təsirinə əsaslanır. Onlardan ən çox istifadə olunan maqnitoelektrik sistemli cihazlardır. İnternet resurslarından istifadə etməklə bu cihazın quruluş və iş prinsipi haqqında esse yazın.

4.2.3 Maqnit sahəsinin hərəkətdə olan yüklü zərrəciklərə təsiri – Lorens qüvvəsi

Kosmik fəzadan gələn yüksək enerjili zərrəciklər Yərə birbaşa düşmür. Bu zərrəciklərin bir hissəsinin Yerə maqnit sahəsinin təsiri ilə hərəkət trayektoriyası dəyişir və onlar Yer səthindən yan keçir. Digər hissəsi isə sanki Yerə maqnit sahəsi yoxmuş kimi yolunu düzxətli davam etdirərək Yer səthinə çatır.

- **Maqnit sahəsi hansı xüsusiyyətləri olan zərrəciklərin hərəkətinə təsir göstərə bilir və bu təsir nədən asılıdır?**



Açar sözlər

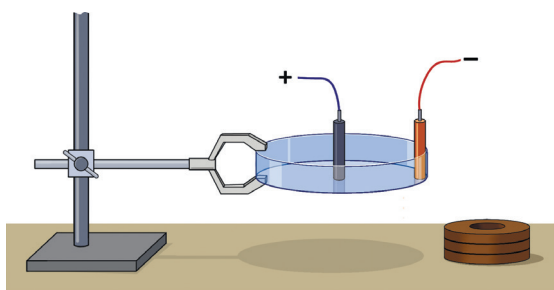
lorens qüvvəsi, Lorens qüvvəsi üçün sol əl qaydası

FƏALİYƏT

Ləvazimat: sabit cərəyan mənbəyi, dayaz ikiyelektrodlu elektrolit vannası (şəffaf küvet), distillə edilmiş su, mis 2 sulfat duzu, lampa, açar, birləşdirici naqillər, sabit maqnit diskləri (2-3 ədəd), taxta yonqarının tozu, yapışqanlı lent, tutqacı olan ştativ.

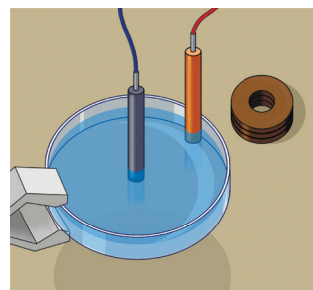
İşin icrası

1. Elektrolit vannasını 6-8 sm hündürlükdə ştativin tutqacına bərkidin. Elektrodların birini vannanın mərkəzində yerləşdirin, digərini isə qabın divarına yapışdırın (şəkil 4.64, a).



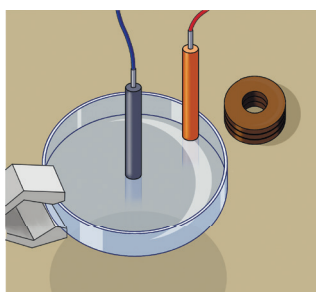
Təsvirin yandan görünüşü

a)

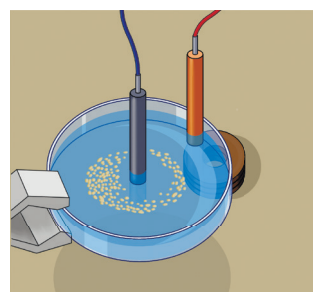


Təsvirin yuxarıdan görünüşü

b)



c)



Şəkil 4.64

2. Elektroları sabit cərəyan mənbəyinin uyğun qütblərinə qoşun və vannaya distillə edilmiş su tökün. Açıq qapayıb dövrədən cərəyanın keçib-keçmədiyini izləyin.
3. Suya mis sulfat turşusu əlavə edib vannada elektrolitik dissosiasiya hadisəsinin baş verib-vermədiyini yoxlayın (bax: *Kimya 8, 2-ci hissə. Turşular*) (şəkil 4.64, b).
4. Maqnit diski küvetin altında yerləşdirib turşu məhlulunun səthinə taxta yonqarı səpin və baş verən hadisəni diqqətlə izləyin (bax: şəkil 4.64, c).
5. Maqnit diskinin qütblərini, elektrodlara verilən cərəyanın qütblərini dəyişməklə təcrübəni təkrarlayın və baş verən hadisələrə diqqət yetirin.

Müzakirə edin

- Elektrolitik dissosiasiya hadisəsinə yadınıza salın, bu hadisə nəyə deyilir?
- Maqnit diski küvetin altında yerləşdirib turşu məhlulunun səthinə taxta yonqarı səpdikdə nə müşahidə etdiniz?
- Elektrolit məhlulunun zərrəciklərinə yonqarla birlikdə fırlanma hərəkəti verən nədir?
- Təcrübəni maqnit diskinin qütblərinin yerini dəyişərək təkrarladıqda nə müşahidə etdiniz?
- Təcrübəni elektrodlara verilən cərəyanın istiqamətini dəyişməklə təkrarladıqda nə müşahidə etdiniz?
- Təcrübədən hansı nəticə çıxarmaq olar?



Hendrik Anton Lorens (1853–1928)

Niderland fiziki. Fizikanın elektrodinamika və optika sahələrinin inkişafında böyük xidmətləri olmuşdur. O, maddə quruluşunun elektron nəzəriyyəsinin banisidir.

Elektrik cərəyanı yüklü zərrəciklərin nizamlı hərəkəti olduğundan maqnit sahəsi cərəyana təsir etməklə hərəkətdə olan bu yüklü zərrəciklərin hər birinə təsir etmiş olur. Beləliklə, amper qüvvəsinə hərəkətdə olan hər bir zərrəciyə təsir edən qüvvələrin cəmi kimi baxmaq olar.

- **Maqnit sahəsinin hərəkət edən yüklü zərrəciyə təsir qüvvəsi lorens qüvvəsi adlanır.** Bu ad Niderland fiziki Hendrik Anton Lorensin şərəfinə verilmişdir.

Lorens qüvvəsi

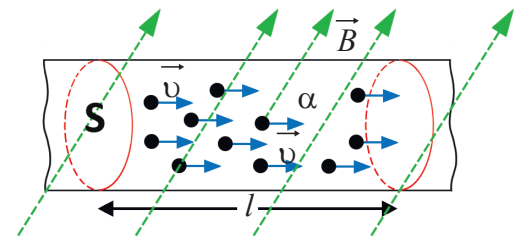
Lorens qüvvəsinin modulunu

$$F_L = \frac{F_A}{N}$$

düsturundan müəyyən etmək olar. Burada F_A – amper qüvvəsi, N – düz naqilin maqnit sahəsində yerləşən l uzunluqlu hissəsindəki sərbəst yüklü zərrəciklərin ümumi sayıdır.

Əgər bir zərrəciyin yükünün modulu q_0 , zərrəciklərin ümumi yükünün modulu isə $q = N \cdot q_0$ olarsa, naqildəki cərəyan şiddəti belə təyin olunur: $I = \frac{Nq_0}{t}$.

Burada t – yüklü zərrəciyin naqilin l uzunluqlu hissəsinə keçməsinə sərf etdiyi zamandır (şəkil 4.65). Bu halda alırıq:



Şəkil 4.65

$$F_L = \frac{F_A}{N} = \frac{IB \sin \alpha}{N} = \frac{Nq_0 B \sin \alpha}{Nt} = \frac{q_0 B \sin \alpha}{t}.$$

Burada $\frac{l}{t} = v$ olduğundan lorens qüvvəsinin modulunu təyin etmək üçün ümumi düstur alınır:

$$F_L = q_0 B v \sin \alpha. \quad (4)$$



Burada v – maqnit sahəsində nizamlı hərəkət edən yüklü zərrəciyin orta sürəti, α – maqnit sahəsinin induksiya vektoru \vec{B} ilə yüklü zərrəciyin sürət vektoru \vec{v} arasındakı bucaqdır. Yüklü zərrəcik maqnit sahəsinə induksiya xətlərinə perpendikulyar istiqamətdə daxil olarsa, yəni $\alpha = 90^\circ$ olarsa, $\sin 90^\circ = 1$ olur və lorens qüvvəsi maksimal qiymət alır:

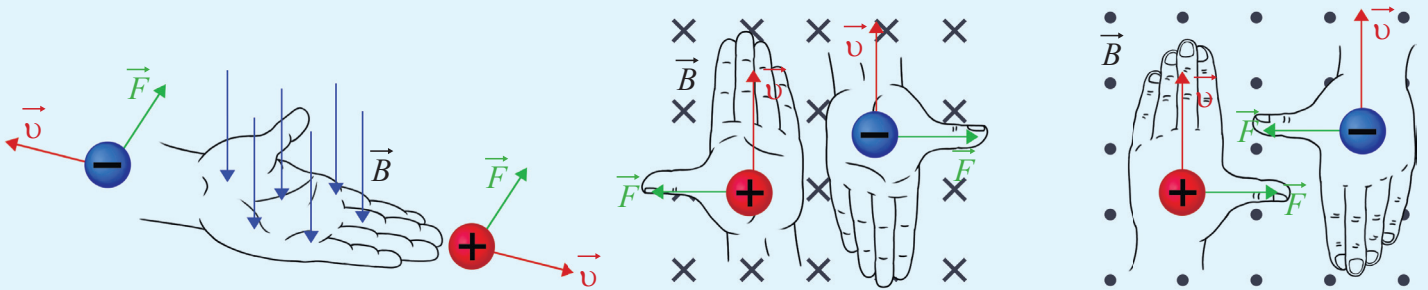
$$F_{L \max} = q_0 B v. \quad (5)$$

Lorens qüvvəsi \vec{B} və \vec{v} vektorlarına perpendikulyardır və onun istiqaməti sol əl qaydası ilə təyin olunur.

Lorens qüvvəsi üçün sol əl qaydası

Sol əli maqnit sahəsində elə tutmaq lazımdır ki, maqnit induksiya vektoru ovuca perpendikulyar daxil olsun və açılan dörd barmaq müsbət yükün hərəkəti istiqamətində (mənfi yükün hərəkətinin əksinə) yönəlsin. Bu zaman 90° bucaq altında açılmış baş barmaq yükə təsir edən lorens qüvvəsinin istiqamətini göstərəcək (şəkil 4.66).

Yüklü zərrəcik bircins maqnit sahəsinə daxil olduqda lorens qüvvəsi zərrəciyin sürət vektoruna perpendikulyar təsir etdiyindən zərrəciyin sürətinin qiyməti dəyişmir, lakin onun istiqaməti dəyişir. Bu səbəbdən yüklü zərrəcik bircins maqnit sahəsində lorens qüvvəsinin təsiri altında spiralvari trayektoriya üzrə hərəkət edir.



Şəkil 4.66

- DÜŞÜN
- MÜZAKİRƏ ET
- PAYLAŞ

Yüklü zərrəcik maqnit sahəsində induksiya xətlərinə paralel istiqamətdə daxil olarsa, yəni $\alpha = 0^\circ$ və ya $\alpha = 180^\circ$ olarsa, hansı trayektoriya ilə yoluna davam edəcək? Niyə? Cavabınızı əsaslandırın.

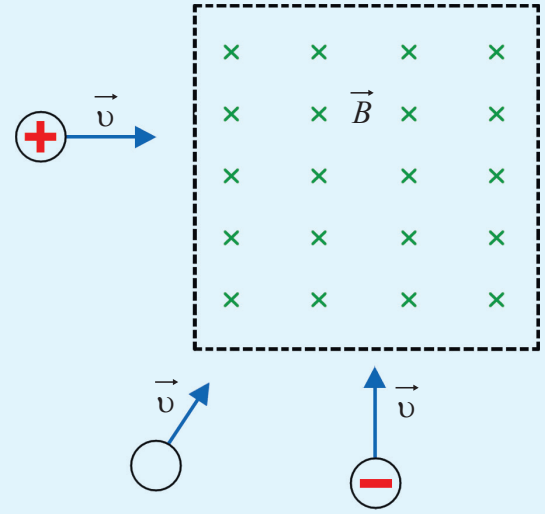
Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

Məsələ. Şəkil 4.67-də müsbət yüklü, mənfi yüklü və yüksüz zərrəciyin bircins maqnit sahəsinə eyni sürətlə daxilolma sxemi təsvir olunmuşdur.

Sual 1. Zərrəciklər sahədə hansı trayektoriya üzrə hərəkətlərini davam etdirəcək?

Sual 2. Əgər yüklü zərrəcik maqnit sahəsində hərəkətsizdirsə, lorens qüvvəsinin istiqaməti və ədədi qiyməti haqqında nə demək olar?

Sual 3. Bu zərrəciklər sahəyə paralel daxil olsaydı, onların trayektoriyaları necə dəyişəcəkdi?



Şəkil 4.67

Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. Şəkil 4.68-də cərəyanlı düz naqilin maqnit sahəsinə daxil olan zərrəciklər təsvir edilmişdir.

Sual 1. Bu zərrəciklərə təsir edən lorens qüvvəsi hansı istiqamətə yönəlir?

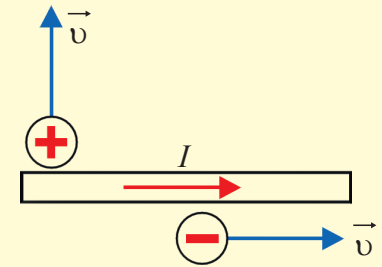
Sual 2. Naqildəki cərəyanın istiqaməti dəyişərsə, lorens qüvvəsinin istiqaməti necə dəyişəcək?

2. Yüksüz 1 və mənfi yüklü 2 zərrəciyi bircins maqnit sahəsində hərəkət edir (şəkil 4.69).

Sual. Zərrəciklər uyğun olaraq hansı trayektoriya üzrə yollarını davam etdirəcək?

3. Elektron induksiyası $B = 1,6 \text{ mTl}$ olan maqnit sahəsinin induksiya xətlərinə 30° -lik bucaq altında $v = 5,6 \cdot 10^3 \text{ m/san}$ sürəti ilə daxil olur.

Sual. Elektronla təsir edən lorens qüvvəsinin modulu nəyə bərabərdir ($e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Kl}$)?



Şəkil 4.68



Şəkil 4.69

4.3 Elektromaqnit induksiyası

İndiyə qədər biz elektrik cərəyanının maqnit sahəsi yaratdığını öyrəndik. Lakin fizikanın ən maraqlı kəşflərindən biri göstərdi ki, bu qarşılıqlı təsir ikitərəflidir. Maqnit sahəsinin dəyişməsi qapalı keçiricidə elektrik cərəyanının yaranmasına səbəb ola bilər. Bu hadisə *elektromaqnit induksiyası* adlanır və o, elektrik enerjisinin istehsalından tutmuş müasir texnologiyaların böyük bir hissəsinin fiziki əsasını təşkil edir.

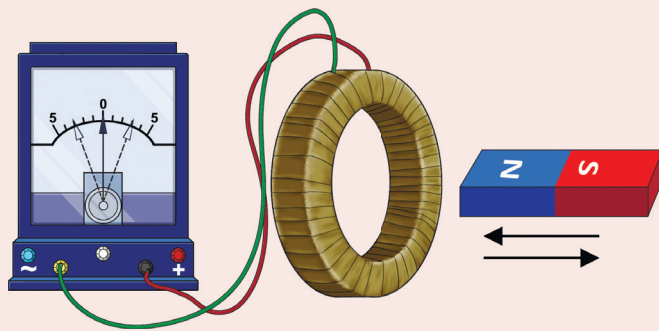
4.3.1 Elektromaqnit induksiyası hadisəsi

Eksperimental məsələ

Sarğacda niyə cərəyan yarandı?

Mis sarğac qalvanometrə qoşulub. Sarğacın yaxınlığında sükunətdə olan düz maqnit var.

Qalvanometr heç bir cərəyan göstərmir. Lakin maqnit sarğaca yaxınlaşdırdıqda və sarğacdən



Şəkil 4.70

uzaqlaşdırdıqda qalvanometrin əqrəbi ani olaraq sağa, gah da sola meyil etməklə sarğacda cərəyan yarandığını göstərir (şəkil 4.70). Maqnit dayandıqda isə əqrəb yenidən sıfır bölgüsünə qaydır.

- Heç bir cərəyan mənbəyinə qoşulmayan sarğacda cərəyanın yaranmasına səbəb nə oldu?
- Bu eksperimental məsələdən hansı nəticəyə gəlmək olar?

Açar sözlər

elektromaqnit induksiyası, induksiya cərəyanı, dəyişən maqnit sahəsi

Elektromaqnit induksiyası hadisəsi

H.Erstedin apardığı təcrübələr (1820-ci ildə) sübut etdi ki, elektrik cərəyanı öz ətrafında maqnit sahəsi yaradır. Bu prosesin əks hadisəsi, yəni maqnit sahəsinin də elektrik cərəyanı yarada bilmə hadisəsi baş verə bilərmi?

İngilis alimi Maykl Faradey ilk dəfə olaraq 1831-ci ildə bu sualın həllini tapdı. O, apardığı çoxsaylı təcrübələrin köməyi ilə müəyyən etdi ki, maqnit sahəsinin dəyişməsi sarğacın dolaqlarında (qapalı konturda) elektrik cərəyanı yaradır.

Faradeyin təcrübələrindən biri ilə siz eksperimental məsələdə tanış oldunuz. Məlum oldu ki, sabit maqnit sarğaca yaxınlaşdıqda, yaxud ondan uzaqlaşdıqda sarğacda elektrik cərəyanı yaranır. Maqnitin bu və ya digər istiqamətdə hərəkəti zamanı qalvanometrin əqrəbinin əks istiqamətlərə meyil etməsi sarğacda yaranan elektrik cərəyanının istiqamətinin

dəyişdiyini göstərdi. Maqnit sarğac yaxınlığında və daxilində sükunətdə saxladığıda isə sarğacda cərəyan yaranmadı. Buradan belə bir nəticəyə gəlmək olar ki, maqnitin sarğac boyunca ixtiyari irəliləmə hərəkəti onun qapalı sarğılarında elektrik cərəyanı yaradır. Bu hadisə *elektromaqnit induksiya hadisəsi*, qapalı konturda yaranan cərəyan isə *induksiya cərəyanı* adlanır.

• **Qapalı keçirici konturda maqnit sahəsinin dəyişməsi nəticəsində elektrik cərəyanının yaranması elektromaqnit induksiya hadisəsi, yaranan cərəyan isə induksiya cərəyanı adlanır.**

Maqnit sahəsinin dəyişməsi nə deməkdir?

Sabit maqnitin qapalı konturu kəsib keçən induksiya xətlərinin sayının dəyişməsi (artması və ya azalması) maqnit sahəsinin dəyişməsi deməkdir (şəkil 4.71).



Şəkil 4.71. Maqnit sahəsinin dəyişməsi induksiya xətlərinin sayının dəyişməsidir

Maqnit sahəsinin dəyişməsini yalnız sabit maqnit sarğaca doğru hərəkət etdirmək və ya əksinə, sarğacdən uzaqlaşdırmaqla deyil, digər üsullarla da həyata keçirmək olar. Məsələn, əgər sabit maqnit elektromaqnitlə əvəz olunarsa, sarğacdəki maqnit sahəsinin dəyişməsinə elektromaqnitdəki cərəyan şiddətini dəyişməklə də nail oluna bilər (bax: şəkil 4.73). Lakin sarğac bircins maqnit sahəsində irəliləmə hərəkəti etdikdə onda induksiya cərəyanı yaranmır, çünki bircins sahədə sarğac müstəvisini kəsən induksiya xətlərinin sayı dəyişmir.

•DÜŞÜN
•MÜZAKİRƏ ET
•PAYLAŞ

Qapalı kontur bircins maqnit sahəsində düzxətli bərabərsürətli hərəkət edir.

Sual. Bu zaman konturda induksiya cərəyanı yaranacaqmı? Cavabınızı əsaslandırın.

Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

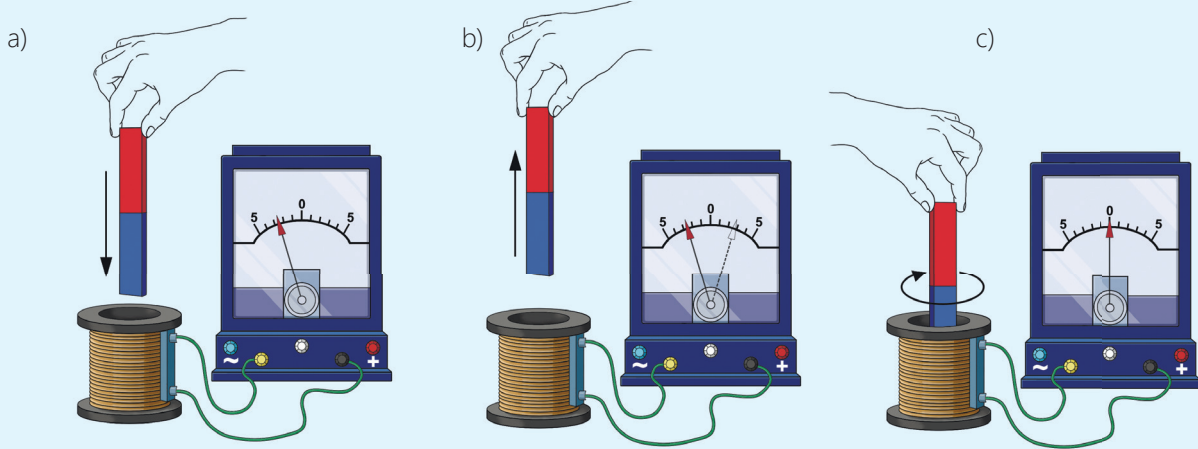
Ləvazimat: sarğac, düz maqnit, qalvanometr, sabit cərəyan mənbəyi, reostat, sarğac (2 ədəd), uzun dəmir içlik, açar, birləşdirici naqillər.

İşin gedişi

Mərhələ 1

1. Sarğacın sığaclarını qalvanometrə birləşdirin.
2. Düz maqnit sarğaca yaxınlaşdırın və sonra uzaqlaşdırın. Bu zaman qalvanometrin əqrəbinə diqqət yetirin (şəkil 4.72, a və b).

3. Sarğacın içərisinə düz maqnit yerləşdirib onu sükunətdə saxlayın, sonra isə maqnitə masanın səthindən ayırmadan yerində fırladın və qalvanometrın əqrəbini izləyin (şəkil 4.72, c).



Şəkil 4.72

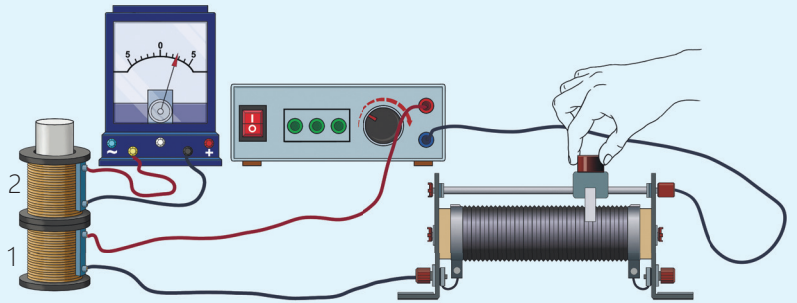
Müzakirə edin

- Maqnitə sarğaca yaxınlaşdırıb və uzaqlaşdırdıqda qalvanometrın əqrəbinin gah sağa, gah da sola meyil etməsindən hansı nəticəyə gəlmək olar?
- Maqnitə sarğacın daxilində sükunətdə saxladıqda və ya yerində fırlatdıqda qalvanometrın əqrəbinin sifir bölgüsünün üzərində durması nə deməkdir?

Mərhələ 2

1. Dəmir içliyi 1 sarğacına daxil edib elektromaqnit hazırlayın. Elektromaqnitin sığaclarını reostat və açarla birlikdə sabit cərəyan mənbəyinə ardıcıl birləşdirin.
2. İkinci sarğacı (2) qalvanometrə birləşdirib elektromaqnitin dəmir içliyinin kənara çıxan hissəsinə daxil edin (şəkil 4.73).

3. Əvvəlcə açarı qapayıb açın, sonra isə açarın qapalı vəziyyətində reostatın sürgüsünü sağa-sola hərəkət etdirməklə 1 elektromaqnitində cərəyan şiddətini dəyişin. Bütün hallarda 2 sarğacına qoşulan qalvanometri izləyin.



Şəkil 4.73

Müzakirə edin

- 1 elektromaqnitindən keçən cərəyan şiddətinin ixtiyari dəyişməsi niyə 2 sarğacında induksiya cərəyanının yaranması ilə nəticələndi?
- 1 elektromaqnitindən keçən cərəyan şiddətinin artıb-azalması 2 sarğacında yaranan induksiya cərəyanının istiqamətinə necə təsir etdi?
- Araşdırmalardan hansı ümumiləşmə aparmaq olar?

Öyrəndiklərinizi yoxlayın

1. Maqnit sarğac daxilində sükunətdə saxlayıb sarğac irəliləmə hərəkəti etdirilir.

Sual. Bu halda sarğacda induksiya cərəyanı yaranarmı? Cavabınızı əsaslandırın.

2. Qapalı dördbucaqlı kontur elektromaqnitin qütbləri arasında şəkil 4.74-də təsvir olunduğu kimi hərəkət edir.

Sual. Bu konturda induksiya cərəyanı yaranarmı?

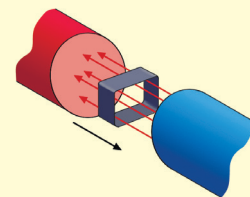
Cavabınızı əsaslandırın.

3. Ştativə bərkidilmiş uzun sarğac qalvanometrə qoşulmuşdur. İpdən asılmış düz maqnit şəkil 4.75-də göstərilədiyi kimi sarğaca daxil edilir. Maqnitin hərəkəti zamanı onun sarğaca nəzərən üç müxtəlif vəziyyətlərdən keçmə anı – A, B və C vəziyyətləri təsvir olunmuşdur.

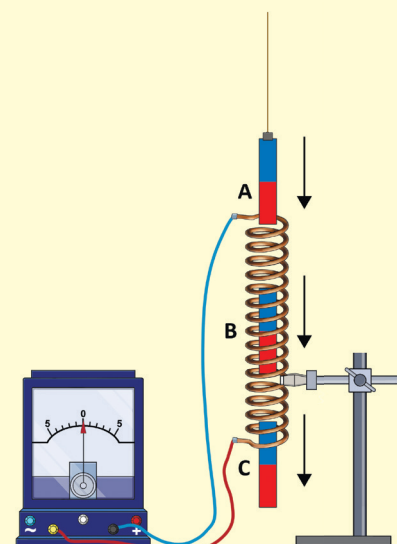
Sual 1. Hərəkətdə olan maqnit A və C nöqtələrindən keçərkən sarğacda induksiya cərəyanı yaranacaqmı?

Sual 2. Maqnit B nöqtəsindən keçərkən hərəkət etməsinə baxmaya-raq qalvanometr göstəricisi sıfır olur. Bunun səbəbi nədir?

Sual 3. Bu təcrübəyə əsaslanaraq induksiya cərəyanının yaranması üçün əsas zəruri şərti necə formalaşdırmaq olar?



Şəkil 4.74



Şəkil 4.75

EV TAPŞIRIĞI – STEAM LAYİHƏ

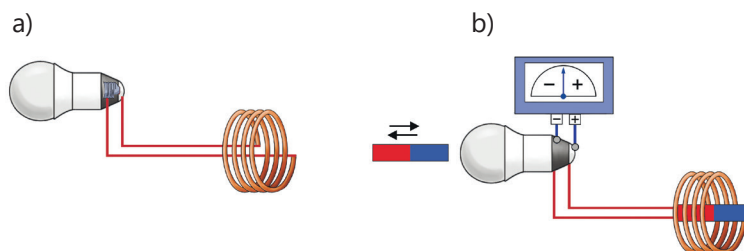
LAYİHƏ. Sarğacda induksiya cərəyanı hansı halda yaranır?

**İşin icrası**

1. Telefonun kamerası ilə verilmiş QR kodu skan edərək PhET simulyasiyaları sayına keçid edin.

2. Ekranda görünən düz maqnit üzərinə klikləyərək onu sarğacın içərisində sağa və sola doğru hərəkət etdirin (şəkil 4.76, a).

3. Simulyasiyada aşağıda qalvanometr seçilir, maqnit sarğaca daxil edilir və bir müddət hərəkətsiz saxlanılaraq müşahidə aparılır (şəkil 4.76, b).



Şəkil 4.76

Aşağıdakı suallar üzərində düşünün:

- Maqnit sarğac daxilində hərəkət etdirdikə nə baş verdi?
- Lampa niyə işıqlandı?
- Sarğacda elektrik cərəyanının yaranmasının səbəbi nədir?

4.3.2 İnduksiya cərəyanının istiqaməti. Lens qaydası

Eksperimental məsələ

Qapalı keçirici kontur maqnitdən niyə gah itələnir, gah da cəzb olunur?

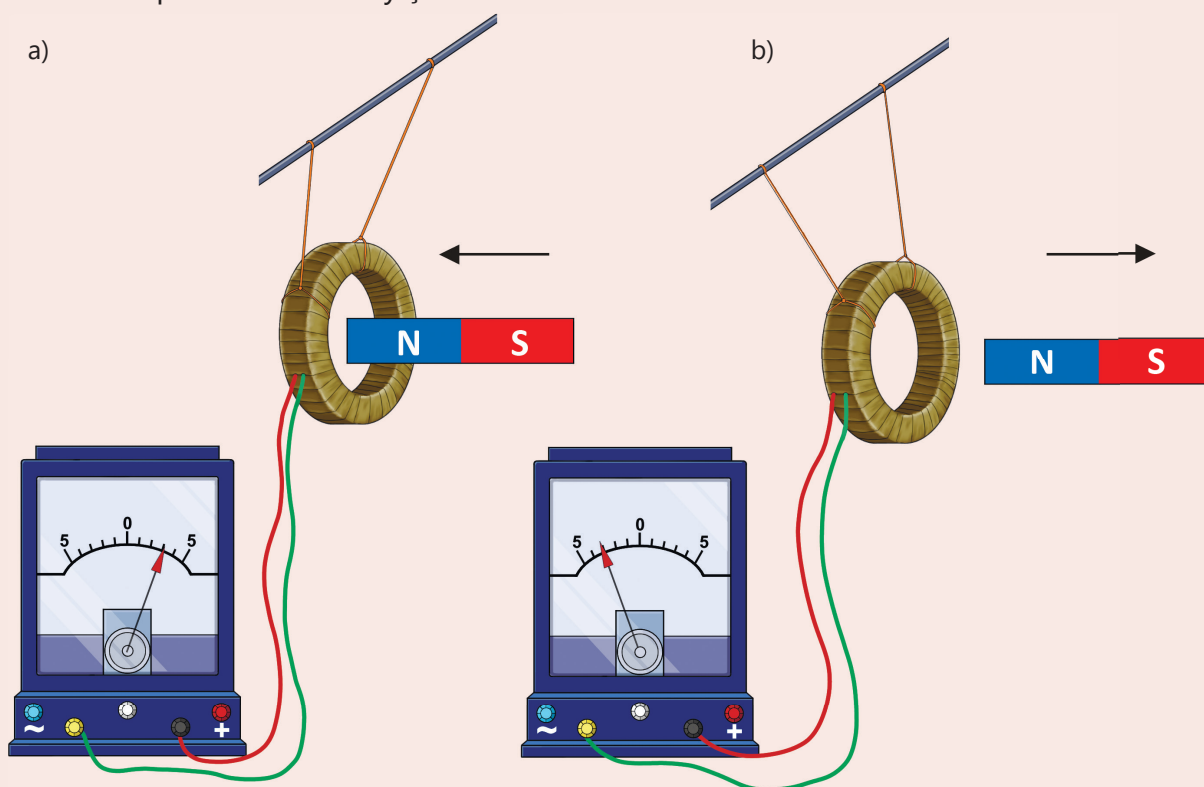
Bir neçə dolaqdan ibarət qapalı keçirici kontur qalvanometrə qoşulmuşdur. Kontura düz maqnitə yaxınlaşdırdıqda iki hadisə eyni anda müşahidə olunur:

- konturda induksiya cərəyanı yaranır;
- kontur maqnitdən itələnir (şəkil 4.77, a).

Maqnitə konturdan uzaqlaşdırdıqda isə əks proseslər baş verir:

- induksiya cərəyanının istiqaməti dəyişir;
- kontur uzaqlaşan maqnitə doğru cəzb olunur (şəkil 4.77, b).

Əvvəlki dərsdən və bu təcrübədən də bir daha əmin oldunuz ki, induksiya cərəyanının yaranması və istiqaməti də maqnit sahəsinin dəyişməsindən asılıdır.



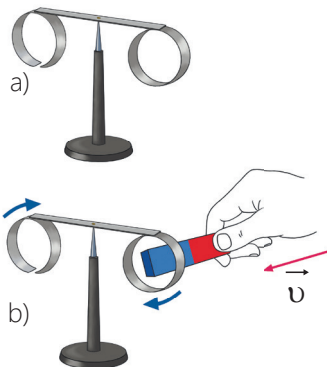
Şəkil 4.77

- Qapalı keçirici kontura sabit maqnitə yaxınlaşdırdıqda o niyə maqnitdən itələnir, maqnitə uzaqlaşdırdıqda isə, əksinə, ona cəzb olunur?
- Konturda induksiya cərəyanının istiqamətinin dəyişməsi ilə onun sabit maqnitdən itələnməsi, yaxud cəzb olunması arasında nə əlaqə var?

Lens təcrübəsi

Ləvazimat: Lens qurğusu, sabit maqnit (düz və ya nalşəkilli).

Lens qurğusunun təsviri: qurğunun əsas hissəsi kənarlarına biri qapalı, digəri kəsik olmaqla iki alüminium halqa bərkidilmiş çubuqdan ibarətdir. Çubuq iti ucluq üzərində yerləşdirilir (şəkil 4.78, a).



Şəkil 4.78

İşin gedişi

1. Maqnitin qütblərindən birini qapalı halqaya yaxınlaşdırın və baş verən hadisəni izləyin (şəkil 4.78, b).
2. Maqnitə halqa daxilində hərəkətsiz saxlayın və sonra onu halqadan uzaqlaşdırın. Baş verən hadisəni izləyin.
3. Təcrübəni maqnitin digər qütbü ilə də təkrarlayın.
4. Təcrübəni kəsiyi olan halqayla təkrarlayın: maqnitin qütblərini ardıcıl olaraq kəsik halqaya yaxınlaşdırıb uzaqlaşdırın. Müşahidə etdiyiniz hadisələri müqayisə edin.

Nəticəni müzakirə edin:

- Maqnitin qütblərini qapalı halqaya yaxınlaşdırdıqda nə müşahidə etdiniz?
- Maqnitə qapalı halqada sükunətdə saxladıqda nə baş verdi?
- Maqnitə qapalı halqadan uzaqlaşdırdıqda nə müşahidə etdiniz?
- Təcrübəni kəsik halqa ilə təkrarladıqda nə baş verdi?
- Təcrübələrdən hansı ümumiləşmə aparmaq olar?

**İnduksiya cərəyanının yaranma səbəbi**

İnduksiya cərəyanını da adi elektrik cərəyanı kimi elektrik sahəsi yaradır.

Bəs induksiya cərəyanını yaradan elektrik sahəsi haradan əmələ gəldi?

Bu sahə maqnit sahəsinin dəyişməsi nəticəsində yaranan *induksiya elektrik sahəsidir*.

Onun mənbəyi dəyişən maqnit sahəsi olduğundan maqnit sahəsi kimi qapalı qüvvə xətlərinə malikdir və bu səbəbdən ona burulğanlı elektrik sahəsi də deyilir. Burulğanlı elektrik sahəsi elektrostatik sahədən kəskin fərqlənir, belə ki:

a) *elektrostatik sahəni sükunətdəki elektrik yükü, induksiya elektrik sahəsini isə dəyişən maqnit sahəsi yaradır;*

b) *elektrostatik sahənin intensivlik xətləri müsbət yükədən başlayır, mənfi yükə qurtarır. İnduksiya elektrik sahəsinin intensivlik xətlərinin nə başlanğıcı, nə də sonu var, o, maqnit induksiya xətləri kimi qapalıdır.*

İnduksiya cərəyanının istiqamətini necə müəyyənləşdirmək olar?

Apardığınız araşdırmada müəyyən etdiniz ki, maqnitə qapalı halqaya yaxınlaşdırdıqda halqa maqnitdən itələnir, əksinə, maqnitə uzaqlaşdırdıqda isə halqa maqnitə cəzb olunur. Eyni effekt maqnitin hər iki qütbündə təkrarlanır. Lakin maqnitə halqa daxilində sükunətdə saxladıqda isə maqnitlə halqa arasında heç bir qarşılıqlı təsir yaranmır. Maqnitə kəsik halqaya yaxınlaşdırıb uzaqlaşdırdıqda da heç bir hadisə baş vermir.

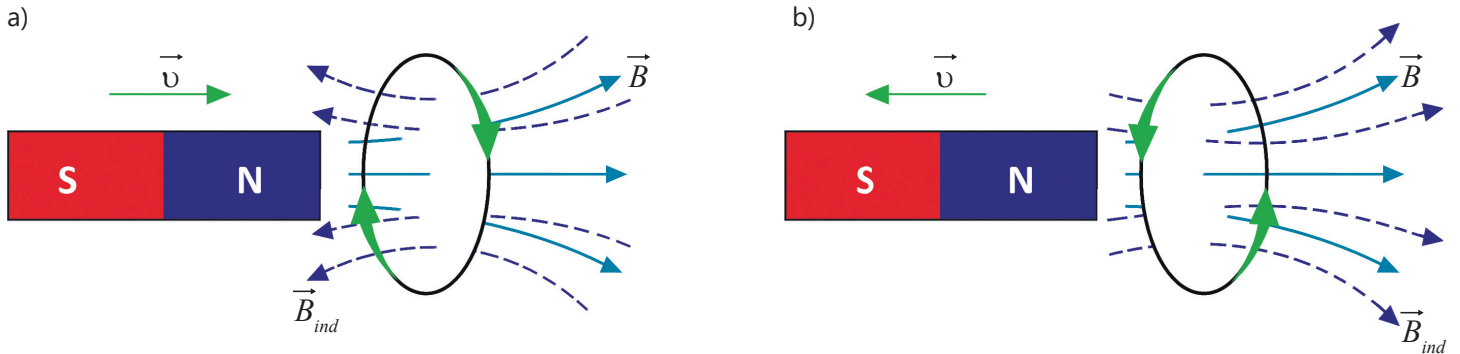
Bu onunla izah edilir ki, qapalı konturu kəsən maqnit sahəsinin ixtiyari dəyişməsi nəticəsində bu konturda induksiya cərəyanı yaranır, kəsik halqada isə (kontur açıq olduqda) induksiya cərəyanı yaranmır. Deməli, konturdan keçən induksiya xətlərinin sayının dəyişməsi nəticəsində yaranan induksiya elektrik sahəsi qapalı-keçirici konturda *induksiya cərəyanının* yaranmasına səbəb olur. Kəsik halqada isə (kontur açıq olduqda) induksiya elektrik sahəsi olsa da, *induksiya cərəyanı yaranmır*.

Maqnit halqaya yaxınlaşdırdıqda yaranan induksiya cərəyanı elə istiqamətə yönəlir ki, bu cərəyanın yaratdığı maqnit sahəsi sabit maqnitin maqnit sahəsinin güclənməsinə əks-təsir göstərsin. Maqnit halqadan uzaqlaşdırdıqda isə yaranan induksiya cərəyanı elə istiqamətə yönəlir ki, bu cərəyanın yaratdığı maqnit sahəsi sabit maqnitin maqnit sahəsinin zəifləməsinə əks-təsir göstərsin.

Bu hadisələri araşdıran rus fiziki Emil Lens 1833-cü ildə induksiya cərəyanının istiqamətini təyin edən ümumi qaydanı – Lens qaydasını müəyyənləşdirdi:

• **İnduksiya cərəyanı elə istiqamətə yönəlir ki, onun yaratdığı maqnit sahəsi bu cərəyanı yaradan xarici maqnit sahəsinin ixtiyari dəyişməsinə əks-təsir göstərir.**

Bu o deməkdir ki, əgər xarici maqnit sahəsi güclənərsə, induksiya cərəyanının maqnit sahəsi onun güclənməsinə mane olacaqdır. Bu zaman induksiya cərəyanının maqnit induksiyası xarici maqnit sahəsinin induksiyasının əksinə yönəlir (şəkil 4.79, a). Əgər xarici maqnit sahəsi zəifləyərsə, induksiya cərəyanının maqnit sahəsi onun zəifləməsinə mane olacaqdır. Bu zaman induksiya cərəyanının maqnit induksiyası xarici maqnit sahəsinin induksiya vektoru istiqamətinə yönəlir (şəkil 4.79, b).



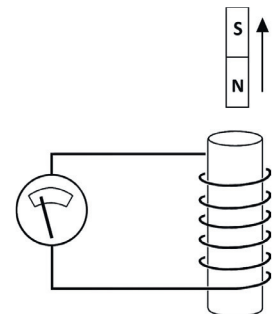
Şəkil 4.79. İnduksiya cərəyanının yaranması

• DÜŞÜN
• MÜZAKİRƏ ET
• PAYLAŞ

Düz maqnit sarğacdən uzaqlaşdırılır (şəkil 4.80).

Sual 1. Sarğacda yaranan induksiya cərəyanı hansı istiqamətə yönəlmişdir?

Sual 2. İnduksiya cərəyanının yaratdığı maqnit sahəsinin induksiya xətləri hansı istiqamətdədir? Bu istiqaməti hansı qayda ilə təyin etmək əlverişlidir?



Şəkil 4.80

Öyrəndiklərinizi tətbiq edin

Təsəvvür edin ki, düz maqnitin cənub qütbü sarğacdən uzaqlaşdırılır (bax: şəkil 4.80).

Sual 1. Sabit maqnitin sarğacın ətrafında yaratdığı sahə necə dəyişəcək: artacaq, yoxsa azalacaq?

Sual 2. Bu sahə hansı istiqamətə yönələcək?

Sual 3. Sabit maqnitin təsirinin azalmasını kompensasiya etmək üçün sarğacda yaranan induksiya cərəyanının maqnit sahəsi hansı istiqamətə yönələcək?

Sual 4. Bu zaman sarğacda yaranan induksiya cərəyanı hansı istiqamətdə olacaq?

**Öyrəndiklərinizi yoxlayın**

1. Şəkil 4.81-də sarğacda yaranan induksiya cərəyanının istiqaməti və sarğacdən uzaqlaşan düz maqnit təsvir olunmuşdur.

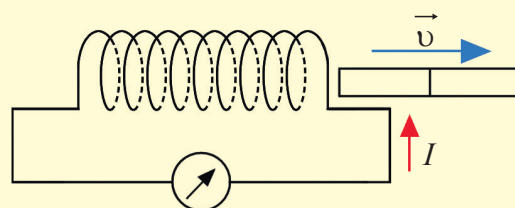
Sual. Sarğaca yaxın düz maqnitin hansı qütbüdür?

2. İki hərəkətsiz sarğac şəkil 4.82-də göstərildiyi kimi yerləşdirilmişdir. Sarğacların birinə qoşulan qalvanometr induksiya cərəyanının yarandığını göstərir.

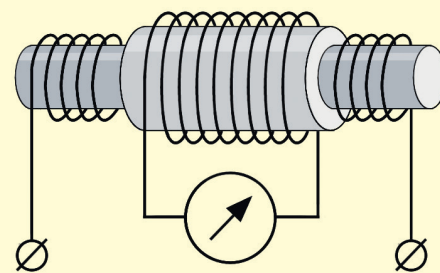
Sual 1. Bu hansı halda mümkündür?

Sual 2. Sarğacda yaranan induksiya cərəyanının istiqamətini necə təyin etmək olar?

Sual 3. İnduksiya cərəyanının istiqamətinə görə onun yaratdığı maqnit induksiya xətlərinin istiqamətini hansı qayda ilə təyin etmək əlverişlidir? Cavabınızı əsaslandırın.



Şəkil 4.81



Şəkil 4.82

Elm, texnologiya, həyat

Naqilsiz adapter

Müasir smartfonların, "ağıllı" saatların, qulaqlıqların bir hissəsi naqilsiz enerji ötürülməsi texnologiyası ilə işləyir (şəkil 4.83). Bu texnologiyanın əsasında elektromaqnit induksiya hadisəsi dayanır.

İş prinsipi

İstənilən telefonun və ya elektron saatın bu adapterlə enerji yığılması mümkündürmü?

Naqilsiz adapterin daxilində yerləşən sarğacdən dəyişən cərəyan keçdikdə onun ətrafında dəyişən maqnit sahəsi yaranır. Telefonun daxilində olan ikinci sarğac bu maqnit sahəsində yerləşdirildikdə Faradey qanununa əsasən sarğacda induksiya cərəyanı yaranır.

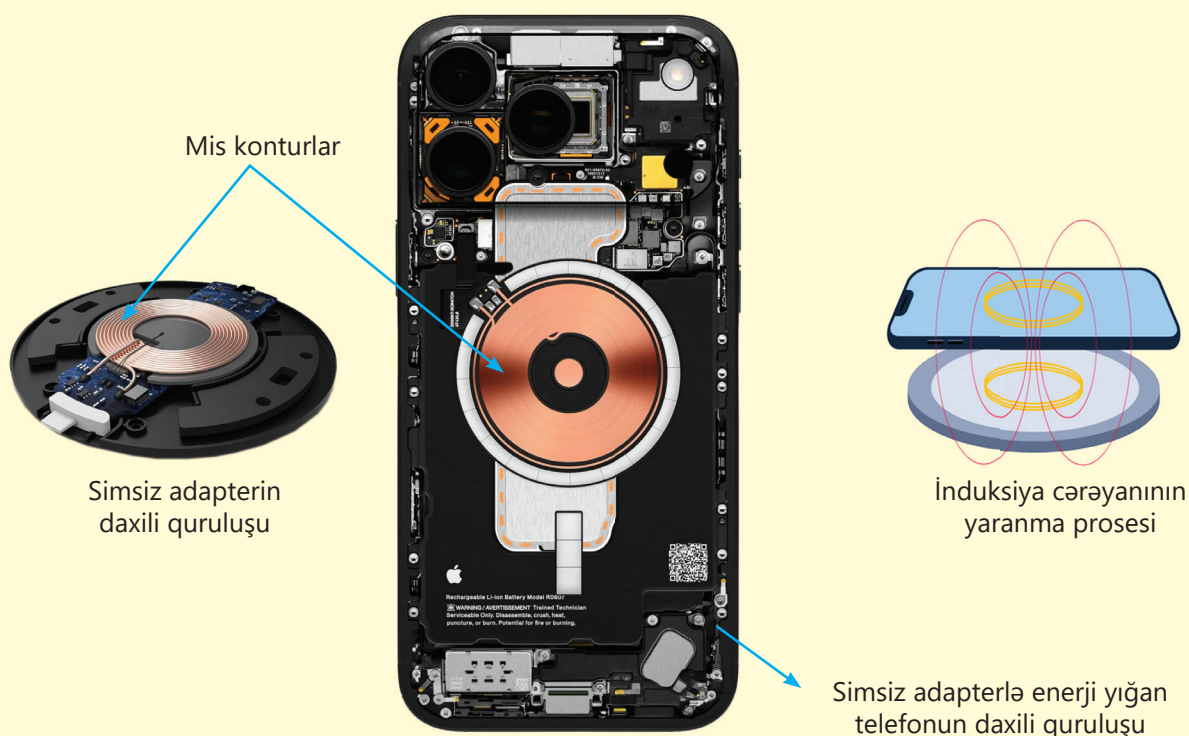
Bu cərəyan isə batareyanın doldurulmasına – elektrik enerjisi yığılmasına səbəb olur (şəkil 4.84).

Texnoloji əhəmiyyəti

Bu üsul naqilsiz enerji ötürülməsinə, elektrik kontaktlarının aşınmasının azalmasına və suya davamlı cihazların istehsalına imkan yaradır.

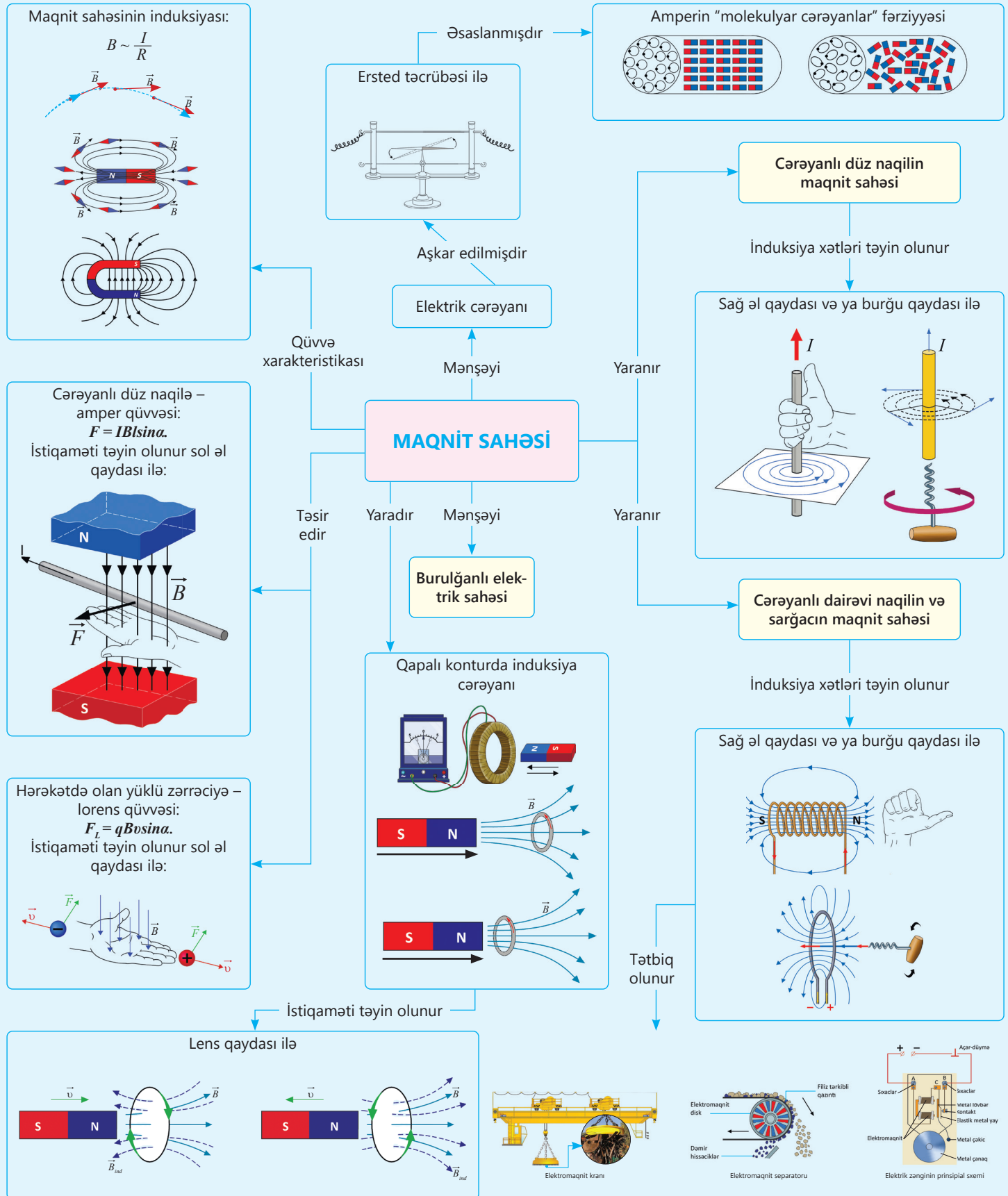


Şəkil 4.83. Naqilsiz adapter cihazı



Şəkil 4.84

Xülasə



Ümumiləşdirici tapşırıqlar

1. H.Ersted təcrübi olaraq aşkar etdi ki, elektrik cərəyanı öz ətrafında maqnit sahəsi yaradır. Bu fakta əsasən A.Amper maqnit sahəsinin "molekulyar cərəyanlar" fərziyyəsini irəli sürdü.

Sual 1. "Molekulyar cərəyanlar" fərziyyəsinin fiziki mahiyyəti nədən ibarətdir?

Sual 2. Düz naqildən elektrik cərəyanı A-dan B-yə doğru olarsa, maqnit əqrəbinin hansı qütbü bizə tərəf dönər (şəkil 4.85)?

Sual 3. Şəkil 4.86-da cərəyanlı düz naqilin en kəsiyi və ətrafında yaratdığı maqnit sahəsinin qüvvə xətləri təsvir edilmişdir. Naqildəki cərəyan şəkil müstəvisinə nəzərən hansı istiqamətdədir: şəkil müstəvisinə perpendikulyardır, yoxsa şəkil müstəvisindən bizə doğru?

Sual 4. İki müsbət ion bir-birinə paralel olmaqla şəkil müstəvisinə perpendikulyar hərəkət edir. Soldakı ionun maqnit sahəsinin sağdakı iona göstərdiyi təsir qüvvəsi hansı rəqəmlə işarə edilmişdir (şəkil 4.87)?

2. Şəkil 4.88-də cərəyanlı naqilin en kəsiyi təsvir edilmişdir. Cərəyan şəkil müstəvisindən müşahidəçiyə perpendikulyardır.

Sual. N nöqtəsində cərəyanın maqnit sahəsinin induksiya vektorunun istiqaməti hansı rəqəmlə işarə edilmiş oxla üst-üstə düşür?

3. Şəkil 4.89-da bircins maqnit sahəsinə gətirilmiş cərəyanlı düz naqil təsvir edilmişdir.

Sual 1. Bu halda amper qüvvəsi hansı istiqamətə yönələcək?

Sual 2. Əgər maqnit sahəsindəki naqildəki cərəyan şiddəti $3A$, naqilin uzunluğu $1 m$ və sahənin maqnit induksiya vektorünün modulu $B = 0,6 Tl$ olarsa, amper qüvvəsi nəyə bərabər olar?

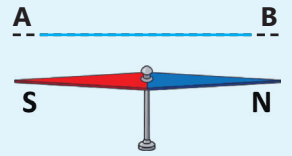
Sual 3. Naqildəki cərəyanın istiqaməti dəyişdirilsə, amper qüvvəsinin istiqaməti və modulu necə dəyişər?

Sual 4. Naqil maqnit induksiya vektoruna 30° bucaq altında yerləşdirilsə, amper qüvvəsinin modulu necə dəyişər?

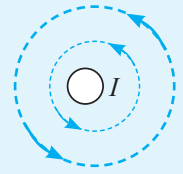
4. Şəkil 4.90-da maqnit sahəsində yerləşdirilən cərəyanlı çərçivə təsvir olunmuşdur. Çərçivə saat əqrəbi hərəkətinin əksi istiqamətində fırlanır.

Sual 1. Çərçivədən hansı istiqamətdə cərəyan keçəcək?

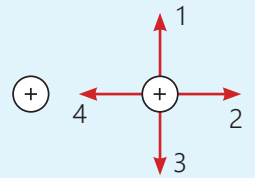
Sual 2. Çərçivəyə təsir edən qüvvələr cütü onu periodik fırlada bilirmi? Cavabınızı əsaslandırın.



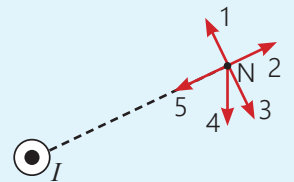
Şəkil 4.85



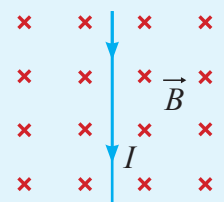
Şəkil 4.86



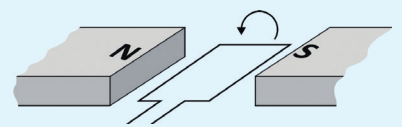
Şəkil 4.87



Şəkil 4.88

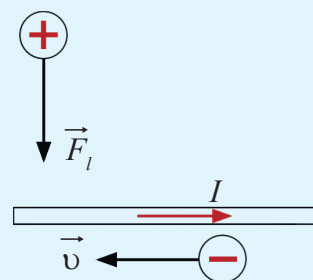


Şəkil 4.89



Şəkil 4.90

5. Şəkil 4.91-də cərəyanlı düz naqıl, onun şəkil müstəvisi üzrə yuxarı hissəsində müsbət yüklü zərrəciyə təsir edən lorens qüvvəsi, alt hissədə isə mənfi yüklü zərrəciyin sürət vektorunun istiqaməti təsvir olunmuşdur. Zərrəciklərdəki yüklərin miqdarı eyni olub $q = 8 \cdot 10^{-19} \text{ Kl-dur}$.



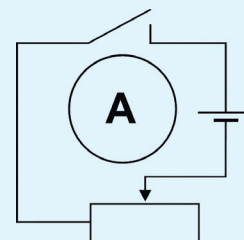
Şəkil 4.91

Sual 1. Müsbət yükə təsir edən lorens qüvvəsi hansı istiqamətə yönəlmişdir?

Sual 2. Mənfi yükə təsir edən lorens qüvvəsi hansı istiqamətə yönəlmişdir?

Sual 3. Əgər müsbət yüklü zərrəciyə təsir göstərən lorens qüvvəsi $1,6 \cdot 10^{-4} \text{ N}$, zərrəciyin sürəti $400 \frac{\text{m}}{\text{san}}$ olarsa, cərəyanlı naqılın maqnit sahəsinin induksiyanının modulu nəyə bərabər olar?

6. Cərəyan mənbəyi və reostatdan ibarət elektrik dövrəsinin içərisində qapalı A konturu var (şəkil 4.92). Reostat sürgüsü orta vəziyyətdədir.



Şəkil 4.92

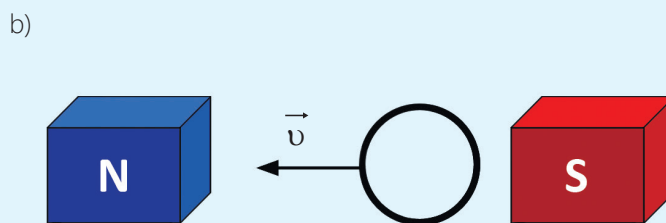
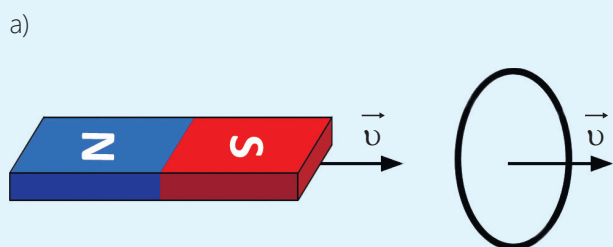
Sual 1. Reostatın sürgüsü hərəkət etdirildikdən sonra konturda induksiya cərəyanı yaranacaqmı?

Sual 2. Sürgünün sürəti və hərəkət istiqaməti nəyə təsir edəcək?

7. Şəkil 4.93, a-da düz maqnitin və qapalı konturun eyni istiqamətdə bərabərsürətli hərəkət etdiyi təsvir edilmişdir.

Sual 1. Konturda induksiya cərəyanı yaranacaqmı?

Sual 2. Qapalı kontur sabit maqnit sahəsində şəkil 4.93, b-də də göstərildiyi kimi hərəkət edərsə, onda induksiya cərəyanı yaranacaqmı? Cavabınızı əsaslandırın.

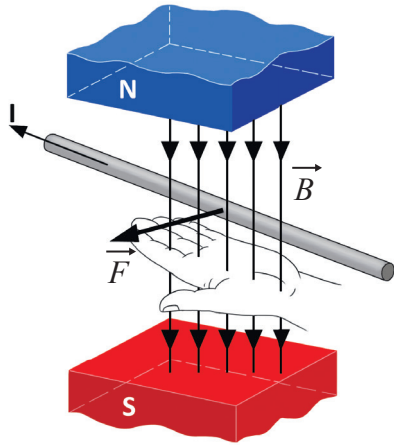


Şəkil 4.93

Akseptor aşqar ("akseptor" latın sözü olub "qəbul edirəm" deməkdir) – qatılan aşqar atomunun valent elektronlarının sayı yarımkeçirici atomunun valent elektronlarının sayından az olur.

Akseptor aşqarlı yarımkeçiricilərdə keçiricilik – əsasən, deşiklər vasitəsilə olan yarımkeçiricidir.

Amper qüvvəsi üçün sol əl qaydası – sol əli maqnit sahəsində elə yerləşdirmək lazımdır ki, maqnit induksiya xətləri ovuca perpendikulyar daxil olsun və uzadılmış dörd barmaq cərəyanın istiqamətində yönəlsin. Bu zaman 90° bucaq qədər açılan baş barmaq cərəyanlı naqilə təsir edən amper qüvvəsinin istiqamətini göstərir.



Amper qüvvəsi üçün sol əl qaydası

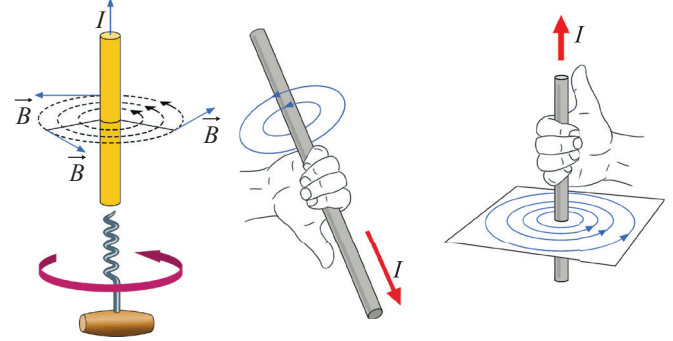
Amper qüvvəsinin modulu – cərəyanlı naqil bir cins maqnit sahəsində yerləşərsə, ona təsir edən amper qüvvəsinin modulu cərəyan şiddəti, maqnit induksiya-sının modulu, naqilin uzunluğu və cərəyanın istiqaməti ilə maqnit induksiya vektoru arasındakı bucağın sinusu hasilinə bərabərdir:

$$F = IBlsina.$$

Burulğanlı sahə – belə sahənin induksiya xətləri həmişə qapalı olur, onların nə başlanğıcı, nə də sonu var.

Cərəyanlı düz naqil üçün burğu qaydası – əgər fikrən burğunun irəliləmə hərəkəti naqildəki cərəyan istiqamətində olarsa, onun dəstəyinin fırlanma is-

tiqaməti də bu cərəyanın yaratdığı maqnit induksiya vektorunun istiqamətini göstərəcək:



Burğu qaydası

Səğ əl qaydası

Cərəyanlı düz naqil üçün səğ əl qaydası – fikrən cərəyanlı düz naqil səğ əllə elə tutularsa ki, baş barmaq cərəyan istiqamətini göstərsin, bu halda qalan dörd barmağın naqilin ətrafında dairəvi bükülmə istiqaməti maqnit sahəsinin induksiya xətlərinin istiqamətini göstərəcək.

Cərəyanlı sarğac üçün səğ əl qaydası – sarğac səğ əllə elə tutulur ki, bükülən dörd barmaq onun sarğılarındakı cərəyan istiqamətində olsun, bu halda açılan baş barmaq sarğacın daxilində maqnit sahəsinin induksiya xətlərinin istiqamətini göstərəcək.

Dairəvi cərəyan üçün burğu qaydası – fikrən burğunun dəstəyini dairəvi cərəyan istiqamətində burduqda onun irəliləmə hərəkətinin istiqaməti dairəvi cərəyanın daxilində maqnit sahəsinin induksiya xətlərinin istiqamətini göstərəcək.

Deşik keçiricilik – yarımkeçiricidə deşiklərin hərəkəti ilə yaranan elektrik keçiriciliyidir.

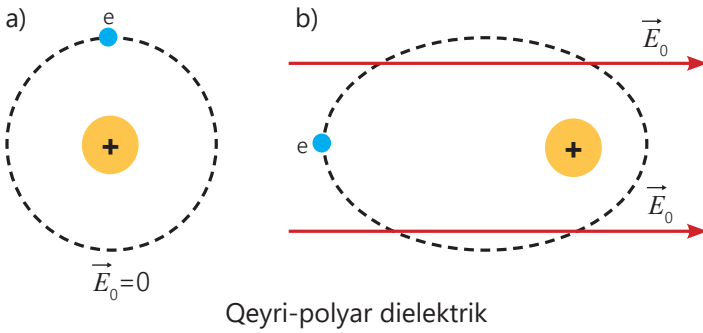
Dielektriklər – sərbəst yükdaşıyıcısı olmayan maddələrdir.

Dielektriklər polyar və qeyri-polyar olmaqla iki növ olur:

- **Polyar dielektrik** – molekulları qütblənmiş dielektrikdir, yəni maddənin molekulundakı müsbət və mənfi yüklərin "mərkəzləri" üst-üstə düşür. Polyar dielektriklərin molekulları elektrik xassələrinə görə özlərini dipol kimi aparır.

• **Dipol** – bir-birindən müəyyən məsafədə yerləşən, modulu eyni, işarələri isə əks olan iki yükəndən ibarət sistemdir.

Qeyri-polyar dielektrik – atomunda normalda elektronların orbiti simmetrik olan, yəni müsbət və mənfi yüklərin mərkəzləri üst-üstə düşən dielektrikdir (a). Belə dielektrik xarici elektrik sahəsinə gətirildikdə bu simmetriklilik pozulur: elektronların sahəni yaranan müsbət qütbə doğru bir qədər sürüşməsi nəticəsində atom daxilində müsbət və mənfi yüklərin mərkəzləri bir qədər ayrılır və atom dipol kimi “davranır”. Beləliklə, qeyri-polyar dielektrik də xarici sahədə qismən polyarlaşır və bu dipolların yaratdığı daxili sahə xarici sahəni zəiflədir (b).



Qeyri-polyar dielektrik

Donor aşqar – qatılan aşqar atomunun valent elektronlarının sayı yarımkəçiricinin atomunun valent elektronlarının sayından çox olarsa, o, donor aşqar (“donor” latın sözü olub “verirəm” deməkdir) adlanır.

Donor yarımkəçiricilərdə keçiricilik – əsasən, elektronlar vasitəsilə olan yarımkəçiricidir. Donor keçirici *n-tip* keçirici də adlanır.

Elektrik cərəyanının gücü – cərəyan şiddəti ilə gərginliyin hasilinə bərabərdir:

$$P = IU.$$

Elektrik mühərriki – elektrik enerjisini mexaniki enerjiyə çevirən qurğudur. Onun iş prinsipi maqnit sahəsində yerləşdirilmiş cərəyanlı çərçivənin amper qüvvəsinin təsiri ilə fırlanma hadisəsinə əsaslanır.

Elektromaqnit – daxilində dəmir içlik olan sarğacdır. Sarğacın dolaqlarından cərəyan keçirdikdə o, maqnit sahəsi yaradır və dəmir içlik maqnit xassəsi kəsb edir, cərəyan kəsildikdə isə maqnit sahəsi itir və içlik maqnitətsizləşir.

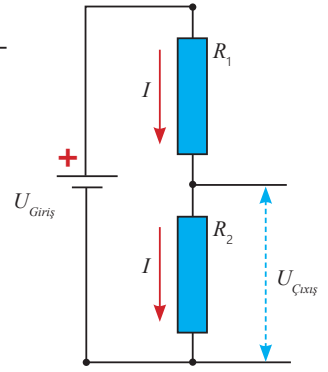
Elektromaqnit induksiyası hadisəsi – qapalı keçirici konturda maqnit sahəsinin dəyişməsi ilə elektrik cərəyanının yaranması elektromaqnit induksiyası hadisəsi, yaranan cərəyan isə induksiya cərəyanı adlanır.

Elektron keçiricilik – yarımkəçiricidə sərbəst elektronların hərəkəti ilə yaranan elektrik keçiriciliyidir.

Elementar cərəyanlar – atomdakı elektronların öz orbitləri boyunca hərəkətləri nəticəsində yaranır.

Gərginlik paylayıcı (və ya bölücü) dövrəsi – yüksək gərginlikdən aşağı gərginlik əldə etməyə imkan verən sadə bir dövrədir. Bu dövrə ardıcıl birləşdirilən iki rezistor arasında gərginliyin paylanma effektindən istifadə edərək mənbəyin giriş gərginliyinin ($U_{Giriş}$) sabit payının çıxış dövrəsinə ($U_{Çıxış}$) ötürülməsini təmin edir:

$$U_{Çıxış} = \frac{U_{Giriş}}{R_1 + R_2} \cdot R_2.$$



Gərginlik paylayıcı dövrəsi

Ən sadə gərginlik paylayıcı dövrəsinin sxemi giriş gərginlik mənbəyi və iki rezistordan ibarətdir:

İonlaşdırıcı – qazın neytral atom və molekullarını ionlaşdıran xarici təsirlər ionlaşdırıcı adlanır.

Keçiricilər – elektrik yükünü keçirən maddələr keçiricilər, yaxud naqillər adlanır.

Kompas – Yer in maqnit sahəsinin təsiri ilə istiqamətlənən və əsasən, şimal-cənub istiqamətini göstərən cihazdır.

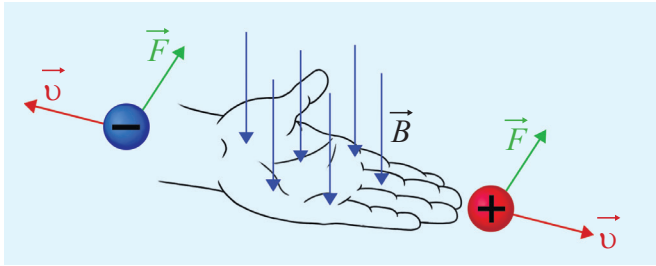
Qaz boşalması – elektrik sahəsinin təsiri altında qazdakı elektronların, müsbət və mənfi ionların nizamlı hərəkətidir. Qaz boşalmasının iki növü var: müstəqil və qeyri-müstəqil qaz boşalması.

Müstəqil qaz boşalması – xarici təsir olmadan qazın elektrik cərəyanını keçirməsi hadisəsidir.

Qeyri-müstəqil qaz boşalması – ionlaşdırıcının təsiri altında baş verən qaz boşalmasıdır.

Lens qaydası – induksiya cərəyanı elə istiqamətə yönəlir ki, onun yaratdığı maqnit sahəsi bu cərəyanı yaradan xarici maqnit sahəsinin ixtiyari dəyişməsinə əks-təsir göstərir.

Lorens qüvvəsi üçün sol əl qaydası – sol əli maqnit sahəsində elə tutmaq lazımdır ki, maqnit induksiya vektoru ovuca perpendikulyar daxil olsun və açılan dörd barmaq müsbət yükün hərəkəti istiqamətində (mənfi yükün hərəkətinin əksinə) yönəlsin. Bu zaman 90° bucaq altında açılmış baş barmaq yükə təsir edən lorens qüvvəsinin istiqamətini göstərəcək.



Sol əl qaydası

Lorens qüvvəsinin modulu – $F_L = q_0 B v \sin \alpha$. Burada v – maqnit sahəsində nizamlı hərəkət edən yüklü zərrəciyin sürəti, α – maqnit sahəsinin induksiya vektoru \vec{B} ilə yüklü zərrəciyin sürət vektoru \vec{v} arasındakı bucaqdır.

Maqnit qüvvə xətləri – maqnit sahəsinin istiqamətini göstərən xəyali xətlərdir.

Maqnit sahəsi – hərəkətdə olan elektrik yüklərinin yaratdığı maddə növüdür.

Maqnit sahəsinin induksiya – maqnit sahəsinin qüvvə xarakteristikası şərti olaraq maqnit sahəsinin

induksiyası (və ya qısaca "maqnit induksiya") qəbul edilmişdir.

Maqnit sahəsinin induksiya (B) maqnit sahəsinin gücünü və istiqamətini xarakterizə edən fiziki kəmiyyətdir. BS sistemində vahidi tesla (T)-dir.

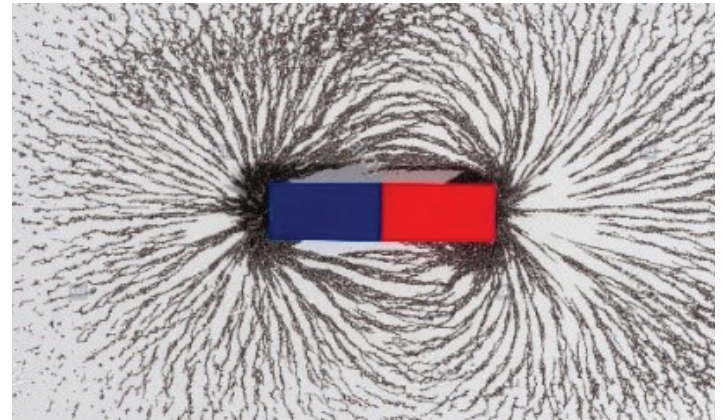
Maqnit sahəsinin induksiya modulu – amper qüvvəsinin modulunun (F_{max}) naqıldəki cərəyan şiddəti (I) ilə onun l uzunluğu hasilinə olan nisbətində bərabərdir:

$$B = \frac{F_{max}}{Il}$$

Maqnitofər – Yer kürəsinin maqnit sahəsi onun maqnitofəri adlanır.

Maqnit qasırğası – Günəşdə baş verən partlayışlar nəticəsində yüksək enerjili yüklü zərrəcik axınlarının Yer maqnitofəri ilə qarşılıqlı təsiri nəticəsində Yer maqnit sahəsində yaranan güclü və müvəqqəti dəyişiklikdir.

Maqnit spektri – maqnit sahəsinin quruluşunun dəmir tozu və ya oxşar üsullarla görünən şəkildə göstərilməsidir.



Maqnit spektri

Naqilin müqaviməti – naqilin materialından (xüsusi müqavimət ρ), uzunluğundan (l) və en kəsiyinin sahəsindən (S) asılıdır: $R = \rho \frac{l}{S}$. Burada R – naqilin müqaviməti, l – naqilin uzunluğu, S – naqilin en kəsik sahəsi, ρ – naqilin xüsusi müqavimətidir. Xüsusi müqavimət naqilin hazırlandığı maddədən asılı olan fiziki kəmiyyətdir.

Xüsusi müqavimət – ədədi qiymətcə uzunluğu 1 m, en kəsiyinin sahəsi 1 m² olan naqilin müqavimətidir. Xüsusi müqavimətin BS-də vahidi om metrdir (1 Om · m):

$$[\rho] = \frac{[R] \cdot [S]}{[l]} = \frac{1 \text{ Om} \cdot 1 \text{ m}^2}{1 \text{ m}} = 1 \text{ Om} \cdot \text{m}.$$

Naqilin en kəşik sahəsi kiçik olduğundan o, bir çox hallarda mm² ilə ifadə olunur. Ona görə də xüsusi müqavimətin vahidini $[\rho] = 1 \frac{\text{Om} \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$ kimi də vermək olar.

Naqilin müqavimətinin temperaturdan asılılığı – kiçik temperatur intervalında metal naqillərin müqaviməti temperaturdan xətti asılı olur və bu asılılıq düsturla ifadə edilir:

$$R = R_0 (1 + \alpha t).$$

Burada R_0 – naqilin 0° temperaturundakı müqaviməti, R – naqilin müəyyən t temperaturundakı müqaviməti, α – müqavimətin temperatur əmsalidir.

Müqavimətin temperatur əmsalı ədədi qiymətcə naqili 1°C qızdırdıqda onun müqavimətinin nisbi dəyişməsinə bərabərdir: $\alpha = \frac{\Delta R}{R_0 t}$.

Plazma – qazın qismən və ya tamamilə ionlaşmış halı plazma adlanır.

Rezistor – elektrik dövrlərində istifadə olunan müqavimətlər *rezistor* (ing.: resistor) adlanır.

Rotor (lat. "roto" – fırladuram) – mühərrikin fırlanan hissəsi olub statorun içərisində yerləşdirilir. Rotor silindrik içlikli çərçivə formasında olan elektromaqnitdən ibarətdir. O, bəzən lövbər də adlanır.

Sarğac – izolyasiyalı naqilin silindrik (karton və plastmas) bobin üzərinə onlarca dəfə dolanması ilə əldə olunan qurğudur.

Sərbəst elektronlar – atomları tərk edərək sərbəst hala keçən elektronlara sərbəst elektronlar deyilir.

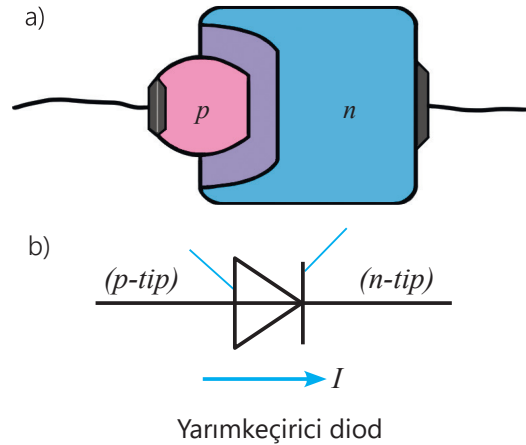
Stator (lat. "sto" – dayanıram) – elektrik mühərrikinin tərpənməz hissəsidir və gövdəyə bərkidilmiş sabit maqnitdən, yaxud dəmir içlikli sarğacdən (elektromaqnitdən) ibarətdir. Stator bəzən induktor da adlanır. Stator da güclü maqnit sahəsi yaradılır.

Şimşək – bir buludun bazası ilə Yer arasında, iki bulud arasında və ya bir bulud içində elektrik boşalarkən yaranan qırıq xətt formasındakı müvəqqəti işıqdır.

Van Allen qurşaqları – Yer maqnitofosferində yerləşən, yüksək enerjili yüklü zərrəciklərin toplandığı radiasiya zonalarıdır.

Yarımkəçirici – sərbəst yükdaşıyıcılarının sayı xarici təsirlərdən (temperatur, işıqlanma, tərkibinə aşqar daxil etmək və s.) asılı olan maddədir.

Yarımkəçirici diod – *p-tip* və *n-tip* kristalların birləşməsindən yaranan bir *p-n* keçidindən və elektrik dövrəsinə birləşdirmək üçün iki kontaktdan ibarət cihazdır.



BURAXILIŞ MƏLUMATI

Ümumi təhsil müəssisələrinin 9-cu sinifləri üçün
fizika fənni üzrə dərslik (2-ci hissə)

Tərtibçi heyət:

Müəlliflər Rasim Abdurazaqov
Dünyamalı Məmmədov
Əli Ağacanlı
Zamir Dadaşov

Dil redaktorları Əsgər Quliyev, Aida Quliyeva
Bədii redaktor Taleh Məlikov
Texniki redaktor Zeynal İsayev
Dizaynerlər Taleh Məlikov, Eldəniz Xocayev
Rəssam Fərid Quliyev
Korrektor Aqşin Məsimov

Rəyçi

Sevda Əsgərli – 96 №-li tam orta məktəbin fizika müəllimi, əməkdar müəllim

© Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyinin qrif nömrəsi:

Müəlliflik hüquqları qorunur. Xüsusi icazə olmadan bu nəşri və yaxud onun hər hansı bir hissəsini yenidən çap etdirmək, surətini çıxarmaq, elektron informasiya vasitələri ilə yaymaq qanuna ziddir.

ISBN 978-9952-550-10-8

Hesab-nəşriyyat həcmi: 12,8. Fiziki çap vərəqi: 14. Səhifə sayı: 112.
Kəsimdən sonra: 220 × 275. Kağız formatı: 57 × 90 ¹/₈. Şrift və ölçüsü: Corbel 12pt.
Ofset çapı. Sifariş____. Tiraj: . Pulsuz. Bakı – 2026

Əlyazmanın yığıma verildiyi və çapa imzalandığı tarix: 11.06.2026

Çap məhsulunu hazırlayan:
Azərbaycan Respublikasının Təhsil İnstitutu (Bakı ş., A.Cəlilov küçəsi 86).

Çap məhsulunu istehsal edən: