

Fizika

DƏRSLİK

11

LAYİHƏ





AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASININ DÖVLƏT HİMNİ

*Musiqisi Üzeyir Hacıbəylinin,
sözləri Əhməd Cavadındır.*

Azərbaycan! Azərbaycan!
Ey qəhrəman övladın şanlı Vətəni!
Səndən ötrü can verməyə cümlə hazırız!
Səndən ötrü qan tökməyə cümlə qadیرiz!
Üçrəngli bayrağınla məsud yaşa!
Minlərlə can qurban oldu!
Sinən hər bə meydan oldu!
Hüququndan keçən əsgər
Hərə bir qəhrəman oldu!

Sən olasan gülüstan,
Sənə hər an can qurban!
Sənə min bir məhəbbət
Sinəmdə tutmuş məkan!

Namusunu hifz etməyə,
Bayrağını yüksəltməyə
Cümlə gənclər müstəqdir!
Şanlı Vətən! Şanlı Vətən!
Azərbaycan! Azərbaycan!



HEYDƏR ƏLİYEV
AZƏRBAYCAN XALQININ ÜMUMMİLLİ LİDERİ

LAYIHƏ

Fizika

RASİM ABDURAZAQOV
RÖVŞƏN ƏLİYEV
QALİB ŞƏRİFOV

11

Ümumtəhsil məktəblərinin 11-ci sinfi üçün
Fizika fənni üzrə
DƏRSLİK

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

B

A

K

I



N

Ə

Ş

R

Bakı – 2018

Fizika 11

Mündəricat

I fəsil

• ELEKTROMAQNİT SAHƏSİ •

1.1. Elektrik yükü. Elektromaqnit sahəsi	10
1.2. Elektrostatik sahə. Elektrostatik sahənin intensivliyi	14
1.3. Bircins elektrik sahəsinin işi. Potensial. Gərginlik	18
1.4. Kondensator. Elektrik tutumu	23
1.5. Kondensatorların birləşdirilməsi.	27
1.6. Yüklü zərrəciyin maqnit sahəsində hərəkəti. Lorens qüvvəsi	31
1.7. Maqnit sahəsinin cərəyanlı naqilə təsiri. Amper qüvvəsi	34
1.8. Maqnit seli. Elektromaqnit induksiya hadisəsi	38
1.9. Elektromaqnit induksiya qanunu. Maqnit sahəsində hərəkət edən naqillərdə induksiya elektrik hərəkət qüvvəsi	42
1.10. Öz-özünə induksiya EQ. Maqnit sahəsinin enerjisi	46
• I fəslə aid məsələlər	50

II fəsil

• MÜXTƏLİF MÜHİTLƏRDƏ SABİT CƏRƏYAN QANUNLARI •

2.1. Metalların elektrik keçiriciliyinin elektron nəzəriyyəsinin elementləri	54
2.2. Dövrə hissəsi üçün Om qanunu. Müqavimət. İfrat keçiricilik	58
2.3. Elektrik hərəkət qüvvəsi. Tam dövrə üçün Om qanunu.	62
2.4. Vakuumda elektrik cərəyanı	66
2.5. Qazlarda elektrik cərəyanı	70
2.6. Elektrolit məhlullarında elektrik cərəyanı. Elektroliz qanunu	74
2.7. Yarımkəçiricilərdə elektrik cərəyanı	78
2.8. Yarımkəçirici diod. Tranzistor	82
2.9. Yarımkəçirici qurğular: onların elm, texnika və istehsalatda tətbiqi (təqdimat dərəcəsi)	86
• II fəslə aid məsələlər	87

● **ELEKTROMAQNİT RƏQSLƏRİ VƏ DALĞALARI** ●

3.1. Sərbəst elektromaqnit rəqsləri	92
3.2. Elektromaqnit rəqslərində enerji çevrilmələri (təqdimat dərsləri)	97
3.3. Məcburi elektromaqnit rəqsləri: dəyişən cərəyan	99
3.4. Rezistor, kondensator və sarğac qoşulmuş dəyişən cərəyan dövrləri	104
3.5. Aktiv, induktiv və tutum müqavimətlərinin ardıcıl birləşdirildiyi dəyişən cərəyan dövrəsi üçün Om qanunu	109
3.6. Elektrik enerjisinin ötürülməsi. Transformator	113
3.7. Elektromaqnit dalğaları	117
3.8. Elektromaqnit dalğasının enerjisi. Elektromaqnit dalğaları şkalası (təqdimat dərsləri)	122
3.9. Radiorabitənin prinsipləri	124
3.10. Işıq dalğa təbiəti. Işıq dispersiyası	128
3.11. Dalğaların interferensiyası. Işıq interferensiyası	132
3.12. Dalğaların difraksiyası. Işıq difraksiyası	136
3.13. Işıqın polyarlaşması	140
● III fəslə aid məsələlər	144

● **ATOM FİZİKASI** ●

4.1. Elektromaqnit şüalanmasının kvant təbiəti. Foton	148
4.2. Fotoeffekt. Fotoeffekt nəzəriyyəsi	152
4.3. Kompton effekti və de Broyl dalğaları (təqdimat dərsləri)	157
4.4. Atomun quruluşu haqqında Borun kvant postulatları. Atomun enerji səviyyələri	159
4.5. Şüalanmanın növləri və onların tətbiqləri (təqdimat dərsləri)	163
4.6. Atom nüvəsi. Atom nüvəsinin quruluşu	167
4.7. Nüvənin rabitə enerjisi	171
4.8. Radioaktivlik. Nüvələrin radioaktiv çevrilməsi	174
4.9. Radioaktiv çevrilmə qanunu	178
4.10. Nüvə reaksiyası	181
4.11. Uran nüvəsinin bölünməsi. Zəncirvari nüvə reaksiyası	184
4.12. İstilik nüvə reaksiyası	189
4.13. Elementar zərrəciklər və onların qeydə alınma üsulları	192
4.14. Fizika və müasir həyat (təqdimat dərsləri).	197
● IV fəslə aid məsələlər	201
● Fəsillərə aid məsələlərin cavabları	204

Təkmilləşdirmə (Elaborate) və dəyərləndirmə (Evaluate): yaradıcı tətbiqetmə . Məsələ həlli və və ya praktik təcrübə – araşdırma. Mövzuda öyrənilənləri möhkəmləndirmək üçün verilən tapşırıqlar.

Həyatla əlaqələndirin. Mövzuda öyrənilənləri gündəlik həyatda rastlaşa biləcək-ləri hadisələrin elmi əsaslarını izah etmək və onlara münasibət bildirmək məqsədilə verilən nəzəri və praktik tapşırıqlar.

Özünü qiymətləndirin: şagird burada verilən cədvəldəki suallara iş vərəqində cavab yazır. Sonra bu cavablar dərsləkdəki mətnlə yoxlanılır və cavabının doğruluq dərəcəsinə görə "zəif", "orta" və ya "yaxşı" xanalarının birində "+" işarəsi qoyur. Əgər cədvəldə məsələ verilibsə, o həll edilir, cavab yazılır. Sonra həll prosesindəki düsturlar dərstdə öyrənilən düsturlarla müqayisə olunur və verilən cavabla yoxlanılır. Sonda həmin məsələ də üç dərəcə-dən biri ilə qiymətləndirilir

Genişləndirmə (Extend): nə öyrəndiniz? Mövzuda əldə olunan yeni məlumat-ları ümumiləşdirməyə və genişləndirməyə xidmət edir. Dərstdə öyrənilən yeni an-layışlardan istifadə etməklə mövzunun xü-lasəsi – esse yazmaq, təriflərini vermək, düsturları yazmaq və onların qısa izahının verilməsi nəzərdə tutulur.

TƏTBİQETMƏ
ARAŞDIRMA
2

Qapalı konturda dəyişən cərəyanın alınmasını izah edin
Məsələ. Bircins maqnit sahəsində fırlanan konturda dəyişən induksiya cərəyanının alın-masını verilən sxemə əsasən izah edin (hax: *sxem d*).

Notasiyanın müzakirəsi:

- Bircins maqnit sahəsində fırlanan konturun hansı halında onda yaranan induksiya cərəyanı maksimal qiymətə malik olar? Niyə?
- Kontur 2 və 4 vəziyyətində olduqda onun C və D tərəfindən keçən induksiya cərəyanı istiqaməti haqqında nə deyə bilərsiniz?

HƏYATLA ƏLAQƏLƏNDİRİM

Şəkilə sabit cərəyan generatorunun sadələşdiril-miş sxemi təsvir edilmişdir (g). Onu dəyişən cərə-yan generatorunun sadələşdirilmiş sxemi (hax: *c* və ya *d*) ilə müqayisə edin.

- Bu generatorların quruluşları arasında fərq nədi-dir?
- Nəyə olursun ki, generatorların birində sabit, digə-rində dəyişən cərəyan alınur?

№	Suallar	bilirəm		
		Zəif	Orta	Yaxşı
1	Rəqs konturunda sönməyən elektromaqnit rəqslərinin alınması nəyə təmin olunur?			
2	Dəyişən cərəyan generatorunun işini hansı təcrübə ilə modeləşdirmək olar?			
3	EHQ-nın zamanla görə dəyişməsi $\epsilon = 120\pi \sin 80\pi t$ qanunu ilə verilibdir. EHQ-nın rəqslərinin amplitudunu, period və tezliyini təyin edin.			
4	Verilən qrafika görə: a) gərginliyin rəqslərinin amplitud qiymətini təyin edin; b) bu rəqslərin period və tezliyini təyin edin; c) gərginliyin zamanından asılılığ tənzimləni yazın.			
5	İşləndirmə dövrəsində cərəyan şiddəti 10 A-dır. Bu zaman onun amplitud qiyməti nəyə bərabərdir?			

NƏ ÖYRƏNDİNİZ?
 İş vərəqində "Dəyişən cərəyan"ın anlayış xəritəsini qurun.

Layihə. "Cərəyanların müharibəsi". Elektron resurslarından istifadə etməklə ABŞ ixtiraçları Tomas Edisonun "sabit cərəyanın istehsalı və istismarı sistemi" və Nikola Tesla'nın "dəyişən cərəyanın istehsalı və istismarı sistemi" adlı kəşfləri arasında 100 ildən çox davam edən rəqabət haqqında referat hazırlayın.

Layihə . Evdə yerinə yetirilməsi nəzərdə tutulur. Bu layihələr nəzəri və ya eksperimental xarakter daşı-yır, onu yerinə yetirmək üçün müxtəlif mənbə-lərdən istifadə edilə bilər.

Radioaktiv nüvənin β -qeyrilməsinin (5) və (6) reaksiyalarındakı ν və $\bar{\nu}$ sinvolları nəyi bildirir?

1934-cü ildə İtaliya əsilli ADS fiziki Enriko Fermi (1901-1954) β -qeyrilməsinin kvant nəzəriyyəsini işlədi. Bu nəzəriyyə görə nüvənin β - qeyrilməsində – nüvə daxilində bir neytronun protona çevrilmə prosesi baş verir. Həmin proses elektrik yükünün və enerjinin saxlanması qanununa görə iki zərrəciyin – elektron və yülə oduqla birlikdə əldə, asfərə ha-rakar olan zərrəciklərin buraxılması ilə müşayiət olunur. Fermi həmin zərrəciklərin (fital, neytrino – neytral) adını verdi.

$$n \rightarrow p + e + \bar{\nu}$$

Avustrolo elmiçi nüvənin β^+ qeyrilməsində – nüvə daxilində bir protonun neytrala çevrilmə prosesi baş verir və pozitronla yanaşı, yülə adadı ilə kütlə əldə, asfərə hərəyə cə-antineytrinin buraxılması ilə müşayiət olunur.

$$p \rightarrow n + e^+ + \nu$$

• ν sinvolları – cəh böyük tezlikli (10^{11} Hz) zərrəciklərdir. Onlar kiçik kütləyə malikdir – qal-may.

Dərinləşdirmə. Mövzuya uyğun dərinləşdirilmiş (riyazi aparatı genişləndirilmiş) materiallar əks olunur.

əyin edin:

atom kütlə ədədləri,

$^{142}_{56}Ba$ və

in xüsusi

IV fəslə aid məsələlər

Məsələlərin cavabları – səh. 204–207

Fəslə aid məsələlər. Bölmənin so-nunda öyrəndiklərinizin tətbiqinə dair sual və tapşırıqlar verilir.

• ELEKTROMAQNİT SAHƏSİ



- Güclü elektromaqnit sahəsi insan orqanizminə mənfi təsir göstərir – mərkəzi əsəb sistemi zədələnir, beyin xərcəngi yaranır, qanda he-moqlobinin miqdarı azalır, yaddaş pozğunluğu və diqqətsizlik artır.

- **Elektromaqnit sahəsi nədir?**
- **O necə müəyyən edilə bilər?**
- **Ətrafımızda güclü elektromaqnit sahəsi yaradan mənbələr hansılardır? Onların təsirindən necə qorunmaq olar?**
- **Elektromaqnit sahəsinin insan orqanizminə hansı faydalı təsirlərini bilirsiniz?**

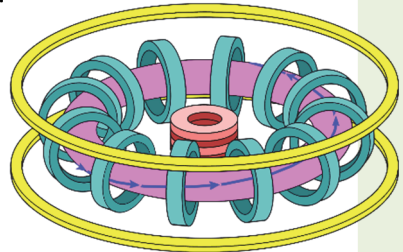
- 2004-cü il yanvarın 1-dən Şanxay (Çin) Beynəlxalq Hava Limanını metro stansiyası ilə birləşdirən maqnit yastıqlardan ibarət dəmir yolu xətti istifadəyə verildi.

Qatarlar “Şanxay MaqLev” adlanan 30 km uzunluqlu bu xətt üzrə $431 \frac{\text{km}}{\text{saat}}$ sürətlə hərəkət edərək məsafəni cəmi 7,5 dəqiqəyə başa vurur.

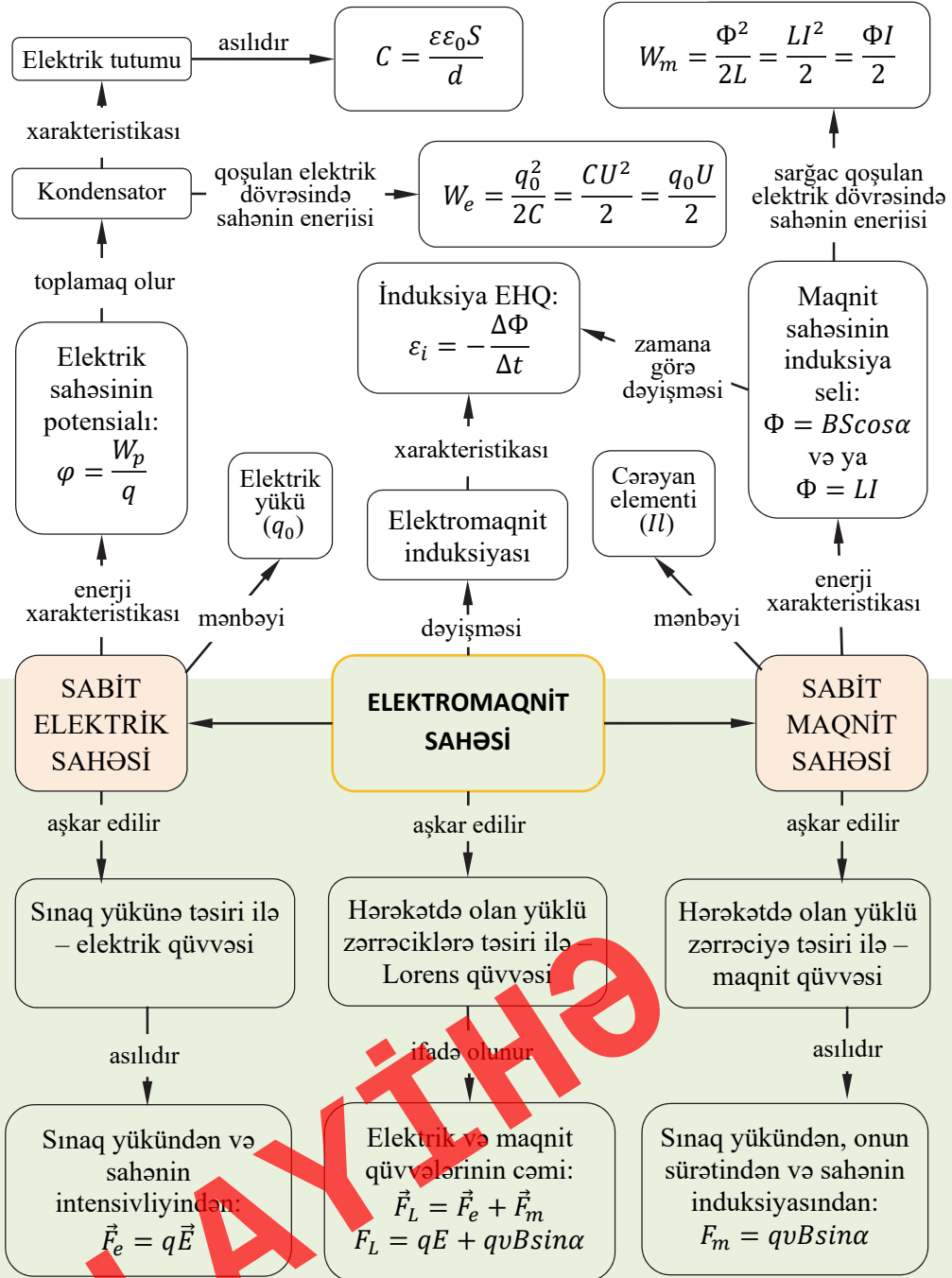
- **“MaqLev”in tikintisi çox baha (hər 1 km uzunluq ≈ 43 milyon ABŞ dollarına başa gəlmişdir) və çox mürəkkəb sistemdən ibarət olmasına baxmayaraq onun iş prinsipi çox sadə fiziki hadisəyə əsaslanır. O hansı hadisədir?**

- Alimlər milyonlarla dərəcə temperaturada malik plazmanı saxlamağa bilən qeyri-adi “qazan” hazırlamaqla Yerdə süni Günəş almağa çalışırlar. TOKAMAK adlanan bu “qazan”ın qeyri-adiliyi ondadır ki, qaynar plazma onun divarlarına toxunmur.

- **Buna necə nail olunur?**



Fəslin "Anlayışlar xəritəsi"



1.1. ELEKTRİK YÜKÜ. ELEKTROMAQNİT SAHƏSİ

• KEÇDİKLƏRİNİZİ XATIRLAYIN •

Fizika – 6, 8 və 9

Cisimləri bir-birinə sürtdükə onların səthlərində **elektrik yükləri** yaranır. Bu halda deyilir ki, cisimlər **elektriklənir** – ona **elektrik yükü** verilmişdir və ya o, **elektrik yükü** itirmişdir.

- Elektriklənmiş cisimlər arasında elektrik qarşılıqlı təsiri onların yüklərinin işarəsindən asılı olaraq ya itələmə, ya da cazibə xarakterli olur:
 - eyni növ elektrik yükünə malik cisimlər bir-birini itələyir;
 - müxtəlif növ elektrik yükləri ilə elektriklənən cisimlər bir-birini cəzb edir.
- Təbiətdə iki növ elektrik yükü mövcuddur: müsbət elektrik yükü (+) və mənfi elektrik yükü (–). Eyni işarəli elektrik yükləri bir-birini itələyir, müxtəlif işarəli elektrik yükləri isə bir-birini cəzb edir. Artıq elektrik yükü olmayan cisimlər elektroneytral (elektrik cəhətdən neytral) və ya yüksüz cisim adlanır.
- Elektrik yükü **q** hərfi ilə işarə edilir. Onun BS-də vahidi fransız fiziki Şarl Kulonun şərəfinə kulon (Kl) qəbul edilmişdir: $[q]=1\text{Kl}$.
- Elektrostatik sahə – sükunətdə olan elektrik yüklərinin yaratdığı materiya növüdür.
- Elektrik sahəsinin intensivliyi bu sahənin qüvvə xarakteristikasıdır. Elektrik sahəsinin intensivliyi vektorial kəmiyyət olub bu sahədəki müsbət yükə təsir edən elektrik qüvvəsinin istiqamətində yönəlir.

Maqnit xassəsini uzun müddət özündə saxlayan maddələr **sabit maqnitlər** və ya sadəcə, **maqnitlər** adlanır. Hər bir maqnitin iki qütbü olur: şimal (N) və cənub (S). Maqnitlərin müxtəlifadlı qütbləri bir-birini cəzb edir, eyniadlı qütbləri isə bir-birini itələyir.
- Maqnit sahəsi – hərəkətdə olan elektrik yüklərinin yaratdığı materiya növüdür.
- Maqnit sahəsinin induksiya (və ya maqnit induksiya) bu sahənin qüvvə xarakteristikasıdır. Maqnit induksiya vektorunun istiqaməti – bu sahənin verilmiş nöqtəsində yerləşən maqnit əqrəbinin şimal qütbünün yönəldiyi istiqamətdədir.

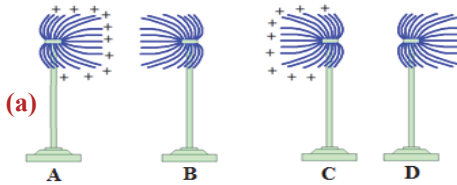
- Müəyyən edilmişdir ki, arı uçarkən müsbət yüklə elektriklənir. Çiçəklər isə mənfi elektrik yükünə malikdir. Ona görə də arı çiçəyə qonduqda onun tozcuqları arının bədənində yapışır. Ən maraqlısı odur ki, arının çiçəklə təmasından sonra bitkinin elektromaqnit sahəsi dəyişir. Belə dəyişmə havada olan digər arılara sanki “Bu çiçəkdə daha tozcuq yoxdur!” işarəsini verir.

- Niyə havada uçan arı müsbət yüklə elektriklənir?
- Çiçəklərin mənfi yüklə elektriklənməsinin səbəbini nə ilə izah etmək olar?
- Arının çiçəklə təmasından sonra bitkinin elektromaqnit sahəsi niyə dəyişir?



Elektriklənmiş cisimlər arasında qarşılıqlı təsiri məsafədən ötürən nədir?

- **Məsələ 1.** Elektrik “sultanı” plastmas dayaq üzərinə bərkidilmiş qalın metal diskdən ibarətdir. Diskin hər tərəfinə nazik kağız zolaqlar yapışdırılmışdır. Şəkilə elektriklənmiş sultanlardan A və B, C və D cütləri təsvir edilmişdir. Məlumdur ki, A və C sultanları müsbət yüklə elektriklənmişdir (**a**).
- Sultanların yeri bir-birinə nəzərən dəyişdirilsə, onlardan hansılar bir-birini cəzb edər?



Nəticənin müzakirəsi:

- B və D elektrik sultanları hansı yüklə elektriklənmişdir?
- Hansı elektrik sultanları yaxınlaşdırılarsa, onlar bir-birini:
 - a) cəzb edər;
 - b) itələyər?
 Cavabınızı əsaslandırın.
- Elektriklənmiş cisimlər arasında qarşılıqlı təsiri məsafədən ötürən nədir?

Elektrik yükü.

• *Elektrik yükü – zərrəciklərin və ya cisimlərin ətraflarında elektromaqnit sahəsi yaratma xassəsidir. Elektrik yükü bu xassənin kəmiyyət ölçüsü olaraq da qəbul edilir.*

Elektrik yüklü zərrəciklər arasındakı qarşılıqlı təsir elektromaqnit qarşılıqlı təsir adlanır. Məsələn, proton müsbət, elektron mənfi yüklü zərrəcikdir dedikdə onlar arasında elektromaqnit qarşılıqlı təsirinin mövcud olduğunu əminliklə söyləmək olar. Lakin yüksüz (elektroneytral) zərrəciklər arasında elektromaqnit qarşılıqlı təsirləri mövcud olmur. Ona görə də deyilir ki:

Elektrik yükü elektromaqnit qarşılıqlı təsirinin intensivliyini müəyyən edir.

Elektrik yükü aşağıdakı xüsusiyyətlərə malikdir:

1. *Elektrik yükü diskretdir (kəsilməz deyil, bölünəndir) – cismin elektrik yükü elementar yükün tam misillərinə bərabərdir:*

$$q = \pm Ne$$

Burada N cismin aldığı və ya verdiyi elektronların sayıdır.

*Təbiətdə ən kiçik elektrik yükünün mütləq qiyməti **elementar yük** adlanır.*

*Elementar yük **e** hərfi ilə işarə edilir və ədədi qiymətcə elektronun və ya protonun yükünün mütləq qiymətinə bərabərdir:*

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Kl.}$$

Təbiətdə elektron və protonlardan başqa, bir neçə növ elementar zərrəciklər də mövcuddur. Lakin yalnız elektronlar və protonlar sərbəst halda sonsuz müddət mövcud ola bilər. Digər yüklü elementar zərrəciklər isə çox az – saniyənin milyonda bir hissəsi qədər yaşaya bilər. Onlar sürətli zərrəciklərin toqquşması nəticəsində yaranır və dərhal da digər zərrəciklərə çevrilir.

Elektrik yükü diskret olduğundan o, keçirici səthdə müntəzəm paylana bilir. Fərz edək ki, elektrik yükü S sahəli səthdə müntəzəm paylanmışdır.

• *Ədədi qiymətcə səthin vahid sahəsinə düşən elektrik yükünə bərabər olan kəmiyyət elektrik yükünün səth sıxlığı (σ) adlanır:*

$$\sigma = \frac{q}{S} = \pm \frac{Ne}{S}. \quad (1)$$

Elektrik yükünün səth sıxlığının BS-də vahidi: $\sigma = 1 \frac{Kl}{m^2}$ -dir.

2. *Elektrik yükü üçün saxlanma qanunu ödənilir – qapalı sistemdəki zərrəciklərin (və ya cisimlərin) elektrik yüklərinin cəbri cəmi sabit qalır:*

$$q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n = const. \quad (2)$$

3. *Elektrik yükü additiv kəmiyyətdir – sistemin elektrik yükü həmin sistemdəki zərrəciklərin (və ya cisimlərin) elektrik yüklərinin cəbri cəminə bərabərdir.*

4. *Elektrik yükü invariant kəmiyyətdir – zərrəciyin elektrik yükü bütün ətalət hesablamada sistemlərində eynidir.*

Elektromaqnit sahəsi.

Elektrik yüklərinin hərəkəti və qarşılıqlı təsirləri ilə təzahür edən elektrik və maqnit hadisələrinin öyrənilməsi ilə fizikanın *elektrodinamika* bölməsi məşğul olur.

• *Elektrodinamika – fizikanın elektrik yükləri arasında qarşılıqlı təsir yaradan elektromaqnit sahəsinin qanunauyğunluqlarını öyrənən bölməsidir.*

• *Elektromaqnit sahəsi – elektrik yüklü zərrəciklər və cisimlər arasında qarşılıqlı təsiri ötürən materiya növüdür.*

Elektromaqnit sahəsinin xüsusi təzahür formaları elektrik və maqnit sahələridir. Ona görə də elektromaqnit sahəsinin fəzanın ixtiyari nöqtəsində və istənilən andakı halı iki kəmiyyətlə xarakterizə olunur – elektrik sahəsinin intensivliyi ($\vec{E}$) və maqnit sahəsinin induksiya ($\vec{B}$) ilə. Bu kəmiyyətlər elektromaqnit sahəsinin qüvvə xarakteristikaları olub sahənin yüklü zərrəciklərə təsir göstərdiyi qüvvələri müəyyən edir. “Elektromaqnit sahəsinin qüvvə xarakteristikalarını təyin etmək” dedikdə sahəyə gətirilən sınaq yükünə (elektrik yükünün miqdarı çox az olan müsbət nöqtəvi yükə) təsir edən qüvvələrin müəyyənləşdirilməsi nəzərdə tutulur.

Qeyd edək ki, elektrik yükünün sükunətdə və ya hərəkətdə olmasından asılı olaraq ona elektromaqnit sahəsinin təsiri də müxtəlif olur.

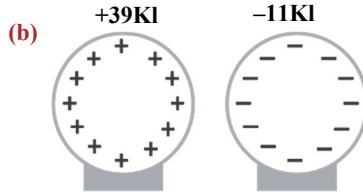
• *Elektromaqnit sahəsinin verilən hesablamada sistemində sükunətdə olan elektrik yükünə təsir etdiyi qüvvə elektrik qüvvəsi adlanır. Elektrik qüvvəsi həmişə sahənin verilmiş nöqtəsində yerləşən elektrik yükünün miqdarı ilə düz mütənasibdir: $F_e \sim q$.*

• *Elektromaqnit sahəsi verilən hesablamada sistemində hərəkət edən elektrik yükünə elektrik qüvvəsindən əlavə, maqnit qüvvəsi adlanan qüvvə ilə də təsir edir. Maqnit qüvvəsi həm sahədə hərəkət edən yükün miqdarından, həm də onun sürətinin maqnit induksiyaasına perpendikulyar olan proyeksiyasından düz mütənasib asılıdır: $F_m \sim qv_{\perp}$.*

Ona görə də elektromaqnit sahəsində yüklü zərrəciyə təsir edən ümumi qüvvə elektrik və maqnit qüvvələrinin cəminə bərabərdir. Bu qüvvə **ümumiləşmiş Lorens qüvvəsi** adlanır: $\vec{F}_L = \vec{F}_e + \vec{F}_m$; burada: $F_L = qE + qvB\sin\alpha$.

Elektrik yükləri necə paylanır?

- **Məsələ 2.** Rezin dayağı olan iki eyni metal kürənin elektrik yükü uyğun olaraq $q_1 = +39Kl$ və $q_2 = -11Kl$ -dir **(b)**. Kürələri bir-birinə toxundurub uzaqlaşdırdıqda onların hər birində nə qədər elektrik yükü qalar?

**Nəticənin müzakirəsi:**

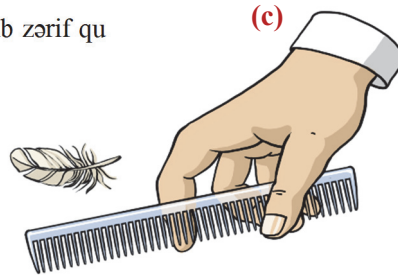
- Elektriklənmiş metal kürələri bir-birinə toxundurduqda nə baş verər?
- Kürələri bir-birindən uzaqlaşdırdıqda hansı fiziki hadisə baş verər? Bu zaman hər bir kürədə nə qədər yük qalar?

HƏYATLA ƏLAQƏLƏNDİRİN

- a. Darağı saçınıza sürtməklə elektrikləndirib zərif qu tükünə toxundurun...

- Bu zaman nə baş verər, niyə?

- b. Qu tükünü daraqdan çıxaraq qoparın və o, havada olduğu zaman darağı altıda elə məsafədə yerləşdirin ki, tük havada eyni hündürlükdə süzsün **(c)**...



- Niyə tük yerə düşmür, onu havada süzməyə məcbur edən nədir?

Cavabınızı əsaslandırın.

ÖZÜNÜZÜ QIYMƏTLƏNDİRİN

№	Suallar	Bilirəm		
		zəif	orta	yaxşı
1	“Elektrik yükü diskretdir” müddəasını necə izah edə bilərsiniz?			
2	Cisimlərin sürtünmə ilə elektriklənməsi elektrik yükünün hansı xüsusiyyətindən irəli gəlir?			
3	Elektriklənmiş cisimlər arasındakı qarşılıqlı təsiri məsafədən ötürən nədir?			
4	Hansı təcrübə ilə iki növ elektrik yükünün mövcud olduğunu sübut edə bilərsiniz?			

- **NƏ ÖYRƏNDİNİZ?** “Elektrik yükü” və “elektromaqnit sahəsi” anlayışlarının xəritəsini qurun.

1.2. ELEKTROSTATİK SAHƏ. ELEKTROSTATİK SAHƏNİN İNTENSİVLİYİ

• KEÇDİKLƏRİNİZİ XATIRLAYIN •

Fizika – 8

- Sükunətdə olan elektrik yüklərinin yaratdığı sahə **elektrostatik sahə** adlanır.

- Elektrik sahəsinin intensivliyi – elektrik sahəsində sınaq yükünə təsir edən elektrik qüvvəsinin bu yükün miqdarına olan nisbəti ilə ölçülən fiziki kəmiyyətdir: $\vec{E} = \frac{\vec{F}_e}{q}$.

Elektrik sahəsinin intensivliyinin BS-də vahidi: $[E] = \frac{[F]}{[q]} = 1 \frac{N}{Kl} = 1 \frac{V}{m}$ -dir.

- Elektrik qüvvəsi elektrik sahəsinin intensivliyi ilə sınaq yükünün miqdarı hasilinə bərabərdir: $\vec{F}_e = q\vec{E}$.
- **Kulon qanunu:** sükunətdə olan iki nöqtəvi yükün vakuumdakı qarşılıqlı təsir qüvvəsi yüklərin modulları hasilinə və aralarındakı məsafənin kvadratı ilə tərs mütənəsbdir:

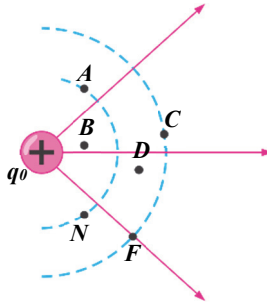
$$F = k \frac{|q_0||q|}{r^2}.$$

Kulon qüvvəsini intensivlik düsturunda nəzərə alaraq elektrik sahə intensivliyinin asılı olduğu kəmiyyətlər müəyyən olunur.

- Nöqtəvi yükün verilmiş nöqtədə yaratdığı elektrik sahəsinin intensivliyinin modulu yükün miqdarı ilə düz, yükdən olan məsafənin kvadratı ilə tərs mütənəsbdir:

$$E = k \frac{|q_0|}{r^2}.$$

- Şəkildə verilən hesablama sistemində nəzərə alınaraq sükunətdə olan müsbət q_0 yükünün yaratdığı sahə təsvir edilmişdir.



- Bu sahənin hansı nöqtəsində elektrik sahəsinin qüvvə xarakteristikasının ($\vec{E}$) modulu ən böyükdür; ən kiçikdir?

ARAŞDIRMA 1

- **Məsələ 1.** Aşağıdakı sualları araşdırın:

- Elektrik sahəsinə gətirilən sınaq yükünün miqdarını iki dəfə artırıqda sahənin intensivliyi necə dəyişər?
- Elektrik sahəsinin yaradan zərrəciyin elektrik yükünün miqdarını iki dəfə artırıqda sahənin intensivliyi necə dəyişər?

Nəticənin müzakirəsi:

- Elektrik sahəsinin intensivliyi nədən asılıdır?

Elektrostatik sahə. Elektrodinamikanın məsələlərindən biri verilən yüklü zərrəciyin yaratdığı elektromaqnit sahəsinin qüvvə xarakteristikasını təyin etməkdir.

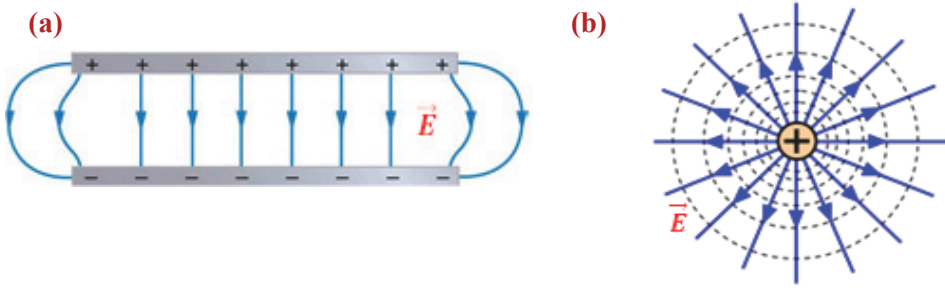
Elektromaqnit sahəsinin xüsusi hallarından biri sükunətdəki elektrik yükünün yaratdığı elektrik sahəsidir.

• *Elektrik sahəsi* – verilən hesablaşma sisteminə nəzərən $\vec{E} \neq 0, \vec{B} = 0$ olan elektromaqnit sahəsidir. Əgər elektrik sahəsinə verilən hesablaşma sisteminə nəzərən sükunətdə olan elektrik yükləri yaradırsa, belə sahə elektrostatik sahə adlanır. Bundan sonra sadəlik üçün *elektrik sahəsi* dedikdə *elektrostatik sahə* nəzərdə tutulacaq.

Elektrik sahəsi bircins və qeyri-bircins ola bilər.

• *Bircins elektrik sahəsi* – intensivliyi fəzanın bütün nöqtələrində qiymət və istiqamətcə eyni olan elektrik sahəsidir. Əks halda sahə qeyri-bircinsdir.

Məsələn, biri müsbət, digəri eyni miqdar mənfi yükə malik paralel müstəvi lövhələrarası fəzadakı elektrik sahəsi bircins (a), nöqtəvi yükün yaratdığı elektrik sahəsi isə qeyri-bircinsdir (b).



Nöqtəvi elektrik yükünün vakuumdə və mühitdə yaratdığı elektrik sahəsinin intensivliyi. Məlumdur ki, nöqtəvi q_0 yükünün vakuumdə yaratdığı elektrik sahəsinə q sınaq yükü gətirilsə, onlar arasında Kulon qarşılıqlı təsiri yaranacaq.

• *Vakuumdə sükunətdə olan iki nöqtəvi yükün qarşılıqlı təsir qüvvəsi yüklərin modulları hasililə düz, aralarındakı məsafənin kvadratı ilə tərs mütənəşib olub yükləri birləşdirən düz xətt boyunca yönəlir (c):*

$$F_0 = k \frac{|q_0||q|}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q_0||q|}{r^2}. \quad (1)$$

Burada k mütənəşiblik əmsəlidir, onun qiyməti:

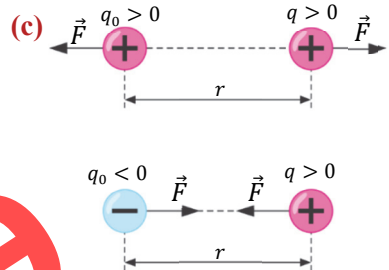
$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{Kl^2}.$$

Həmin sabit onu göstərir ki, hər birinin yükü $1Kl$, aralarındakı məsafə $1m$ olan iki nöqtəvi yük vakuumdə bir-birinə $9 \cdot 10^9 N$ qüvvə ilə təsir edir.

Burada ϵ_0 –elektrik sabitidir: $\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{Kl^2}{N \cdot m^2}$.

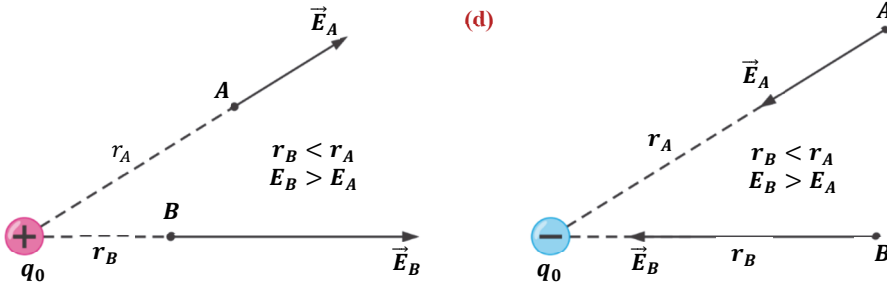
Beləliklə, Kulon qanununun riyazi ifadəsi əsasında vakuumdə q_0 yükünün yaratdığı elektrik sahəsinin mənbədən ixtiyari r məsafəsindəki nöqtədə intensivliyin modulunu təyin etmək olar:

$$E_0 = \frac{F}{|q|} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q_0|}{r^2}. \quad (2)$$



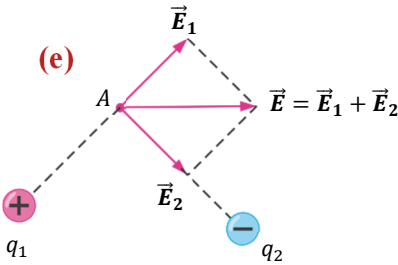
• Nöqtəvi elektrik yükünün vakuumdakı yaratdığı sahənin intensivliyi bu yükün miqdarından düz, mənbədən sahənin verilən nöqtəsinə qədərki məsafənin kvadratından tərs mütənasib asılıdır.

Əgər q_0 yükü müsbətdirsə, intensivlik vektoru sahənin istənilən nöqtəsində radial istiqamətində yükə doğru, mənfidirsə, həmin nöqtədən yükə doğru yönəlir (d).



Elektrik sahələri üçün *superpozisiya prinsipi* ödənilir.

• Fəzanın verilən nöqtəsində bir neçə elektrik yükünün yaratdığı sahənin yekun intensivliyi ayrı-ayrı yüklərin yaratdığı sahələrin intensivliklərinin həndəsi cəminə bərabərdir:



$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n.$$

Şəkilə iki nöqtəvi elektrik yükünün A nöqtəsində yaratdığı sahənin yekun intensivliyinin təyin olunması sxemi təsvir edilmişdir (e).

Mühitdə (bircins dielektrik daxilində) Kulon qüvvəsi vakuumdakına nisbətən ϵ dəfə azalır:

$$F = \frac{F_0}{\epsilon} = k \frac{|q_0||q|}{\epsilon r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \frac{|q_0||q|}{r^2}.$$

Burada ϵ mühitin dielektrik nüfuzluğu olub yüklər arasındakı məsafə sabit qalarkən vakuumdakı bircins dielektrik daxilində keçdikdə Kulon qüvvəsinin neçə dəfə azaldığını göstərən, vahidi adsız olan fiziki kəmiyyətdir: $\epsilon = \frac{F_0}{F}$.

Mühitdə elektrik sahəsinin intensivliyi vakuumdakına nisbətən ϵ dəfə azalır:

$$E = \frac{E_0}{\epsilon} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \frac{|q_0|}{r^2}.$$

Deməli, mühitin dielektrik nüfuzluğu həm də bircins dielektrik daxilində elektrik yükünün verilmiş nöqtədə yaratdığı sahənin intensivliyinin vakuumdakı həmin nöqtədə yaratdığı intensivlikdən neçə dəfə kiçik olduğunu göstərən kəmiyyətdir: $\epsilon = \frac{E_0}{E}$.

Müxtəlif maddələrin dielektrik nüfuzluğu bir-birindən kəskin fərqlənə bilər. Məsələn, vakuumdakı $\epsilon = 1$, distillə edilən suda isə $\epsilon = 81$ -dir.

Sahənin intensivliyinin istiqamətini təyin edin.

- **Məsələ 2.** İki nöqtəvi yükün N nöqtəsində yaratdığı sahənin yekun intensivliyinin istiqamətini təyin edin.



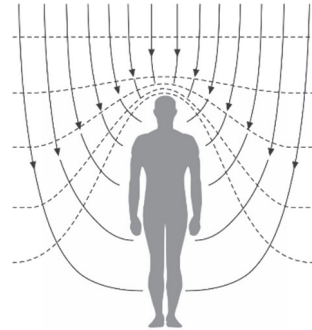
Nəticənin müzakirəsi:

- Hansı yükün sahənin N nöqtəsində intensivliyi daha böyükdür? Niyə?

HƏYATLA ƏLAQƏLƏNDİRİN

Gündəlik həyatımızda geyindiyimiz paltarlar və bədənimiz müxtəlif səbəblərdən (sürtünmə, toxunma və s.) daim statik yüklə elektriklənir. Nəticədə hər birimiz artmaqda olan elektromaqnit sahəsinin mənbəyinə çevrilirik. Bu isə orqanizmdə tədricən müxtəlif xəstəliklərin yaranmasına səbəb olur. Ona görə də müntəzəm olaraq bədənimizi elektrik yüklərindən azad etməliyik.

- **Bədənimizdə toplanan elektrik yüklərini hansı üsulla asanlıqla boşaltmaq olar?**



ÖZÜNÜZÜ QIYMƏTLƏNDİRİN

№	Suallar	Bilirəm		
		zəif	orta	yaxşı
1	$\vec{E} = \frac{\vec{F}_e}{q}$ düsturuna əsasən söyləmək olarmı ki, elektrik sahə intensivliyi elektrik qüvvəsindən düz, sınaq yükünün miqdarından tərs mütənasib asılıdır? Niyə?			
2	Vakuumda qarşılıqlı təsirdə olan yüklər arasında $\varepsilon = 8$ olan mühit yerləşdirilsə, bu yüklər arasında qarşılıqlı təsir necə dəyişər?			
3	Vakuumda elektrik sahəsinin müəyyən nöqtəsində $0,5 \text{ mkKl}$ yükünə $0,018 \text{ N}$ qüvvə təsir edir. Elektrik sahəsinin bu nöqtədəki intensivliyini təyin edin			
4	Elektrik sahəsinin təsir sərhədi nə qədərdir?			

- **NƏ ÖYRƏNDİNİZ?** Qeyd olunan anlayış və müddəaların təriflərini iş vərəqinə yazın: “elektrik sahəsi”, “elektrostatik sahə”, “Kulon qüvvəsi”, “nöqtəvi elektrik yükünün vakuumda yaratdığı sahənin intensivliyi”.

1.3. BİRCİNS ELEKTRİK SAHƏSİNİN İŞİ. POTENSİAL. GƏRGİNLİK

• KEÇDİKLƏRİNİZİ XATIRLAYIN •

Fizika – 8 və 10

Elektrik sahəsinin enerji xarakteristikası elektrik gərginliyi və ya sadəcə gərginlik adlanır.

- Vahid yükü elektrik sahəsinin iki nöqtəsi arasında hərəkət etdirmək üçün elektrik sahəsinin gördüyü iş sahənin bu iki nöqtəsi arasındakı *elektrik gərginliyi* və ya *gərginlik* adlanır:

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

Gərginlik sahənin enerji xarakteristikası olub *BS-də vahidi volt*dur: $[U] = 1 \frac{C}{Kl} = 1V$.

- *Mexaniki iş – cismə təsir edən qüvvənin modulu yerdəyişmənin modulu və bu qüvvə ilə yerdəyişmə vektorları arasında qalan bucağın kosinusu hasilinə bərabərdir:*

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

Yerin qravitasiya sahəsində ağırlıq qüvvəsinin gördüyü iş: $A = F_a \cdot h = mgh$.

- *Ağırlıq qüvvəsinin işi cismin hərəkət trayektoriyasının formasından asılı deyil, o, cismin kütlə mərkəzinin başlanğıc və son hündürlüklərinin fərqindən asılıdır.*

$$A = -(mgh_2 - mgh_1)$$

- *Gördüyü iş cismin hərəkət trayektoriyasından asılı olmayan qüvvələr konservativ qüvvələr adlanır. Deməli, ağırlıq qüvvəsi konservativ qüvvədir.*

Bu müddəa ağırlıq qüvvəsinin təsiri ilə qarşılıqlı təsirdə olan sistem üçün “potensial enerji” anlayışını çıxarmağa imkan verir. Belə ki, sonuncu düsturdakı mgh ifadəsi Yer səthindən h hündürlükdə yerləşən cisimlə Yerin qarşılıqlı təsirinin *potensial enerjisi*dir:

$$E_p = mgh.$$

- *Ağırlıq qüvvəsinin gördüyü iş əks işarə ilə cismin potensial enerjisinin dəyişməsinə bərabərdir:*

$$A = -(E_2 - E_1) = -\Delta E_p.$$

- Aparılan araşdırmalardan müəyyən edilmişdir ki, Yer kürəsi mənfi, onun atmosferinin ionosfer təbəqəsi isə müsbət yüklüdür. Onlar arasında olan atmosferin qalan təbəqələri izolyator rolunu oynayır

- **Yeri naqillə ionosferə birləşdirmək mümkün olsa idi, onlardakı elektrik yükləri necə hərəkət edərdi? Niyə?**



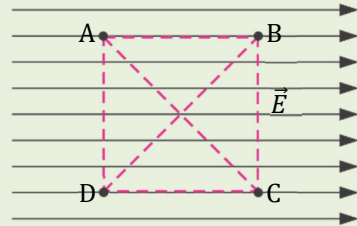
Elektrik sahəsinin gördüyü iş nədən asılı deyil?

- **Məsələ 1.** Şəkilə intensivliyinin modulu 50 N/Kl olan bircins elektrik sahəsi təsvir edilmişdir. A, B, C və D nöqtələri tərəfi 10 sm olan kvadratın təpə nöqtələridir. Nöqtəvi $+10 \text{ nKl}$ sınaq yükü bu sahədə hərəkət etdirilir. Elektrik sahəsinin yükün düz xətt boyunca aşağıdakı nöqtələr arasında yerdəyişməsi zamanı gördüyü işi təyin edin:

- 1) A-dan B-yə; 2) B-dən C-yə; 3) C-dən D-yə;
4) D-dən A-ya; 5) C-dən A-ya; 6) B-dən D-yə;
7) sınaq yükünün kvadratın bütün tərəfləri üzrə – *qapalı trayektoriya boyunca* yerdəyişməsi zamanı elektrik sahəsinin gördüyü iş nəyə bərabər olar?

Nəticənin müzakirəsi:

- Sınaq yükünün verilən nöqtələr arasında yerdəyişməsi zamanı elektrik sahəsinin gördüyü iş nəyə bərabərdir?
- Apardığımız hesablamalardan elektrik sahəsinin gördüyü iş haqqında hansı nəticəyə gəlmək olar?



Bircins elektrik sahəsinin işi. Müsbət q sınaq yükü bircins elektrik sahəsində sabit $\vec{F}_e = q\vec{E}$ qüvvəsinin təsiri ilə sahənin ixtiyari iki nöqtəsi arasında $\vec{s}$ yerdəyişməsi etdikdə *elektrik qüvvəsi iş görür (a)*:

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

Burada α – sahənin qüvvə xətti və yükün yerdəyişmə vektoru arasındakı bucaqdır. Yerdəyişmənin qüvvə xətti üzrə proyeksiyası $d = s \cdot \cos \alpha$ olduğundan sahənin gördüyü iş üçün alınır:

$$A = qEd. \quad (1)$$

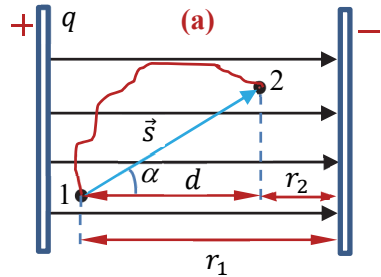
• *Müsbət q sınaq yükünün elektrik qüvvəsinin təsiri altında yerdəyişməsi zamanı bircins elektrik sahəsinin gördüyü iş bu yükün miqdarı, elektrik sahəsinin intensivliyinin modulu, qüvvə xətti istiqamətində yükün yerdəyişməsinin modulu hasilinə bərabərdir.*

(1) ifadəsini belə də yazmaq olar:

$$A = qE(r_1 - r_2). \quad (2)$$

Burada r_1 və r_2 – uyğun olaraq mənfi yüklü lövhədən 1 və 2 nöqtəsinə qədər olan məsafədir.

Elektrik sahəsinin işi sınaq yükünün miqdarından düz mütənəsis asılı olduğundan $\frac{A}{q}$ nisbəti də sınaq yükündən və onun hansı trayektoriya üzrə hərəkətindən asılı deyildir. Həmin nisbət yalnız sahədən və bu sahədə yükün başlanğıcda və sonda olduğu nöqtələrin seçilməsindən asılıdır. Ona görə də deyilir ki, *elektrik sahəsində sınaq yükünün sahənin bir nöqtəsindən digərinə hərəkəti zamanı elektrik qüvvəsinin gördüyü iş trayektoriyanın formasından asılı olmadığına görə elektrik qüvvəsi konservativ qüvvə, elektrik sahəsi isə konservativ – potensiallı sahədir.*



• *Elektrik yükünün sahənin bir nöqtəsindən digərinə hərəkəti zamanı sahənin gördüyü işin həmin yükün miqdarına nisbətində bərabər olan kəmiyyət bu iki nöqtə arasındakı **potensiallar fərqi** və ya **gərginlik** adlanır:*

$$U = \varphi_1 - \varphi_2 = \frac{A}{q}. \quad (3)$$

Burada $(\varphi_1 - \varphi_2)$ – potensiallar fərqidir. İndeksdəki 1 və 2 rəqəmləri sınaq yükünün elektrik sahəsinin hansı nöqtələri arasında hərəkət etdiyini göstərir. Potensiallar fərqinin BS-də vahidi voltdur: $[\varphi_1 - \varphi_2] = 1 \frac{C}{Kl} = 1V$.

(3) ifadəsindən yükün elektrik sahəsinin iki nöqtəsi arasında hərəkəti zamanı sahənin gördüyü iş təyin edilə bilər:

• *Yükün elektrik sahəsinin iki nöqtəsi arasında hərəkəti zamanı sahənin gördüyü iş yükün miqdarı ilə həmin nöqtələr arasındakı potensiallar fərqinin (gərginliyin) hasilinə bərabərdir:*

$$A = q(\varphi_1 - \varphi_2) = qU. \quad (4)$$

(1) və (3) düsturlarının müqayisəsindən bircins elektrik sahəsində *intensivliklə gərginlik arasında əlaqə düsturu* alınır:

$$U = \frac{A}{q} = \frac{qEd}{q} = Ed \rightarrow E = \frac{U}{d} \text{ və ya } E = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{d}. \quad (5)$$

*Sahənin intensivliyinin istiqaməti potensialı böyük nöqtədən kiçiyə doğru*dur.

Elektrik sahəsinin potensialı. Elektrik sahəsinin ixtiyari bir nöqtəsinin enerji xarakteristikasını ifadə etmək üçün *potensial* adlandırılan fiziki kəmiyyətdən istifadə olunur. *Elektrik sahəsinin ixtiyari bir nöqtəsi ilə sahənin potensialının sıfır qəbul olunan digər nöqtəsi arasındakı potensiallar fərqi sahənin həmin nöqtəsindəki potensialı adlanır.* Adətən, potensialın hesablanması sonsuzluğa nəzərən aparılır.

• *Potensial – ədədi qiymətə müsbət vahid sınaq yükünün müsbət q yükündən itələnməsi nəticəsində onun sonsuzluğa yerdəyişməsi zamanı görülmə işə bərabərdir:*

$$\varphi = \varphi_1 - \varphi_\infty = \frac{A_{1 \rightarrow \infty}}{q}. \quad (6)$$

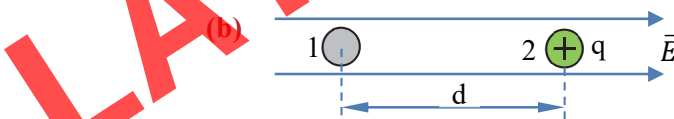
Potensial φ simvolu ilə işarə olunur və BS-də vahidi voltdur: $[\varphi] = 1 \frac{C}{Kl} = 1V$.

Elektrik sahəsində yükün potensial enerjisi. Elektrik sahəsi potensiallı sahə olduğundan *elektrik sahəsi-yük* qapalı sisteminə potensial enerji haqqında teorem tətbiq oluna bilər.

• *Potensiallı sahədə görülmə iş əks işarə ilə potensial enerjinin dəyişməsinə bərabərdir:*

$$A = W_{p1} - W_{p2} = -(W_{p2} - W_{p1}) = -\Delta W_p. \quad (7)$$

Burada W_{p1} və W_{p2} uyğun olaraq yükün sahənin 1 və 2 nöqtələrində olduğu zaman onun potensial enerjiləridir (b).



(4) və (7) düsturlarını müqayisə etdikdə alınır ki:

$$A = q(\varphi_1 - \varphi_2) = q\varphi_1 - q\varphi_2,$$

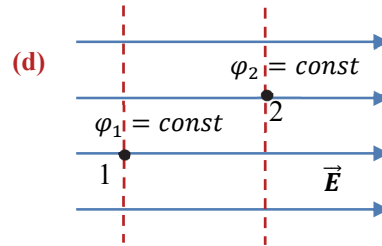
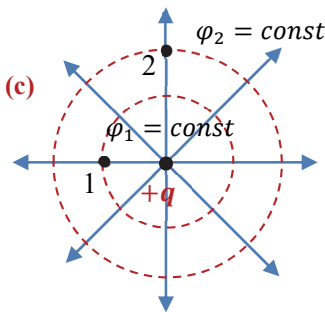
$$W_p = q\varphi.$$

Buradan:

$$\varphi = \frac{W_p}{q}. \quad (8)$$

Deməli, elektrik sahəsinin verilmiş nöqtəsindəki sınaq yükünün potensial enerjisinin bu yükün miqdarına nisbətində bərabər olan kəmiyyət həmin nöqtədə sahənin potensialına bərabərdir.

Ekvipotensial səthlər. Ekvipotensial səth – bütün nöqtələrində elektrik sahəsinin potensialı eyni olan səthdir. Nöqtəvi yük üçün ekvipotensial səthlər mərkəzi bu yükdə olan konsentrik sferalardır **(c)**. Bircins elektrik sahəsi üçün bu səthlər qüvvə xətlərinə perpendikulyar olan müstəvilərdir **(d)**.



TƏTBİQETMƏ

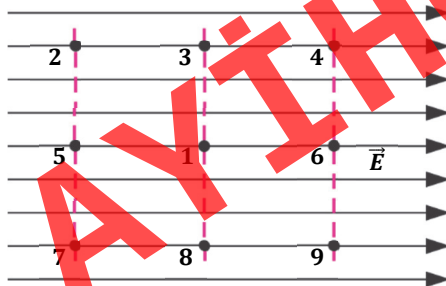
ARAŞDIRMA

2

Yükün potensial enerjisi necə dəyişər?

• **Məsələ 2.** Şəkilə bircins elektrik sahəsi təsvir edilmişdir. Başlanğıc anda mənfə sınaq yükü 1 nöqtəsində yerləşir. Yüğü həmin nöqtədən hərəkət etdirərək qeyd olunan hansı nöqtələrdə onun potensial enerjisi:

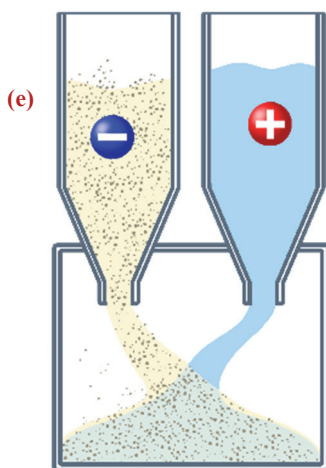
a) artar; b) azalar; c) dəyişməz qalar?



Nəticənin müzakirəsi:

- Sınaq yükünü elektrik sahəsinin iki nöqtəsi arasında hərəkət etdirdikdə onun potensial enerjisinin dəyişib-dəyişmədiyini necə müəyyən etmək olar?

HƏYATLA ƏLAQƏLƏNDİRİN



Çörəkbişirmə müəssisələrində ən ağır iş böyük kütləli un və tərkibinə xama vurulmuş suyu qarışdırıb bircins xəmir hazırlamaqdır. Müasir müəssisələrdə bu prosesi iş prinsipi elektrik sahəsinin tətbiqinə əsaslanan avtomat qurğular yerinə yetirir. Şəkildə belə qurğulardan birinin sadələşmiş sxemi təsvir edilmişdir (e).

• Onun iş prinsipini izah edə bilərsinizmi?

ÖZÜNÜZÜ QIYMƏTLƏNDİRİN

№	Suallar	Bilirəm		
		zəif	orta	yaxşı
1	İki nöqtə arasında gərginlik 12V-dur. Bu nə deməkdir?			
2	İki keçirici naqildən birinin elektrik yükü az, lakin potensialı digər naqildəkindən böyükdür. Bu naqillər toxundurularsa, onlardakı elektrik yükləri necə hərəkət edər?			
3	A və B nöqtələri bircins elektrik sahəsinin intensivlik oxunun üzərindədir. Bu nöqtələrin potensialları arasında münasibət $\varphi_A < \varphi_B$ olarsa, sahənin intensivliyi hansı istiqamətə yönəlmişdir?			

- **NƏ ÖYRƏNDİNİZ?** Qeyd olunan anlayış və müddəaların təriflərini və düsturlarını iş vərəqinə yazın: “*elektrik sahəsi*”, “*elektrik sahəsinin işi*”, “*gərginlik*”, “*potensial*”, “*intensivliklə gərginlik arasında əlaqə*”.

LAYIHƏ

1.4. KONDENSATOR. ELEKTRİK TUTUMU

• KEÇDİKLƏRİNİZİ XATIRLAYIN •

Fizika – 8

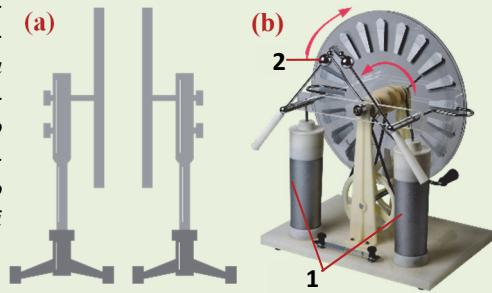
- Kondensator – elektrik yüklərini toplamaq üçün istifadə edilən qurğudur. Kondensator latın sözü “kondensare” olub sıxlaşma mənasını verir.

Ən sadə kondensator **müstəvi kondensatordur**. O, aralarında nazik dielektrik qatı (məsələn: hava) olan bir-birinə yaxın yerləşmiş iki paralel metal lövhədən ibarətdir **(a)**.

Elektrik dövrələrinin sxemində kondensatorun şərti işarəsi $\dashv \vdash$ kimidir.

- Kondensator lövhələri mütləq qiymətə bərabər, işarəcə əks yüklərlə elektriclənir.
- Kondensatorun elektrik yükünü toplamaq qabiliyyəti **elektrik tutumu** adlanan fiziki kəmiyyətlə xarakterizə olunur.
- Böyük miqdarda müxtəlif işarəli elektrik yüklərini ayırmaq, toplamaq və ötürmək üçün istifadə olunan qurğu **elektrofor maşınıdır (b)**.

Elektrofor maşınının diskləri sürətlə fırladılda onlar aralarındakı havaya sürtünməklə əksişarəli yüklərlə elektriclənir. Bu yüklər disklərə toxunan metal fırçalar vasitəsilə iki Leyden bankasına (1) toplanır və oradan kürəvi metal konduktorlara (2) ötürülür. Nəticədə konduktorlardan birində müsbət, digərində mənfi elektrik yükləri toplanır.



- Məşhur serb alimi Nikola Tesla (1856 -1943) belə bir ideya irəli sürdü ki, Yer-atmosfer sistemi nəhəng kondensatordur. O, çox böyük miqdar ucuz elektrik enerjisinin mənbəyidir. Teslanın ideyasına görə, Yerin ionosferinə göndərilən zəif tezlikli elektromaqnit şüalanması ionosferin yüklü zərrəciklərinin məxsusi tezliyi ilə üst-üstə düşərək orada rezonans yaradacaq. Nəticədə Yer kürəsini əhatə edən çox güclü elektromaqnit şüalanması yaranaçaq. Bu zaman Yer səthinin ixtiyari nöqtəsinə uzun metal çubuq batırmaq kifayət edər ki, səmadən fasiləsiz olaraq pulsuz elektrik enerjisi qəbul olunsun. Əsas problem ionosferi həyəcanlandıran impuls qülləsini – rezonatoru tikmək idi. ABŞ milyarderi Morqan Lonq-Aylend şəhərində (ABŞ) belə bir qüllənin tikintisi üçün Teslanı maliyyələşdirmək qərarına gəlir. Lakin o, qüllənin tamamlanması az qalmış Yer kürəsində baş verə biləcək ekoloji fəlakətin qarşısını almaq məqsədi ilə bu layihəni dayandırdı və layihəni ləğv etdi.

- Əgər layihə baş tutsa idi, Yerdə hansı ekoloji fəlakətlər baş verə bilərdi?



Lampanın işıqlanması nəyi sübut edir?

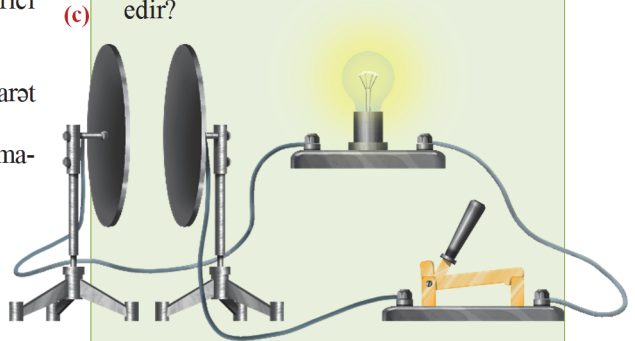
Təchizat: müstəvi kondensator, elektrofor maşını, elektrik lampası (6V), birləşdirici naqillər və açar.

İşin gedişi:

1. Kondensator, lampə və açardan ibarət ardıcıl dövrə qurun.
2. Açarı qapayıb lampanın yanib-yanmadığını müşahidə edin.
3. Açarı açın və kondensatorun lövhələrindən birini elektrofor maşını ilə yükləyin (c). Dövrəni qapayın və müşahidə etdiyiniz hadisənin səbəbi üzərində düşünün.

Nəticənin müzakirəsi:

- Hansı halda dövrədəki lampə işıqlandı?
- Eksperimentdən hansı nəticəyə gəlmək olar: lampanın işıqlanması nəyi sübut edir?



Məlumdur ki, ən sadə kondensator iki paralel müstəvi lövhədən ibarət müstəvi kondensatordur. Kondensatorun xarakteristikası **elektrik tutumu**dur.

• *Kondensatorun elektrik tutumu (C) – onun yükünün lövhələri arasındakı gərginliyə (potensiallar fərqi)ə) nisbəti ilə ölçülən fiziki kəmiyyətdir:*

$$C = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2} = \frac{q}{U}. \quad (1)$$

Elektrik tutumunun BS-də vahidi faraddır (1F):

• *Farad elə kondensatorun elektrik tutumudur ki, onun yükü 1Kl olduqda lövhələri arasındakı gərginliyi 1V olsun:*

$$[C] = \frac{[q]}{[U]} = 1 \frac{Kl}{V} = 1F.$$

Farad çox böyük elektrik tutumu olduğundan praktikada onun çox kiçik hissələrindən (mikrofarad, nanofarad, pikofarad və s.) istifadə edilir:

$$1mkF = 10^{-6}F; 1nF = 10^{-9}F; 1pF = 10^{-12}F.$$

Kondensatorun yükü, onun lövhələrinin birinin yükünün moduluna bərabərdir. Bu yük kondensatorun qoşulduğu mənbəyin uçlarındakı gərginliklə düz mütənəsibdir:

$$q = CU. \quad (2)$$

Deməli, elektrik tutumu elektrik yükü və gərginlik arasında mütənəsiblik əmsalı olub yük və gərginlikdən asılı deyildir. Bəs elektrik tutumu nədən asılıdır?

• *Müstəvi kondensatorun elektrik tutumu onun lövhəsinin sahəsindən, lövhələr arasındakı məsafədən və lövhələr arasındakı mühitin dielektrik nüfuzluğundan asılıdır:*

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}. \quad (3)$$

Burada S – kondensatorun bir lövhəsinin sahəsi, d – kondensatorun lövhələri arasındakı məsafə, ϵ – kondensatorun lövhələri arasındakı mühitin dielektrik nüfuzluğudur. Məhz lövhələri arasında olan dielektrik kondensatora elektrik yükünü uzun müddət saxlamağa imkan verir. Əgər kondensatorun lövhələri arasındakı dielektrik

yalnız havadırsa ($\varepsilon = 1$), belə kondensator *hava kondensatoru* adlanır və onun elektrik tutumu:

$$C_0 = \frac{\varepsilon_0 S}{d}. \quad (4)$$

Yüklənmiş kondensatorun elektrik sahəsinin enerjisi. Yüklənmiş müstəvi kondensatorun lövhələri arasındakı bircins elektrik sahəsinin enerjisi aşağıdakı düsturla təyin edilir:

$$W_e = \frac{qU}{2}. \quad (5)$$

Qeyd. (5) ifadəsindəki $\frac{1}{2}$ hasili onu göstərir ki, kondensatorun lövhələrini ayrı-ayrılıqda hərəkət etdirdikdə onların hər birini digər lövhənin yükünün yaratdığı elektrik sahəsində hərəkət etdirmiş olur. Bir lövhənin sahə intensivliyi isə lövhələr arasındakı elektrik sahə intensivliyindən 2 dəfə kiçikdir.

Burada (2) ifadəsini nəzərə aldıqda enerjinin kondensatorun elektrik tutumu və yükündən asılılıq ifadələri alınır:

$$W_e = \frac{CU^2}{2} \quad (6)$$

və ya

$$W_e = \frac{q^2}{2C}. \quad (7)$$

(6 və 7) ifadəsində (4)-ü nəzərə aldıqda müstəvi kondensatorun elektrik sahə enerjisini belə də ifadə etmək olar:

$$W_e = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S U^2}{2d} = \frac{q^2 d}{2\varepsilon_0 \varepsilon S}. \quad (8)$$

Elektrik sahə enerjisinin fəzada paylanması *enerji sıxlığı* adlanan fiziki kəmiyyətlə ifadə edilir.

• *Elektrik sahəsinin enerji sıxlığı – ədədi qiymətə vahid həcmə düşən elektrik sahəsinin enerjisinə bərabər olan fiziki kəmiyyətdir:*

$$w_e = \frac{W_e}{V}. \quad (9)$$

Burada w_e – elektrik sahəsinin enerji sıxlığının *simvoludur*, onun BS-də vahidi: $[w_e] = 1 \frac{C}{m^3}$.

Sonuncu ifadədə (8) düsturu, $V = Sd$ və $U = Ed$ olduğu nəzərə alınarsa, enerji sıxlığının sahənin intensivliyinin kvadratından düz mütənasib asılılığı məlum olar:

$$w_e = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon E^2}{2}. \quad (10)$$

Qeyd. Kondensator uzun müddət elektrik enerjisini özündə saxlayan *akkumulyator* ola bilməz (yük itkisi baş verdiyinə görə). Lakin o, *akkumulyatordan fərqli* olaraq malik olduğu enerjini kiçik müqavimətli dövrlərdə *ani boşalda* bilir. Kondensatorun bu xassəsi praktikada geniş tətbiq edilir (məs.: fotoaparat və cib telefonlarındakı lampaların parlaq işıqlandırılmasında).

Kondensatorun elektrik tutumu necə dəyişər?

Məsələ. Müstəvi hava kondensatorunun elektrik tutumu necə dəyişər, əgər onun:

- lövhlərinin sahəsi 2 dəfə böyüdülsə?
- lövhləri arasındakı məsafə 4 dəfə artırılarsa?
- lövhasındakı yükün miqdarı 3 dəfə azaldılarsa?
- lövhlərinin arası $\varepsilon = 27$ olan dielektriklə doldurularsa?

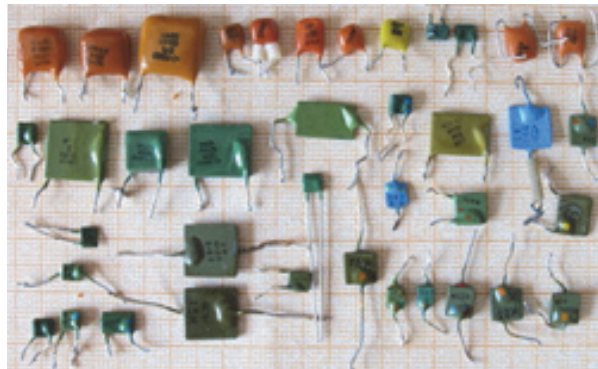
Nəticənin müzakirəsi:

- Müstəvi kondensatorun elektrik tutumu nədən asılıdır; nədən asılı deyil?

HƏYATLA ƏLAQƏLƏNDİRİN

Elektrotexnikada müxtəlif ölçülü və elektrik tutumlu kondensatorlar geniş tətbiq edilir **(d)**.

• Elektrik məişət cihazlarında kondensatordan hansı xassəsinə görə istifadə olunur?

(d)**ÖZÜNÜZÜ QIYMƏTLƏNDİRİN**

№	Suallar	Bilirəm		
		zəif	orta	yaxşı
1	Kondensatorun lövhələri arasındakı bir-cins elektrik sahəsinin enerjisi düsturunda $\frac{1}{2}$ hasili nə deməkdir?			
2	Kondensatorun yükü sabit qalmaqla elektrik tutumu 4 dəfə artırılır. Təyin edin: a) kondensatorun enerji dəyişməsinə; b) kondensator lövhələri arasında sahə intensivliyinin dəyişməsinə.			
3	Müstəvi kondensatorun lövhələri arasındakı gərginliyin sabit qiymətində elektrik tutumu 3 dəfə artırıldı. Təyin edin: a) kondensatorun enerjisinin dəyişməsinə; b) kondensatorun yükünün miqdarının dəyişməsinə; c) elektrik sahəsinin enerji sıxlığının dəyişməsinə.			

- **NƏ ÖYRƏNDİNİZ?** Qeyd olunan anlayış və müddəaların təriflərini və düsturlarını iş vərəqinə yazın: “elektrik tutumu”, “kondensator”, “müstəvi kondensatorun elektrik tutumu asılıdır – ...”, “kondensatorun lövhələri arasındakı bir-cins elektrik sahəsinin enerjisi”, “enerji sıxlığı”.

1.5. KONDENSATORLARIN BİRLƏŞDİRİLMƏSİ

• KEÇDİKLƏRİNİZİ XATIRLAYIN •

Fizika – 8

Elektrik dövrəsi müxtəlif elementlərdən ibarət ola bilər: cərəyan mənbəyi, elektrik işlədici (lampa, elektrik zəngi, elektrik qızdırıcısı, televizor və s.), elektrik açarı, birləşdirici naqillər. Sadə elektrik dövrlərindən biri bu naqillərin ardıcıl birləşməsidir.

• *Ardıcıl birləşmədə birinci naqilin sonu ikinci naqilin başlanğıcına, ikinci naqilin sonu üçüncü naqilin başlanğıcına və s.-yə birləşdirilir.*

• *Ardıcıl birləşmədə dövrənin istənilən hissəsində cərəyan şiddəti eynidir: $I_1 = I_2 = I$.*

• *Ardıcıl birləşmədə dövrənin tam gərginliyi bu dövrənin ayrı-ayrı hissələrindəki gərginliklərin cəminə bərabərdir:*

$$U_1 + U_2 = U.$$

• *Ardıcıl birləşmədə dövrədəki tam müqavimət bu dövrənin ayrı-ayrı hissələrinin müqavimətləri cəminə bərabərdir:*

$$R_1 + R_2 = R_A.$$

• *Ardıcıl birləşdirilən eyni R müqavimətli n naqildən ibarət dövrənin R_A tam müqaviməti bir naqilin müqavimətindən n dəfə böyükdür: $R_A = nR$.*

• *Paralel birləşmə elə birləşməyə deyilir ki, bütün naqillərin bir ucu dövrənin eyni bir nöqtəsinə (məs.: A nöqtəsinə), digər ucu isə dövrənin digər eyni nöqtəsinə (məs.: B nöqtəsinə) birləşdirilsin.*

• *Paralel birləşmiş naqillərin uclarındakı gərginlik eynidir: $U_1 = U_2 = U$.*

• *Paralel birləşmədə dövrənin budaqlanmayan hissəsindəki cərəyan şiddəti paralel birləşdirilmiş ayrı-ayrı naqillərdəki cərəyan şiddətinin cəminə bərabərdir: $I_1 + I_2 = I$.*

• *Paralel birləşdirilmiş naqillərin ümumi müqavimətinin tərs qiyməti ayrı-ayrı naqillərin müqavimətlərinin tərs qiymətlərinin cəminə bərabərdir:*

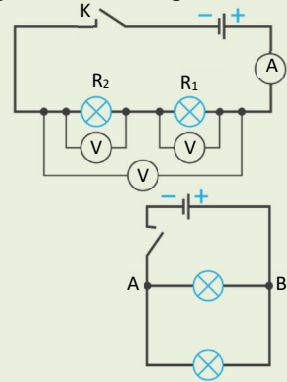
$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}.$$

Paralel birləşmiş iki naqildən ibarət dövrə hissəsinin ümumi müqaviməti:

$$R_p = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}.$$

Buna uyğun olaraq eyni R müqavimətli n sayda naqilin paralel birləşməsindən ibarət dövrə hissəsinin ümumi müqaviməti bir naqilin müqavimətindən n dəfə kiçikdir:

$$R_p = \frac{R}{n}.$$



■ Praktikada çox vaxt elə olur ki, sıradan çıxan məhsul texnikasını təmir etmək üçün lazım olan nominalda elektrik tutumlu və gərginlikli kondensator olmur. Belə halda müxtəlif nominallı kondensatorlardan tələb olunan nominalı almaq lazım gəlir. Bunun üçün isə onların birləşdirilmə qaydasını bilmək vacibdir.

• **Niyə praktik işlərdə tələb olunan nominal kondensator almaq üçün müxtəlif nominal kondensatorların birləşdirilmə qaydalarını bilmək vacibdir?**

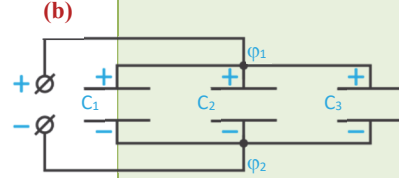
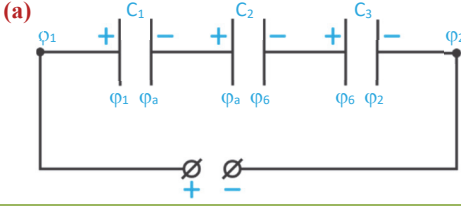
• **Kondensatorların hansı birləşdirilmə qaydası ola bilər? Bu birləşmələrin xarakteristikaları naqillərin birləşdirilmə xarakteristikalarından nə ilə fərqlənir?**

Kondensatorların birləşdirilməsi

Məsələ 1. Şəkildə üç kondensatorun ardıcıl və paralel birləşdirilmə sxemləri təsvir edilmişdir (**a** və **b**).

Kondensatorlar yükləndikdən sonra təyin edin:

- ardıcıl birləşdirilən kondensatorlar batareyasının yükünü və gərginliyini;
- paralel birləşdirilən kondensatorlar batareyasının yükünü və gərginliyini.



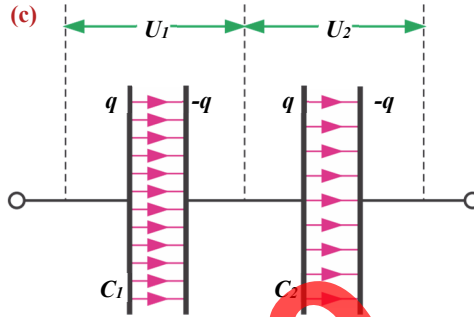
Nəticənin müzakirəsi:

- Ardıcıl birləşdirilən kondensatorlar batareyasının ümumi elektrik tutumu nəyə bərabərdir? Onu necə təyin etmək olar?
- Paralel birləşdirilən kondensatorlar batareyasının ümumi elektrik tutumu nəyə bərabərdir?

Verilmiş kondensatorlardan müxtəlif elektrik tutumlu batareyalar almaq məqsədilə onlar elektrik dövrlərində ardıcıl və ya paralel birləşdirilir.

Kondensatorların ardıcıl birləşdirilməsi.

Ardıcıl birləşmədə birinci kondensatorun mənfi yüklənmiş lövhəsi ikinci kondensatorun müsbət yüklənmiş lövhəsinə və s.-yə birləşdirilir (**c**).



- Ardıcıl birləşdirilmiş kondensatorların elektrik yükləri eynidir:

$$q_1 = q_2 = q.$$

- Ardıcıl birləşdirilmiş kondensator batareyasının uclarındakı ümumi gərginlik ayrı-ayrı kondensatorların gərginlikləri cəminə bərabərdir:

$$U_1 + U_2 = U.$$

- Ardıcıl birləşdirilmiş kondensatorlar batareyasının ümumi elektrik tutumunun tərs qiyməti ayrı-ayrı kondensatorların elektrik tutumlarının tərs qiymətləri cəminə bərabərdir:

$$\frac{1}{C_a} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \Rightarrow C_a = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}.$$

• *Ardıcıl birləşdirilmiş n sayda kondensatorun elektrik tutumları eynidirsə, dövrənin ümumi elektrik tutumu bir kondensatorun elektrik tutumundan n dəfə kiçik olur:*

$$C_a = \frac{C}{n}.$$

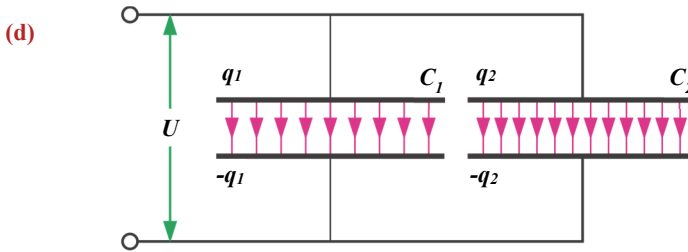
• *Ardıcıl birləşdirilmiş kondensatorların gərginlikləri və enerjiləri elektrik tutumları ilə tərs mütənasibdir:*

$$U = \frac{q}{C} \Rightarrow \frac{U_1}{U_2} = \frac{C_2}{C_1};$$

$$W = \frac{q^2}{2C} \Rightarrow \frac{W_1}{W_2} = \frac{C_2}{C_1}.$$

Kondensatorların paralel birləşdirilməsi

Paralel birləşmədə bütün kondensatorların müsbət yüklənmiş lövhələri bir nöqtəyə, mənfəi yüklü lövhələri isə digər nöqtəyə birləşdirilir **(d)**.



• *Paralel birləşdirilmiş kondensatorlarda toplanmış ümumi yükün miqdarı ayrı-ayrı kondensatorlardakı yüklərin cəminə bərabərdir:*

$$q = q_1 + q_2.$$

• *Paralel birləşdirilmiş kondensatorların uclarındakı gərginlik eynidir:*

$$U_1 = U_2 = U.$$

• *Paralel birləşdirilmiş kondensatorlar batareyasının ümumi elektrik tutumu ayrı-ayrı kondensatorların elektrik tutumlarının cəminə bərabərdir:*

$$C_p = C_1 + C_2.$$

• *Paralel birləşdirilmiş n sayda kondensatorun elektrik tutumları eynidirsə, dövrənin ümumi elektrik tutumu bir kondensatorun elektrik tutumundan n dəfə böyük olur:*

$$C_p = nC.$$

• *Paralel birləşdirilmiş kondensatorların elektrik yükləri və enerjiləri elektrik tutumları ilə düz mütənasibdir:*

$$q = UC \Rightarrow \frac{q_1}{q_2} = \frac{C_1}{C_2};$$

$$W = \frac{CU^2}{2} \Rightarrow \frac{W_1}{W_2} = \frac{C_1}{C_2}.$$

Kondensatorun xarakteristikaları necə dəyişər?

- **Məsələ 2.** Elektrik tutumları $C_1 = 3C$ və $C_2 = 4C$ olan iki müstəvi kondensator paralel birləşdirilmişdir. Birinci kondensatorun uclarındakı gərginlik 12V, enerjisi 96 mC olarsa:
- ikinci kondensatorun gərginliyi nəyə bərabərdir?
 - bu kondensatorlar batareyasının ümumi elektrik tutumu nəyə bərabərdir?
 - ikinci kondensatorun enerjisi nəyə bərabərdir?

Nəticənin müzakirəsi:

- Eyni gərginlik mənbəyinə qoşulmuş kondensatorlar batareyasında hansı halda enerji çox toplanar: kondensatorlar paralel birləşdirildikdə, yoxsa ardıcıl? Niyə?

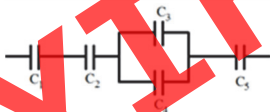
HƏYATLA ƏLAQƏLƏNDİRİN

11-ci sinifdə oxuyan Arif babasının xahişi ilə xarab olan radioqəbuledicini təmir etdirmək üçün servise apardı. Aparat yoxlandıqda məlum oldu ki, tutumu 12,5 mkF olan kondensator yanıbmışdır. Servisdə həmin nominalda kondensator yox idi.

Lakin usta $C_1 = 2$ mkF, $C_2 = 5$ mkF, $C_3 = 6$ mkF və $C_4 = 6$ mkF tutumlu dörd kondensatoru elə birləşdirdi ki, alınan kondensatorlar batareyası tələb olunan nominalı verdi. Radio işlədi.

- Usta 12,5 mkF tutumlu kondensator almaq üçün 4 müxtəlif tutumlu kondensatoru necə birləşdirdi? Bu birləşmənin sxemini çəkmə bilərsinizmi?**

ÖZÜNÜZÜ QIYMƏTLƏNDİRİN

№	Suallar	Bilirəm		
		zəif	orta	yaxşı
1	Kondensatorların ardıcıl və paralel birləşdirilməsi rezistorların uyğun birləşdirilməsindən nə ilə fərqlənir?			
2	A və B nöqtələri arasındakı gərginlik 9 V-dur. Kondensatorların elektrik tutumları isə $C_1 = 3$ mkF və $C_2 = 6$ mkF-dır. Təyin edin: kondensatorların: a) q_1 və q_2 yüklərini; b) kondensatorların uclarındakı U_1 və U_2 gərginliklərini. 			
3	Hər birinin elektrik tutumu $C = 1$ mkF olan qarışıq birləşdirilən kondensatorlar batareyasının ümumi elektrik tutumunu təyin edin. 			

- NƏ ÖYRƏNDİNİZ?** Qeyd olunan birləşmələrin əsas xarakteristikalarını iş vərəqinə yazın: “kondensatorların ardıcıl birləşdirilməsi”, “kondensatorların paralel birləşdirilməsi”.

1.6. YÜKLÜ ZƏRRƏCİYİN MAQNİT SAHƏSİNDƏ HƏRƏKƏTİ. LORENS QÜVVƏSİ

• KEÇDİKLƏRİNİZİ XATIRLAYIN •

Fizika – 9 və 10

- Çevrə üzrə bərabərsürətli hərəkətdə xətti sürət ədədi qiymətcə gedilən yolun bu yolu getməyə sərf olunan zamana nisbətində bərabərdir:

$$v = \frac{l}{t} = \frac{2\pi R}{T} \rightarrow T = \frac{2\pi R}{v}.$$

- Çevrə üzrə bərabərsürətli hərəkət edən maddi nöqtənin mərkəzaqəçmə təcilinin modulu xətti sürət kvadratının çevrənin radiusuna nisbətində bərabərdir: $a = \frac{v^2}{R}$.

- Maqnit sahəsinin hərəkət edən yüklü zərrəciyə təsir qüvvəsi Lorens qüvvəsi adlanır.

$$F_L = qBv \sin \alpha.$$

Yüklü zərrəcik maqnit sahəsinə induksiya xətlərinə perpendikulyar istiqamətdə daxil olarsa, Lorens qüvvəsi maksimal qiymət alır: $F_{L \max} = qBv$.

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 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.

- Yer Şimal və Cənub coğrafi qütblərinin yaxınlığındakı ərazilərdə “Qütb parıltısı” adlanan gözəl atmosfer hadisəsi müşahidə olunur. Hadisənin yaranmasına səbəb atmosferdəki yüklü zərrəciklər selinə maqnit sahəsinin təsir göstərməsidir.



- **Qütb parıltısının yüklü zərrəciklər seli və maqnit sahəsi ilə nə əlaqəsi ola bilər?**

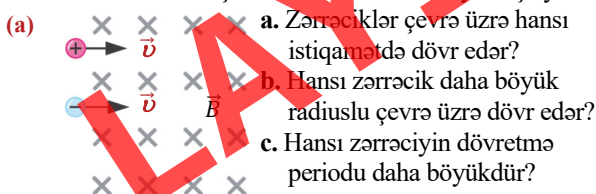
Həmin zərrəciklər seli haradan yaranır?

- Niyə bu hadisə, adətən, Yer qütblərində baş verir?

ARAŞDIRMA 1

Zərrəcik hansı istiqamətdə dövr edər?

- **Məsələ 1.** Elektron və proton eyni sürətlə bircins maqnit sahəsinə onun induksiya vektoruna perpendikulyar istiqamətdə daxil olur (a). Hər iki zərrəcik çevrə üzrə hərəkət etməyə başlayır.



- Zərrəciklər çevrə üzrə hansı istiqamətdə dövr edər?
- Hansı zərrəcik daha böyük radiuslu çevrə üzrə dövr edər?
- Hansı zərrəciyin dövretmə periodu daha böyükdür?

Nəticənin müzakirəsi:

- Yüklü zərrəcik bircins maqnit sahəsində düzxətli bərabərsürətli hərəkət edə bilərmi? Cavabınızı əsaslandırın.
- Yüklü zərrəcik hansı halda bircins maqnit sahəsində çevrə üzrə hərəkət edər?
- Bircins maqnit sahəsində çevrə üzrə hərəkət edən zərrəciyin dövretmə periodu və radiusu nədən asılıdır?

• *Maqnit sahəsi – verilən hesablama sisteminə nəzərən maqnit sahəsinin induksiya sıfırdan fərqli ($\vec{B} \neq 0$), elektrik sahəsinin intensivliyi isə sıfır olan ($\vec{E} = 0$) elektromaqnit sahəsidir.*

Maqnit sahəsində hərəkət edən yüklü zərrəciyə Lorens qüvvəsi təsir edir:

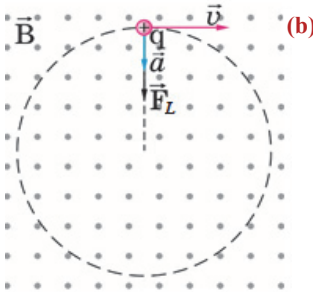
$$F_L = qBv \sin \alpha. \quad (1)$$

Lorens qüvvəsinin istiqaməti zərrəciyin hərəkət sürətinə perpendikulyar olduğundan ($\vec{F}_L \perp \vec{v}$) bu qüvvə iş görmür: $A = 0$. Bu səbəbdən Lorens qüvvəsi nə zərrəciyin sürətini və impulsunun modulunu, nə də kinetik enerjisini dəyişə bilmir. O yalnız zərrəciyin hərəkət istiqamətini dəyişir. Zamana görə dəyişməyən bircins maqnit sahəsində yüklü zərrəciyin hərəkət tənliyi ($v \ll c$ şərti ilə) Nyutonun II qanununa əsasən belə yazılır:

$$ma = |q|Bv \sin \alpha. \quad (2)$$

Zərrəcik maqnit qüvvə xətlərinə perpendikulyar istiqamətdə ($\vec{v} \perp \vec{B}$) sahəyə daxil olduqda ona maksimal Lorens qüvvəsi təsir edir ($\sin 90^\circ = 1$):

$$F_{\max} = |q|Bv.$$



(b) Bu halda zərrəciyin hərəkət tənliyi:

$$ma = |q|Bv. \quad (3)$$

Lorens qüvvəsi zərrəciyə mərkəzəqaçma təcili verərək ($\vec{F}_L \perp \vec{v}$ olduğundan) onu radiusu R olan çevrə üzrə hərəkət etdirir (b):

$$a = \frac{v^2}{R}.$$

Beləliklə, zərrəciyin hərəkət tənliyi üçün alırıq:

$$\frac{mv^2}{R} = |q|Bv. \quad (4)$$

(4)-dən zərrəciyin dövr etdiyi çevrənin radiusunun asılı olduğu kəmiyyətləri müəyyən etmək olar:

$$R = \frac{mv}{|q|B} = \frac{p}{|q|B} = \frac{\sqrt{2mE_k}}{|q|B}. \quad (5)$$

Burada p və E_k – uyğun olaraq zərrəciyin impulsunun modulu və kinetik enerjisidir.

• *Maqnit sahəsində yüklü zərrəciyin “cızdığı” çevrənin radiusu onun hərəkət sürətinin (impulsunun) modulu ilə düz, maqnit induksiya vektorunun modulu ilə tərs mütənasibdir.*

Zərrəciyin çevrə üzrə dövrəmə periodu isə onun kütləsindən, yükünün miqdarından və maqnit sahə induksiyaının modulundan asılıdır:

$$T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi m}{|q|B}. \quad (6)$$

Yükün işarəsini təyin edin

Məsələ 2. Yüklü zərrəcik müəyyən sürətlə induksiya vektoruna perpendikulyar istiqamətdə bir-cins maqnit sahəsinə daxil olur (induksiya vektoru şəkil müstəvisindən mü-şahidəçiyə perpendikulyardır). Maqnit induksiyaının modulu 4 Tl-dır. Zərrəcik maqnit sahəsinin təsiri ilə radiusu 0,5 m olan çevrə üzrə saat əqrəbi hərəkətinin əksi istiqamətində dövr etməyə başlayır. Zərrəcik bir tam dövrə 0,01 san vaxt sərf edərsə, onun:

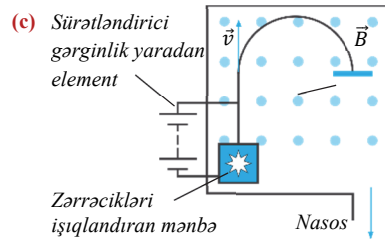
- yükünün işarəsini təyin edin;
- xüsusi yükünü (zərrəciyin yükünün kütləsinə nisbəti) təyin edin.

Nəticənin müzakirəsi:

- Lorens qüvvəsinin təsiri ilə çevrə üzrə dövr edən zərrəciyin yükünün işarəsini necə təyin etmək olar?
- Zərrəciyin xüsusi yükünü hansı düsturdan təyin etmək olar?

HƏYATLA ƏLAQƏLƏNDİRİN

Zərrəciyin kütləsini təyin etmək məqsədi ilə istifadə olunan cihaz “Kütlə spektroqrafı” adlanır. Onun iş prinsipi belədir: cihazın vakuum kamerası bir-cins maqnit sahəsində yerləşdirilir (onun induksiya vektoru şəkil müstəvisindən perpendikulyardır). Elektrik sahəsi ilə sürətləndirilən yüklü zərrəcik maqnit sahəsində qövs cızaraq fotolövə üzərində iz qoyur (c). İzə görə qövsün radiusu ölçülür. Bu isə yükü məlum olan zərrəciyin kütləsini dəqiqliklə hesablamağa imkan verir.



- Radius və zərrəciyin yükünün miqdarı məlumdursa, onun kütləsi necə təyin edilir?

ÖZÜNÜZÜ QIYMƏTLƏNDİRİN

Suallar	Bilirəm		
	zəif	orta	yaxşı
Verilən şəsvirlərə əsasən məsələlər qurun və onları həll edin.			

- NƏ ÖYRƏNDİNİZ?** “Lorens qüvvəsi” anlayışının xəritəsini qurun.

1.7. MAQNİT SAHƏSİNİN CƏRƏYANLI NAQİLƏ TƏSİRİ. AMPER QÜVVƏSİ

• KEÇDİKLƏRİNİZİ XATIRLAYIN •

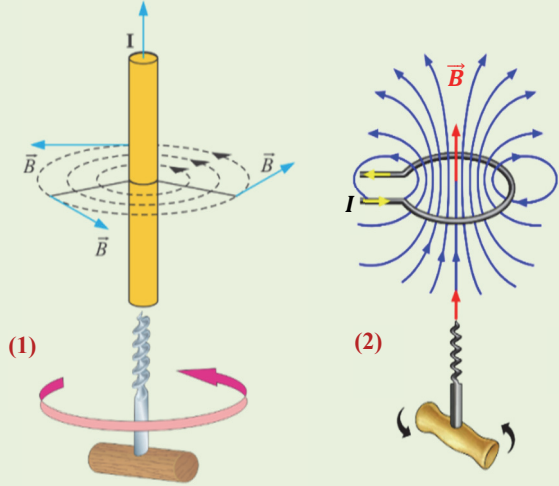
Fizika – 9

Cərəyanın yaratdığı maqnit sahəsinin induksiya vektorunun istiqamətini **sağ yivli burğu qaydası** ilə təyin etmək əlverişlidir: burğunun irəliləmə hərəkəti naqildəki cərəyan istiqamətində olarsa, onun dəstəyinin fırlanma istiqaməti bu cərəyanın yaratdığı maqnit induksiya vektorunun istiqamətini göstərəcəkdir **(1)**. Dairəvi cərəyanın da maqnit induksiya vektorunun istiqamətini **sağ yivli burğu qaydası** ilə təyin etmək olur: burğunun dəstəyini dairəvi cərəyan istiqamətində burduqda burğunun irəliləmə hərəkətinin istiqaməti dairəvi cərəyanın daxilində maqnit sahəsinin induksiya vektorunun istiqamətini göstərəcəkdir **(2)**.

• 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:

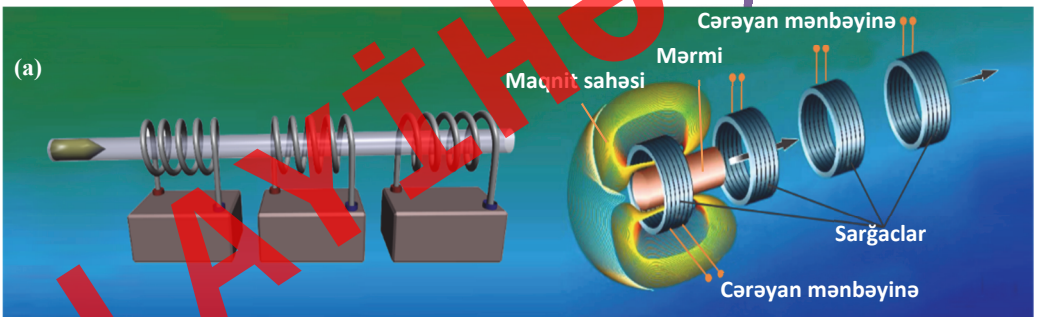
$$F = IB\sin\alpha.$$

Amper qüvvəsinin istiqaməti sol əl qaydası ilə təyin edilir: 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.



■ XIX əsrin əvvəllərində Yerin elektromaqnetizm nəzəriyyəsinin banilərindən biri olan alman riyaziyyatçısı və fiziki Karl Fridrix Qauss (1777–1855) “Qauss topu” adlandırılan elektromaqnit topunun nəzəriyyəsinə verir. Topun iş prinsipi cərəyanlı sarğacla dəmir mərmnin (sabit maqnitin) qarşılıqlı təsirinə əsaslanır. Şəkildə Qauss topunun modeli və iş prinsipinin sxemi təsvir edilmişdir **(a)**.

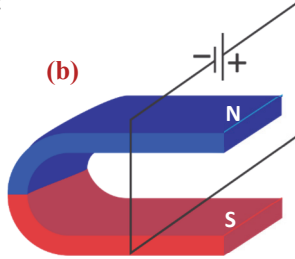
• Qauss topunun iş prinsipi hansı fiziki hadisəyə əsaslanır? Onu şərh edə bilərsinizmi?



Maqnit sahəsinin cərəyanlı düz naqilə təsiri

- **Məsələ 1.** Cərəyanlı naqilə təsir edən qüvvənin istiqaməti necə dəyişər **(b)**, əgər:

- cərəyan mənbəyinin qütbləri dəyişdirilərsə?
- sabit maqnitin qütblərinin yeri dəyişdirilərsə?
- eyni zamanda həm cərəyan mənbəyinin, həm də sabit maqnitin qütbləri dəyişdirilərsə?

**Nəticənin müzakirəsi:**

- Maqnit sahəsinin cərəyanlı düz naqilə təsir qüvvəsinin modulu nədən asılıdır?
- Bu qüvvənin cərəyanlı naqilə təsir istiqaməti necə təyin edilir?

Danimarka alimi H.Ersted təcrübi olaraq cərəyanlı naqillə maqnit əqrəbinin qarşılıqlı təsirini aşkar etdikdən sonra fransız fiziki A.Amper iki paralel cərəyanlı naqilin sabit maqnitlər kimi qarşılıqlı təsirini aşkar etdi. Məlum oldu ki, eyni istiqamətdə cərəyan keçən iki paralel naqıl arasında cazibə xarakterli, əks istiqamətli cərəyanlı naqillər arasında isə itələmə xarakterli maqnit qarşılıqlı təsiri baş verir. Elektrik cərəyanı yüklü zərrəciklərin nizamlı hərəkəti olduğuna görə maqnit qarşılıqlı təsiri də hərəkətdə olan yüklü zərrəciklərin fəzada yaratdıqları maqnit sahələrinin qarşılıqlı təsiridir.

Maqnit sahəsinə gətirilən istənilən cərəyanlı naqilə (*sınaq cərəyanı*) sahə tərəfindən müəyyən qüvvə təsir edir. *Amper qüvvəsi adlanan bu qüvvənin modulu naqildəki cərəyan şiddəti, maqnit induksiya vektorunun modulu, naqilin uzunluğu və cərəyanın istiqaməti ilə maqnit induksiya vektoru arasında qalan bucağın sinusu hasilinə bərabərdir:*

$$F_A = IB \sin \alpha.$$

Məlumdur ki, Amper qüvvəsinin istiqaməti *sol əl qaydası* ilə təyin olunur. Əgər *sınaq cərəyanı sahənin induksiya vektoruna perpendikulyar olarsa* ($\sin 90^\circ = 1$), *bu cərəyanı təsir edən Amper qüvvəsi maksimal qiymət alır:*

$$F_{\max} = IBL.$$

Bu düsturdan maqnit sahəsinin qüvvə xarakteristikası olan maqnit sahə induksiyaının fiziki mənasını aşağıdakı kimi ifadə etmək olar.

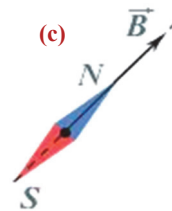
- Maqnit sahəsinin induksiya vektorial kəmiyyətdir, onun modulu maqnit sahəsinə gətirilən *sınaq cərəyan elementinə* ($I \cdot L$) *təsir göstərən maksimal qüvvəni xarakterizə edir:*

$$B = \frac{F_{\max}}{IL}.$$

- Maqnit induksiya vektorunun istiqaməti olaraq maqnit sahəsində sərbəst dönmə bilən maqnit əqrəbinin şimal qütbünün yönəldiyi istiqamət götürülür (c).

Maqnit induksiyaının BS-də vahidi tesladır (1 Tl):

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



• *1 tesla – elə bircins maqnit sahəsinin induksiyaşdır ki, bu sahə maqnit induksiya xətlərinə perpendikulyar yerləşən 1 m uzunluqlu naqıldən şiddəti 1 A olan cərəyan keçdikdə ona 1 N qüvvə ilə təsir etsin.*

• *Hər bir nöqtədə $\vec{B}$ -nin qiymət və istiqaməti eyni olan sahə **bircins maqnit sahəsi** adlanır.*

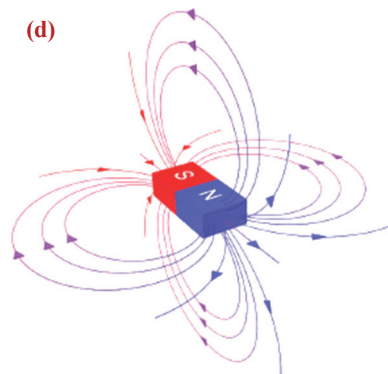
Maqnit sahəsi üçün *superpozisiya prinsipi* ödənilir: *əgər maqnit sahəsinə bir neçə cərəyanlı naqıl yaradırsa, yekun sahənin induksiya vektoru ayrı-ayrı cərəyanlı naqillərin yaratdığı maqnit sahələrinin induksiya vektorlarının həndəsi cəminə bərabərdir: $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \dots + \vec{B}_n$.*

Maqnit sahəsinə əyani təsvir etmək üçün onu *maqnit induksiya xətləri* ilə təsvir edirlər (d):

• *Maqnit sahəsinin induksiya xətləri – hər bir nöqtəsinə çəkilən toxunan həmin nöqtədə maqnit induksiya vektoru ilə üst-üstə düşən xətlərdir.*

Maqnit sahəsinin induksiya xətləri qapalıdır, onların başlanğıcı və sonu yoxdur.

• *Qüvvə xətləri qapalı olan sahəyə burulğanlı sahə deyilir.*



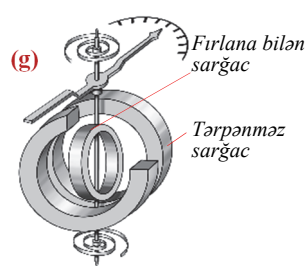
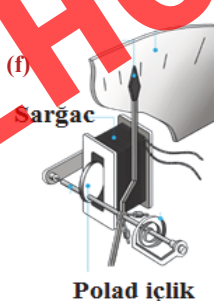
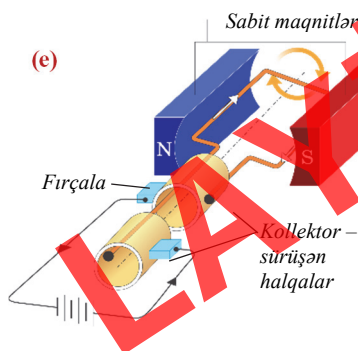
Amper qüvvəsinin elektrik ölçü cihazlarına tətbiqləri.

Məlumdur ki, elektrik ölçü cihazlarının – ampermetr, voltmetr və vattmetrin müxtəlif sistemləri mövcuddur. Bunlar *maqnitoelektrik, elektromaqnit və elektrodinamik sistemlərdir*. Həmin sistemlərin hamısının iş prinsipi maqnit sahəsinin cərəyanlı naqilə təsirinə əsaslanır.

• *Maqnitoelektrik sistemli cihazın iş prinsipi ölçülən cərəyanın keçirici çərçivədən keçməsi nəticəsində onun yaratdığı maqnit sahəsi ilə sabit maqnitin qarşılıqlı təsirinə əsaslanır (e).*

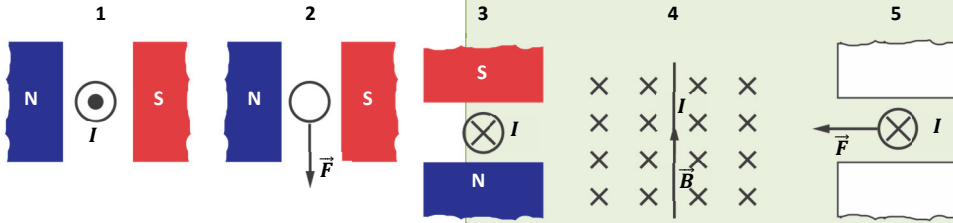
• *Elektromaqnit sistemli cihazın iş prinsipi ölçülən cərəyanın sarğacdən keçməsi nəticəsində onun yaratdığı maqnit sahəsinin bu sahədə yerləşən polad içliklə qarşılıqlı təsirinə əsaslanır (f).*

• *Elektrodinamik sistemli cihazın iş prinsipi ölçülən cərəyanın tərpənməz sarğac və onun içərisində fırlana bilən sarğacdən keçdikdə onların yaratdıqları maqnit sahələrinin qarşılıqlı təsirinə əsaslanır (g).*



Məsələni həll edin

- **Məsələ 2.** Şəkildəki təsvirlərə əsasən məsələlər qurun və həll edin.

**Nəticənin müzakirəsi:**

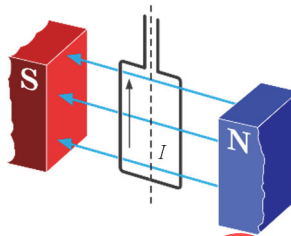
- Məsələlərdə nəyi təyin etmək tələb olunur? Onların həllində nədən istifadə etdiniz?

HƏYATLA ƏLAQƏLƏNDİRİN

Elektron resurslardan istifadə etməklə Amper qüvvəsinin həyatımızda tətbiqlərinə aid maraqlı misallar göstərin.

ÖZÜNÜZÜ QIYMƏTLƏNDİRİN

№	Suallar	Bilirəm		
		zəif	orta	yaxşı
1	Hansı halda maqnit sahəsi cərəyanlı naqilə təsir etmir? Niyə?			
2	Cərəyanlı naqillə maqnit sahəsinin qarşılıqlı təsirinin xarakteri nədən asılıdır?			
3	Şəkildə sabit maqnit sahəsində yerləşdirilmiş cərəyanlı çərçivə təsvir olunmuşdur. Çərçivənin tərəflərinə təsir göstərən Amper qüvvəsinin və çərçivənin ox ətrafında fırlanma istiqamətini təyin edin.			



- **NƏ ÖYRƏNDİNİZ?** “Amper qüvvəsi” anlayışının xəritəsini qurun.

1.8. MAQNİT SELİ. ELEKTROMAQNİT İNDUKSİYASI HADİSƏSİ

• KEÇDİKLƏRİNİZİ XATIRLAYIN •

Fizika – 9

M. Faradey apardığı çoxsaylı təcrübələrin köməyi ilə 1831-ci ildə müəyyən etdi ki, maqnit sahəsinin dəyişməsi qapalı keçirici konturda elektrik cərəyanı yaradır.

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

• Dəyişən maqnit sahəsi həmişə ətraf fəzada burulğanlı elektrik sahəsinin yaranması ilə müşayiət olunur.

Burulğanlı elektrik sahəsi elektrostatik sahədən kəskin fərqlənir:

a) elektrostatik sahəni sükunətdəki elektrik yükü, burulğanlı elektrik sahəsinə isə dəyişən maqnit sahəsi yaradır;

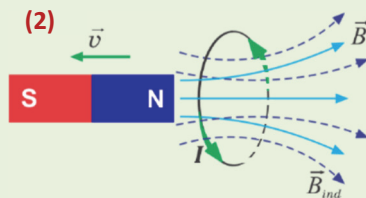
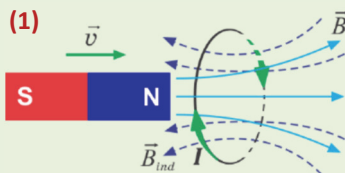
b) elektrostatik sahənin intensivlik xətləri müsbət yükədən başlayır, mənfi yükə qurtarır – bu xətlər açıqdır. Burulğanlı elektrik sahəsinin intensivlik xətlərinin nə başlanğıcı, nə də sonu var; o, maqnit induksiya xətləri kimi qapalıdır.

Rus fiziki Emili Xristianoviç 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 mane olur.

Əgər xarici maqnit sahəsi güclənərsə, induksiya cərəyanının maqnit sahəsi onun dəyişməsinə zəiflədəcəkdir. Bu zaman induksiya cərəyanının maqnit induksiya xarici maqnit sahəsinin induksiyaının əksinə yönəlir (1).

Əgər xarici maqnit sahəsi zəifləyərsə, induksiya cərəyanının maqnit sahəsi onun dəyişməsinə mane olur, yəni “çalışır” ki, bu sahə zəifləməsin. Bu zaman induksiya cərəyanının maqnit induksiya xarici maqnit sahəsinin induksiyaının istiqamətinə yönəlir (2).



■ Təbiətin qoynunda turist gəzintisindəsiniz. Dostunuza zəng etmək istəyirsiniz, lakin telefonun enerjisi qurtarıb. Yaxınlıqda cərəyan mənbəyi olmadığından adapter gərəksiz əşyaya çevrilib. Lakin sizdə hər bir turistə vacib olan **dinamo-maşın** var. Telefonun akkumulyatorunu dinamo-maşına qoşub dəstəyini bir neçə dəqiqə fırlatmaq kifayətdir ki, o, yenidən yüklənsin.

- **Dinamo-maşının iş prinsipi hansı fiziki hadisəyə əsaslanır?**
- **Bela sadə qurğunun tətbiqinə daha harada rast gəlmisiniz?**



Elektromaqnit induksiya hadisəsinin tədqiqi

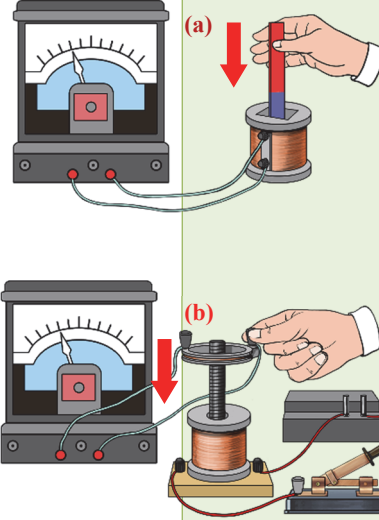
Təchizat: qalvanometr, çoxdolaqlı sarğac, azdolaqlı kiçik sarğac, dəmir içlik, sabit düz maqnit, sabit cərəyan mənbəyi (düzəndirici), birləşdirici naqillər.

İşin gedişi.

Təcrübə 1. Sarğacı qalvanometrə birləşdirib üç halı araşdırın:

- sabit maqnit sarğaca daxil edilir;
- maqnit sarğac daxilində fırladılır; c) maqnit sarğacdən çıxarılır (a).

Təcrübə 2. Şəkilə təsvir edilən qurğunu yığın: kiçik sarğacı qalvanometrə, dəmir içlikli çoxdolaqlı sarğacı isə düzləndiriciyə qoşub dövrəni qapayın (b). Kiçik sarğacı dəmir içlikdə şaquli yuxarı və aşağı hərəkət etdirdikdə və sükunətdə saxladıqda baş verən hadisəni izləyin.

**Nəticənin müzakirəsi:**

- Bu iki təcrübədə hansı ümumi xüsusiyyətlər aşkar etdiniz?
- Maqnit və elektrik sahələrinin qarşılıqlı təsirləri haqqında hansı nəticəyə gəldiniz?

Maqnit seli. Bircins maqnit sahəsində qapalı kontur (çərçivə) yerləşdirilsə, bu konturun hüdudlandırdığı səthin S sahəsindən müəyyən sayda maqnit induksiya xətləri keçər (c). Həmin induksiya xətlərinin sayı ilə mütənasib olan kəmiyyət *maqnit induksiya seli* və ya sadəcə *maqnit seli* adlanır.

• *Maqnit induksiya seli* (Φ) – ədədi qiymətə *S* maqnit induksiya vektorunun modulu, konturun sahəsi və konturun normalı ilə induksiya vektoru arasında qalan bucağın kosinusu hasilinə bərabər kəmiyyətdir:

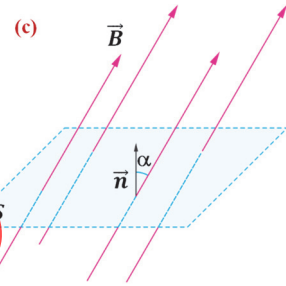
$$\Phi = BS \cos \alpha.$$

Maqnit seli skalyar kəmiyyət olub mənfi, müsbət və ya sıfıra bərabər ola bilər:

– əgər induksiya vektoru ilə konturun normalı arasındakı bucaq iti bucaqdırsa, maqnit seli müsbət, kor bucaqdırsa, mənfidir;

– əgər induksiya vektoru səthə perpendikulyardırsa, yəni səthin normalına paraleldirsə, $\alpha = 0^\circ \rightarrow \cos 0^\circ = 1$ olur və səthdən keçən maqnit seli maksimum qiymət alır:

$$\Phi = BS;$$



– əgər induksiya vektoru səthə paraleldirsə – səthin normalına perpendikulyardır, $\alpha = 90^\circ \rightarrow \cos 90^\circ = 0$ olur və səthdən keçən maqnit seli də sıfıra bərabər olur: $\Phi = 0$. Deməli, səthi kəsib keçməyən induksiya vektorları maqnit seli yaratmır.

Maqnit induksiya selinin BS-də vahidi *veberdir* (1 Vb):

$$[\Phi] = [B][S] = 1 \text{ Tl} \cdot \text{m}^2 = 1 \frac{\text{N}}{\text{A} \cdot \text{m}} \cdot \text{m}^2 = 1 \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{A}} = 1 \frac{\text{C}}{\text{A}} = 1 \text{ Vb}.$$

• 1 veber – induksiya 1 Tl olan maqnit sahəsinin induksiya xətlərinə perpendikulyar yerləşdirilən 1 m^2 səthdən keçən maqnit selidir.

Elektromaqnit induksiya hadisəsi.

İngilis alimi Maykl Faradeyin (1791–1867) 1831-ci ildə kəşf etdiyi elektromaqnit induksiya hadisəsi elektrik və maqnit sahələrinin qarşılıqlı əlaqəsinin mövcud olduğunu göstərdi.

Bilirsiniz ki, qalvanometrə birləşdirilən sarğaca sabit maqnit daxil etdikdə və çıxardıqda sarğacın konturlarında (dolaqlarında) induksiya cərəyanı yaranır. Maqnit sarğacın daxilində sükunətdə olarsa və ya fırladılsa, cərəyan yaranmır. Deməli, *induksiya cərəyanının yaranmasına səbəb maqnit selinin dəyişməsidir* (d və e).

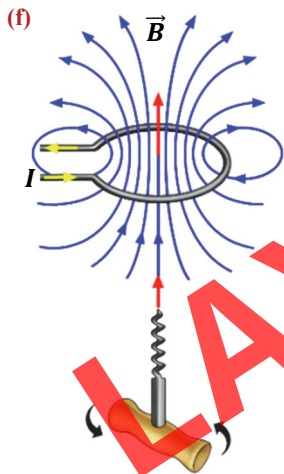
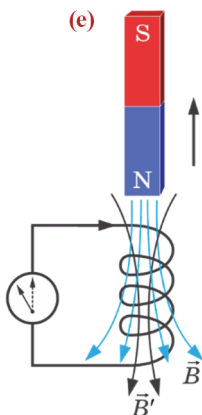
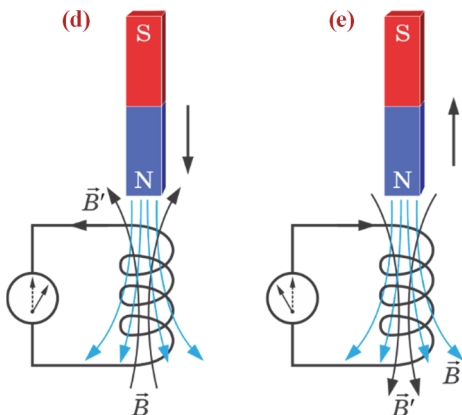
• *Keçirici konturla hüdudlanmış səthdən keçən maqnit selinin dəyişməsi nəticəsində konturda elektrik cərəyanının yaranması elektromaqnit induksiya hadisəsi adlanır.*

İnduksiya cərəyanının istiqaməti maqnit selinin artması və ya azalmasından asılıdır.

1. *Maqnit seli artır* ($\Delta\Phi > 0$). Bu o halda mümkündür ki, maqnit kontura yaxınlaşır. Nəticədə maqnit seli artır, konturda yaranan induksiya cərəyanı özünün məxsusi maqnit sahəsini yaradır. Həmin sahə yaxınlaşmaqda olan maqnitə itələyir. Deməli, konturda cərəyan yaranan xarici maqnit sahəsinin induksiya vektoru $\vec{B}$ ilə induksiya cərəyanının yaratdığı maqnit sahəsinin induksiya vektoru $\vec{B}'$ qarşı-qarşıya yönəlir (bax: d).

Bu halda maqnit və kontur eyniqütblü maqnitlər kimi bir-birini itələyir. $\vec{B}'$ -nin istiqamətini bilməklə və dairəvi cərəyanlar üçün sağ yivli burğu qaydasını tətbiq etməklə konturda yaranan induksiya cərəyanının istiqaməti asanlıqla təyin edilir – induksiya cərəyanı saat əqrəbinin hərəkəti istiqamətindədir.

• *Dairəvi cərəyan üçün sağ yivli burğu qaydası: burğunun dəstəyini dairəvi cərəyan istiqamətində burduqda burğunun irəliləmə hərəkətinin istiqaməti dairəvi cərəyanın daxilində maqnit sahəsinin induksiya vektorunun istiqamətini göstərəcəkdir* (f).



2. *Maqnit seli azalır* ($\Delta\Phi < 0$). Bu o halda mümkündür ki, maqnit konturdan çıxarılır. Nəticədə maqnit seli azalır. Konturda yaranan induksiya cərəyanı elə istiqamətdə olur ki, onun məxsusi maqnit induksiya vektoru $\vec{B}'$ maqnitin $\vec{B}$ induksiya vektoru ilə eyni istiqamətə yönəlir. Bu halda maqnit və kontur müxtəlifqütblü maqnitlər kimi birbirini cəzb edir (bax: **e**). Sağ yivli burğu qaydasına əsasən müəyyən olunur ki, induksiya cərəyanı saat əqrəbi hərəkətinin əksi istiqamətindədir.

Beləliklə, keçirici qapalı konturda yaranan induksiya cərəyanı həmişə elə istiqamətə yönəlir ki, onun məxsusi maqnit sahəsi bu cərəyanın yaranmasına səbəb olan xarici maqnit selinin dəyişməsinə mane olsun.

Bu, induksiya cərəyanının istiqamətini təyin etməyə imkan verən Lens qaydasıdır.

TƏTBİQETMƏ

ARAŞDIRMA

2

Maqnit sahəsinin induksiyasını təyin edin

• Məsələ.

Səthin sahəsi 60 sm^2 olan konturun normalını 60° bucaq altında kəsib keçən maqnit seli $1,2\text{ Vb}$ -dir. Maqnit sahəsinin induksiyasını təyin edin.

Nəticənin müzakirəsi:

• Maqnit sahəsinin induksiyasını hansı düstura əsasən təyin etdiniz?

HƏYATLA ƏLAQƏLƏNDİRİN

Elektron resurslardan istifadə etməklə elektromaqnit induksiya hadisəsinin məişət və texnikada tətbiqinə aid nümunələr göstərə bilərsinizmi?

ÖZÜNÜZÜ QIYMƏTLƏNDİRİN

№	Suallar	Bilirəm		
		zəif	orta	yaxşı
1	Niyə maqnit sahəsinin dəyişməsi ilə keçirici konturda yaranan cərəyan induksiya cərəyanı adlanır?			
2	Maqnit selinin artması (və ya azalması) ilə induksiya cərəyanı yaranan konturun xarici maqnit sahəsindən itələnməsi (və ya cəlb olunması), enerjinin saxlanması qanunu baxımından doğrudurmu? Cavabınızı əsaslandırın.			
3	Lens qaydasından istifadə edərək keçirici konturun maqnitlə qarşılıqlı təsirinin xarakterini təyin edin, əgər: a) maqnitin cənub qütbü kontura yaxınlaşdırılırsa; b) maqnitin cənub qütbü konturdan uzaqlaşdırılırsa.			

- NƏ ÖYRƏNDİNİZ?** "Elektromaqnit induksiya hadisəsi" mövzusunda esse yazın.

1.9. ELEKTROMAQNİT İNDUKSİYASI QANUNU. MAQNİT SAHƏSİNDƏ HƏRƏKƏT EDƏN NAQİLLƏRDƏ İNDUKSİYA ELEKTRİK HƏRƏKƏT QÜVVƏSİ

• KEÇDİKLƏRİNİZİ XATIRLAYIN •

Fizika – 8 və 9

• *Yükli zərrəciklərin nizamlı hərəkəti elektrik cərəyanı adlanır.* Naqildə fasiləsiz elektrik cərəyanının mövcud olması üçün aşağıdakı zəruri şərtlər ödənməlidir:

– naqildəki yüklü zərrəciklərə onları müəyyən istiqamətdə hərəkət etdirən elektrik qüvvəsi təsir etməlidir;

– elektrik cərəyanının keçdiyi naqıl (naqillərdən ibarət elektrik dövrəsi) qapalı olmalıdır. Elektrik cərəyanının istiqaməti şərti olaraq naqildəki elektrik sahəsinin intensivliyi istiqamətində qəbul edilmişdir.

• *Elektrik cərəyanının istiqaməti olaraq müsbət yüklərin hərəkət istiqaməti (sərbəst elektronların hərəkətinin əksi istiqaməti) qəbul olunmuşdur.*

Verilən naqildəki cərəyan şiddəti onun uclarındakı gərginlikdən düz, naqilin müqavimətindən tərs mütənasib asılıdır. Bu asılılıq sabit cərəyan dövrəsinin müəyyən hissəsindəki cərəyan üçün Om qanunu ilə ifadə olunur:

• *Dövrə hissəsindəki cərəyan şiddəti həmin hissənin uclarındakı gərginliklə düz, onun müqaviməti ilə tərs mütənasibdir:*

$$I = \frac{U}{R}$$

İnduksiya cərəyanını da digər elektrik cərəyanları kimi elektrik sahəsi yaradır.

• *Dəyişən maqnit sahəsi həmişə ətraf fəzada burulğanlı elektrik sahəsinin yaranması ilə müşayiət olunur. Qapalı konturdakı sərbəst elektronları nizamlı hərəkət etdirərək induksiya cərəyanı yaradan maqnit sahəsi deyil, burulğanlı elektrik sahəsidir.*

Burulğanlı elektrik sahəsi elektrostatik sahədən fərqlənir, belə ki:

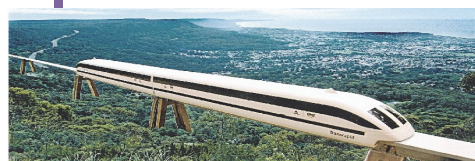
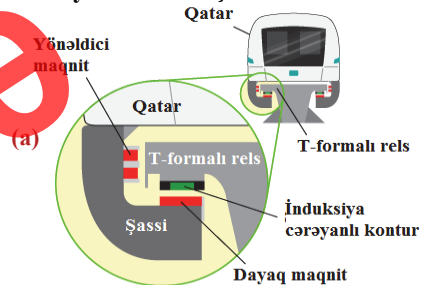
a) elektrostatik sahəni sükunətdəki elektrik yükü, burulğanlı elektrik sahəsinə isə dəyişən maqnit sahəsi yaradır;

b) elektrostatik sahənin intensivlik xətləri açıqdır: onlar müsbət yükə başlayır, mənfi yükə qurtarır. Burulğanlı elektrik sahəsinin intensivlik xətlərinin nə başlanğıcı, nə də sonu var, o, maqnit induksiya xətləri kimi qapalıdır.

■ Müasir sürətli ictimai nəqliyyat növlərindən biri də maqnit yastıqlar üzərində havada asılı – levitasiya vəziyyətində hərəkət edən qatardır. “MaqLev” adlandırılan bu qatarın şassisi təkrarəvəzinə elektromaqnit dayaq və yönəldici maqnitlərə təchiz edilmişdir. Dəmir yolu da şiddətli induksiya cərəyanı yaranan elektromaqnitə təchiz edilmiş T formalı keçirici relsdən ibarətdir. Fudziyama şəhəri (Yaponiya) yaxınlığında sınaqdan çıxarılan bu qatar rekord sürət – $603 \frac{\text{km}}{\text{saat}}$ sürət göstərmişdir.

Şəkilə “MaqLev”-in sadələşdirilmiş sxemi təsvir edilmişdir (a).

• Bu texnologiya hansı fiziki hadisəyə əsaslanmışdır?



Maqnit seli hansı sürətlə dəyişdi?

- **Məsələ 1.** Konturdan keçən maqnit seli 0,02 san müddətində bərabər sürətlə 54 MVb-dən 12 MVb-yə qədər azaldı. Maqnit seli hansı sürətlə dəyişdi?

Nəticənin müzakirəsi:

- Kəmiyyətin dəyişmə sürəti nə deməkdir?
- Maqnit selinin dəyişmə sürəti hansı fiziki kəmiyyəti təyin edir? Fərziyyənizi söyləyin.

Burulğanlı elektrik sahəsi. İnduksiya elektrik hərəkət qüvvəsi. Elektromaqnit induksiya hadisəsi nəticəsində keçirici qapalı konturda induksiya cərəyanının yaranmasına səbəb dəyişən maqnit sahəsinin öz ətrafında burulğanlı elektrik sahəsi yaratmasıdır. Bu sahə konturdakı sərbəst elektronlara təsir edərək onları nizamlı hərəkətə gətirir – induksiya elektrik cərəyanı yaranır. Cərəyanın yaranması üçün müsbət vahid yükün keçirici kontur boyunca yerdəyişməsi zamanı burulğanlı elektrik sahəsinin gördüyü iş sıfırdan fərqlidir. Həmin iş keçirici qapalı konturda yaranan *induksiya elektrik hərəkət qüvvəsi* (EHQ) adlanan fiziki kəmiyyəti xarakterizə edir.

• *İnduksiya elektrik hərəkət qüvvəsi – müsbət vahid elektrik yükünün qapalı kontur boyunca hərəkəti zamanı burulğanlı elektrik sahəsinin gördüyü işin həmin yükün miqdarına olan nisbətində bərabər olan kəmiyyətdir:*

$$\mathcal{E} = \frac{A}{q}. \quad (1)$$

Elektromaqnit induksiya hadisəsinə aid apardığınız araşdırmalardan müəyyənləşdirdiniz ki, keçirici qapalı konturda yaranan induksiya cərəyanının qiyməti bu konturla hüdudlanan səthdən keçən maqnit selinin dəyişmə sürəti ilə mütənasibdir. Deməli, keçirici konturda induksiya cərəyanı yaranan induksiya EHQ də xarici maqnit selinin dəyişmə sürətindən asılıdır.

• *Çox kiçik zaman müddətində maqnit seli $\Delta\Phi$ qədər dəyişirsə, $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ nisbəti maqnit selinin dəyişmə sürətidir.*

Elektromaqnit induksiya qanunu. Yuxarıda deyilənlər əsasında elektromaqnit induksiya qanunu belə ifadə olunur:

• *Keçirici qapalı konturda yaranan induksiya EHQ bu konturla hüdudlanan səthdən keçən maqnit selinin dəyişmə sürəti ilə düz mütənasibdir:*

$$\mathcal{E}_i = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}. \quad (2)$$

(2) ifadəsindəki mənfi işarəsi onu göstərir ki, induksiya cərəyanının yaratdığı maqnit sahəsi bu cərəyanı yaranan xarici maqnit selinin dəyişməsinə mane olur.

Əgər kontur N sayda sarğıdan ibarət olarsa, (2) ifadəsini belə də yazmaq olar:

$$\mathcal{E}_i = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}. \quad (3)$$

Burada $\mathcal{E}_i$ – induksiya EHQ olub BS-də vahidi *volt*dur (1V):

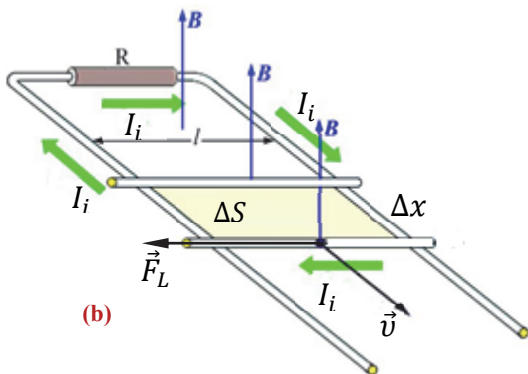
$$[\mathcal{E}_i] = \frac{[\Delta\Phi]}{[\Delta t]} = 1 \frac{\text{Vb}}{\text{san}} = 1\text{V}.$$

Keçirici qapalı konturda yaranan induksiya cərəyanının şiddəti dövrə hissəsi üçün Om qanununa əsasən müəyyən olunur:

$$I_i = \frac{\mathcal{E}_i}{R} = \frac{1}{R} \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right| \text{ və ya } \frac{\mathcal{E}_i}{R} = - \frac{1}{R} \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}. \quad (4)$$

Burada R – konturun müqavimətidir.

Maqnit sahəsində hərəkət edən naqildə induksiya EHQ. Naqil maqnit sahəsində hərəkət etdikdə onun sərbəst yükləri də naqillə birlikdə hərəkət edir. Bu səbəbdən maqnit sahəsi hər bir yükə Lorens qüvvəsi ilə təsir edir. Nəticədə yüklər naqil daxilində yerlərini dəyişərək nizamlı hərəkət edir – naqildə induksiya EHQ yaranır. Yaranan induksiya EHQ naqilin maqnit sahəsinə düşən hissəsinin uzunluğundan,



sürəti və maqnit induksiya vektorlarının modulundan asılıdır. Bunu elektromaqnit induksiya qanununa əsasən asanlıqla isbat etmək olar.

Fərz edək ki, uzunluğu l olan naqil induksiya $\vec{B}$ olan bir cins maqnit sahəsində induksiya vektoruna perpendikulyar istiqamətdə $\Delta x = v\Delta t$ qədər yerini dəyişdi (b). Bu zaman naqildə yaranan induksiya EHQ:

$$\mathcal{E}_i = \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right| = \frac{B\Delta S}{\Delta t} = \frac{Bl\Delta x}{\Delta t} = \frac{Blv\Delta t}{\Delta t} = Blv.$$

Burada $\Delta\Phi = B\Delta S$ və $\Delta S = l\Delta x$ olduğu nəzərə alınmışdır (bax: b). Naqilin hərəkət sürəti maqnit induksiya vektoru ilə α bucağı təşkil edərsə, naqildə yaranan induksiya EHQ:

$$\mathcal{E}_i = Blv \sin \alpha. \quad (5)$$

Maqnit sahəsində hərəkət edən naqildə yaranan induksiya cərəyanının istiqamətini *sağ əl qaydası* ilə təyin etmək olar:

• *Sol əl maqnit sahəsində elə tutulur ki, $\vec{B}$ vektoru ovuca daxil olsun və açılan dörd barmaq naqilin hərəkəti istiqamətində yönəlsin, bu zaman 90° açılmış baş barmaq induksiya cərəyanının istiqamətini göstərəcəkdir.*

TƏTBİQETMƏ	ARAŞDIRMA	2
İnduksiya EHQ və induksiya cərəyan şiddətini təyin edin		
• Məsələ 2. Konturdan keçən maqnit seli 0,03 san müddətində bərabər sürətlə 48 MVb-dən sıfıra qədər azaldı. Konturun müqaviməti 6 Om olarsa, orada yaranan induksiya EHQ və induksiya cərəyan şiddətini təyin edin.		
Nəticənin müzakirəsi: • Maqnit selinin dəyişməsi nəyə bərabərdir? • İnduksiya EHQ ilə induksiya cərəyan şiddətini necə təyin etdiniz?		

HƏYATLA ƏLAQƏLƏNDİRİN

Məişətimizdə istifadə olunan elektron sərfiyyat ölçən sayğacların iş prinsipi elektromaqnit induksiya qanununun tətbiqlərinə əsaslanmışdır. Məsələn, elektron su sayğacında elektrik cərəyanını keçirən maye selində onun sürəti ilə mütənasib olan induksiya EQY yaranır. İnduksiya cərəyanı cihazın elektron hissəsində elektrik analoquna – rəqəmsal siqnala çevrilir.



- **Elektromaqnit induksiya qanununun tətbiqlərinə aid daha hansı misallar göstərmək olar (elektron resurslardan istifadə edə bilərsiniz)?**

ÖZÜNÜZÜ QIYMƏTLƏNDİRİN

№	Suallar	Bilirəm		
		zəif	orta	yaxşı
1	Uzunluğu 1,8 m olan naqıl 6 m/san sürətlə bircins maqnit sahəsində induksiya vektoruna perpendikulyar olmaqla yerini dəyişir. İnduksiya EQY 5,4 V-dur. Maqnit sahəsinin induksiyaını təyin edin.			
2	400 dolağı olan sarğacda 5 san müddətində maqnit seli bərabər sürətlə 8 MVb-dən 3 MVb-yə qədər azaldı. Sarğacda induksiya EQY-ni təyin edin.			
3	3000 dolaqdan ibarət olan sarğacda 120 V induksiya EQY yaranırsa, sarğacda maqnit selinin dəyişmə sürəti nə qədərdir?			

- **NƏ ÖYRƏNDİNİZ?** “Elektromaqnit induksiya qanunu” xəritəsini qurun.

LAYIHƏ

1.10. ÖZ-ÖZÜNƏ İNDUKSIYA EHQ. MAQNİT SAHƏSİNİN ENERJİSİ

• KEÇDİKLƏRİNİZİ XATIRLAYIN •

Fizika – 7, 9 və 10

Ətalətlilik – cismın mühüm xassələrindən biridir. Ətalət latın sözü “*inertis*” olub fəaliyyətsizlik, tənbəllik mənasında işlənir.

• **Ətalətlilik** – o deməkdir ki, cismə sürətini dəyişməsi üçün həmişə müəyyən zaman lazımdır. Cismə başqa cisimlər təsir etmədikdə (cismə təsir edən bütün qüvvələr bir-birinin təsirini tarazlaşdırırsa) onun öz sükunət halını və ya düzxətli bərabərsürətli hərəkət halını saxlaması hadisəsi **ətalət** adlanır.

• Cismın ətalətlilik ölçüsü – kütlədir.

• Cismın hərəkət enerjisi **kinetik enerji** adlanır. Kinetik enerji ədədi qiymətə cismın sürətin modulunun kvadratı ilə onun kütləsinin hasilinin yarısına bərabərdir:

$$E_k = \frac{mv^2}{2}.$$

Müxtəlif maddələrin yaratdığı maqnit induksiya müxtəlif olduğundan onların maqnit xassələri bir-birindən fərqlənir. Maddələrin maqnit xassələri **maqnit nüfuzluğu** adlanan fiziki kəmiyyətlə xarakterizə edilir.

Maddənin maqnit nüfuzluğu – bircins mühitdə B maqnit induksiyaının modulunun vakuumdakı B_0 maqnit induksiyaının modulundan neçə dəfə fərqləndiyini göstərir:

$$\mu = \frac{B}{B_0} \Rightarrow B = \mu B_0.$$

Burada μ (mü) – maddənin maqnit nüfuzluğudur. O, vahi adsız olan fiziki kəmiyyətdir.

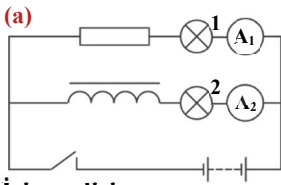
• Xarici təsir olmadan qazın elektrik cərəyanını keçirməsi **müstəqil boşalma** adlanır. Müstəqil boşalmanın növlərindən biri qıgılcım boşalmasıdır.

• **Qıgılcım boşalması** – havada elektrodlar arasında yüksək gərginlik olduqda baş verir və nazik ziqzaq formalı işıqlı kanallar şəklində müşahidə edilir. Boşalma kanalında temperatur 10 000 °C, cərəyan şiddəti 5000 A, gərginlik isə 10^4 V-a qədər ola bilər.

■ İşlək vəziyyətdə olan elektrik məişət cihazlarının (tozsoran, televizor, qızdırıcı və s.) çəngəlini elektrik yuvasından çıxaran zaman yaranan ani qıgılcımı, yəqin ki, hər biriniz müşahidə etmişiniz. Bu o deməkdir ki, havada çəngəl ilə elektrik yuvasının kontaktları arasında minlərlə volt gərginliyə malik qıgılcım boşalması yaranmışdır. Belə qıgılcım boşalması bəzən işlədicinin çəngəlini, yaxud da elektrik yuvasının kontaktını yandırır sıradan çıxarır.

- Niyə elektrik cihazlarını şəbəkədən ayırdıqdan sonra kontaktlar arasındakı havada qıgılcım boşalması yaranır?
- Kontaktlar arasında yüksək gərginlik nədən yaranı bilər?



Lampalar niyə eyni anda işıqlanmadı?**İşin gedışı:**

1. Şəkildə təsvir edilən sxem əsasında elektrik dövrəsini qurun (a).
2. Açıqı qapayın, lampaların işıqlanma ardıcılığını və ampermetrlərin göstəricilərinin necə dəyişdiyini izləyin.
3. Açıqı açın və lampaların sönmə ardıcılığını müşahidə edin.

Təchizat: lampa (hər biri 4 V olmaqla 2 əd.), ampermetr (2 əd.), polad içlikli sarğac, rezistor (etalon müqavimət), sabit cərəyan mənbəyi (düzləndirici), açar, birləşdirici naqillər.

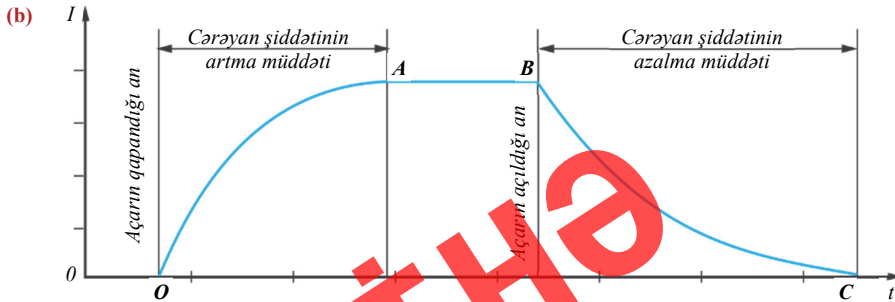
Nəticənin**müzakirəsi:**

- Dövrəni qapadıqda hansı lampanın işıqlanması ləngidi? Bu zaman ampermetrlərin göstəriciləri necə dəyişdi?
- Dövrəni açdıqda nə müşahidə etdiniz? Hadisələrin səbəbinə dair fərziyyənizi söyləyin.

Öz-özünə induksiya EQ. İxtiyari qapalı konturda mövcud olan elektrik cərəyanı özünəməxsus maqnit sahəsi yaradır. Konturda cərəyan şiddəti dəyişdikdə onun hüdudlandığı səthdən keçən maqnit seli də dəyişir. Nəticədə həmin konturda induksiya EQ yaranır.

- *Keçirici konturda cərəyan şiddətinin dəyişməsi nəticəsində həmin konturda induksiya EQ-nin yaranması hadisəsi öz-özünə induksiya hadisəsi adlanır.*

Qapalı konturda cərəyan şiddəti sıfırdan müəyyən qiymətə qədər artdığı zaman bu konturdan keçən maqnit seli də artır. Nəticədə konturda yaranan öz-özünə induksiya EQ həmin konturdan keçən cərəyanın əksinə yönələn induksuya cərəyanı yaradır. Bu cərəyan isə əsas cərəyanın maksimal qiymət almasını ləngidir – cərəyan şiddəti maksimal qiymətə alana qədər müəyyən vaxt gedir (OA əyrisi, b).



Dövrəni açdıqda isə konturda cərəyan şiddəti maksimal qiymətdən sıfıra qədər azalan zaman orada bu cərəyanı davam etdirməyə çalışan öz-özünə induksiya EQ yaranır. O isə konturda induksiya cərəyanı əmələ gətirir. Bu cərəyan Lens qaydasına görə konturdan keçən əsas cərəyanın istiqamətinə yönəlməklə onun azalmasını ləngidir (BC əyrisi, b).

Deyilənlərdən aydın olur ki, konturda yaranan məxsusi maqnit seli həmin konturdan keçən cərəyan şiddəti ilə mütənəsibdir: $\Phi \sim I$ və ya:

$$\Phi = LI. \quad (1)$$

Burada L – mütənasiblik əmsalı olub *konturun (sarğacın) induktivliyi* adlanır. *İnduktivlik konturun həndəsi ölçülərindən, onun daxilindəki mühitin maqnit nüfuzluğundan, vahid uzunluqdakı sarğıların sayından asılıdır. O, konturdan keçən cərəyan şiddətindən və maqnit selindən asılı deyildir.*

İnduktivlik skalyar kəmiyyətdir və BS-də vahidi ABŞ alimi Cozef Henrinin şərəfinə *henri* (1 Hn) adlandırılmışdır:

$$[L] = \frac{[\Phi]}{[I]} = 1 \frac{Vb}{A} = 1 \text{ Hn}.$$

• *1Hn konturun (sarğacın) elə induktivliyidir ki, ondakı cərəyan şiddəti 1 A olduqda konturdan keçən məxsusi maqnit seli 1 Vb olsun.*

Elektromaqnit induksiya qanununda (1) ifadəsini nəzərə aldıqda öz-özünə induksiya *EHQ-nin qapalı konturdan keçən cərəyan şiddətinin dəyişmə sürəti ilə düz mütənasib olduğu* alınar:

$$\mathcal{E}_0 = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{\Delta(LI)}{\Delta t} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}. \quad (2)$$

Burada $\mathcal{E}_0$ – öz-özünə induksiya *EHQ*, $\frac{\Delta I}{\Delta t}$ isə konturdan keçən cərəyan şiddətinin dəyişmə sürətidir.

Maqnit sahəsinin enerjisi. Enerjinin saxlanması qanununa görə, qapalı konturda öz-özünə induksiya *EHQ-nin yaranmasına səbəb olan iş onu yaradan maqnit sahəsinin enerjisinə bərabər olacaqdır.* Bu enerjiyi təyin etmək məqsədilə ətalətlilik ilə öz-özünə induksiya hadisələrinin oxşarlığından istifadə etmək əlverişlidir. Belə ki, mexaniki hadisələrdə cism m kütləsi onun v sürətinin dəyişməsində hansı rola malikdirsə, elektromaqnit hadisələrində də konturun L induktivliyi ondan keçən I cərəyan şiddətinin dəyişməsində həmin rolu oynayır. Analoji olaraq elektromaqnit hadisələrində konturun yaratdığı maqnit sahə enerjisini mexaniki hadisələrdə cism m kinetik enerjisində oxşar götürmək olar:

$$W_m = \frac{LI^2}{2}. \quad (3)$$

Bu ifadədə (1) düsturunu nəzərə aldıqda maqnit sahəsinin enerjisi üçün daha iki düstur yazmaq olar:

$$W_m = \frac{\Phi^2}{2L} = \frac{\Phi I}{2}. \quad (4)$$

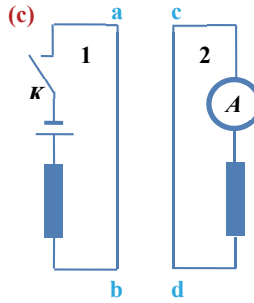
Nəzəri hesablamalardan müəyyən edilmişdir ki, *maqnit sahəsinin enerji sıxlığı maqnit induksiyaının kvadratından düz, mühitin maqnit nüfuzluğundan tərs mütənasib asılıdır:*

$$w_m = \frac{B^2}{2\mu_0\mu}. \quad (5)$$

Burada μ_0 – maqnit sabitidir: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Hn}}{\text{m}}.$

İnduksiya EHQ və induksiya cərəyan şiddətini təyin edin.

- **Məsələ.** 1 və 2 elektrik dövrəsi şəkildəki kimi yerləşdirilmişdir (c). 2 dövrəsinin cd hissəsində yaranan induksiya cərəyanının istiqamətini təyin edin:
 - a) K açarını qapadıqda;
 - b) K açarını açdıqda.



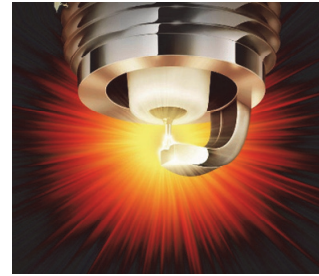
Nəticənin müzakirəsi:

- Məsələnin həlli ilə əlaqədar hansı hadisəni tətbiq etdiniz?
- Hansı nəticəyə gəldiniz? Niyə?

HƏYATLA ƏLAQƏLƏNDİRİN

Avtomobilin mühərrikini işə salmaq üçün alovlandırıcı şamın ucları arasına 10 kV gərginlik verilməlidir ki, orada güclü qı-ğılcm yaransın və silindrdəki yanacağı alovlandırsın. Bu zaman nəzərə alın ki, avtomobilin akkumulyatoru işə cəmi 12 V gərginlik verə bilər.

- **Avtomobilin alovlandırıcı şam dövrəsində belə yüksək gərginlik nəyin hesabına alınır?**



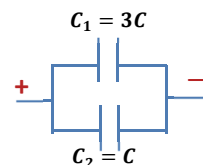
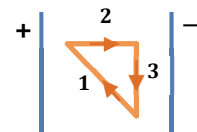
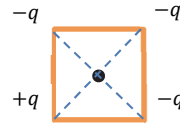
ÖZÜNÜZÜ QIYMƏTLƏNDİRİN

№	Suallar	Bilirəm		
		zəif	orta	yaxşı
1	Sarğacda 0,4 san müddətində cərəyan şiddəti bərabər sürətlə 3 A-dan 9 A -ya qədər artdı. Bu zaman orada 12 V öz-özünə induksiya EHQ əmələ gəldi. Sarğacın induktivliyini təyin edin.			
2	Bəzən hesablamalarda induktivliyin vahidi $1 \text{ Hn} = 1 \frac{\text{V} \cdot \text{san}}{\text{A}}$ -ya bərabər olur. Bunu isbat edin.			
3	Şəkildə eyni iki sarğacda cərəyan şiddətinin zamanla görə dəyişmə qrafiki təsvir edilmişdir. Hansı sarğacda daha böyük və neçə dəfə böyük öz-özünə induksiya EHQ yaranar?			



- **NƏ ÖYRƏNDİNİZ?** Verilən açar sözlərin fiziki mənasını iş vərəqinə yazın: “öz-özünə induksiya”, “öz-özünə induksiya EHQ”, “induktivlik”, “maqnit sahəsinin enerjisi”, “maqnit sahəsinin enerji sıxlığı”.

- 1.1. Yükləri 7 q və -13 q olan iki eyni keçirici kürəni bir-birinə toxundurub ayırdıqdan sonra onların hər birində nə qədər yük qalar?
- 1.2. Xörək qaşığı 18 q su tutur. Təyin edin:
 a) sudakı molekulların sayını;
 b) bir su molekulundakı elektronların sayını;
 c) bütün elektronların sayını;
 d) bütün elektronların ümumi yükünü.
- 1.3. İki elektron arasındakı elektromaqnit itələmə qüvvəsi onlar arasındakı qravitasiya cazibə qüvvəsindən neçə dəfə böyükdür? Elektronun kütləsi $m = 9,1 \cdot 10^{-31}\text{ kq}$ -dır.
- 1.4. Kütləsi $m = 2,5 \cdot 10^{-11}\text{ kq}$ olan toz dənəciyi $q = 5 \cdot 10^{-12}\text{ Kl}$ yükə malikdir. Toz dənəciyi şaquli bircins elektrik sahəsində sükunətdə asılı vəziyyətdə olarsa, sahənin intensivliyini təyin edin ($g = 9,8 \frac{\text{N}}{\text{kq}}$).
- 1.5. Aralarındakı məsafə 20 sm olan iki nöqtəvi $q_1 = 3 \cdot 10^{-7}\text{ Kl}$ və $q_2 = 2 \cdot 10^{-7}\text{ Kl}$ yüklərini birləşdirən xəttin ortasında yerləşən nöqtədə bu yüklərin yaratdığı elektrik sahəsinin intensivliyi nəyə bərabərdir?
- 1.6. Kvadratin mərkəzində hər bir nöqtəvi yükün yaratdığı elektrik sahə intensivliyi E -dir. Bu nöqtədə yekun intensivlik nəyə bərabərdir?
- 1.7. Nöqtəvi 10^{-8} Kl yükün 30 sm məsafədə yaratdığı elektrik sahə intensivliyini təyin edin.
- 1.8. Vakuumda bir-birindən 5 sm məsafədə yerləşdirilən iki müstəvi lövhə arasındakı bircins elektrik sahə intensivliyi 10^3 V/m -dur. Təyin edin:
 a) bu lövhələr arasındakı potensiallar fərqi; b) elektrik sahəsinin $q = 8 \cdot 10^{-6}\text{ Kl}$ yükünü bir lövhədən digərinə yerini dəyişərkən gördüyü işi.
- 1.9. Vakuumda bir-birindən $0,1\text{ m}$ məsafədə yerləşən yüklü müstəvi lövhələr arasındakı potensiallar fərqi 220 V -dur. Bu lövhələrin yaratdığı bircins elektrik sahə intensivliyi nəyə bərabərdir?
- 1.10. Nöqtəvi $+q$ yükü paralel müstəvi lövhələrin yaratdığı bircins elektrik sahəsində hərəkət etdirilir. Təyin edin:
 a) trayektoriyanın 1 hissəsində elektrik sahəsinin gördüyü işi və yükün potensial enerjisinin dəyişməsi;
 b) trayektoriyanın 2 hissəsində elektrik sahəsinin gördüyü işi və yükün potensial enerjisinin dəyişməsi;
 c) trayektoriyanın 3 hissəsində elektrik sahəsinin gördüyü işi və yükün potensial enerjisinin dəyişməsi.
- 1.11. Müstəvi kondensatordakı yükün miqdarını 6 dəfə artırıb lövhələri arasındakı məsafəni 4 dəfə azaltdıqda bu kondensatorun elektrik tutumu necə dəyişər?
- 1.12. Müstəvi kondensatorun lövhələri arasındakı gərginliyin sabit qiymətində elektrik tutumu 3 dəfə artırıldı. Təyin edin:
 a) kondensatorun enerjisinin necə dəyişdiyini;
 b) kondensatorun yükünün miqdarının necə dəyişdiyini.
- 1.13. Şəkildə iki kondensatorun birləşmə sxemi təsvir edilmişdir. Təyin edin:
 a) bu kondensatorların enerjiləri arasındakı münasibəti;
 b) bu kondensatorların yüklərinin miqdarı arasındakı münasibəti;
 c) bu kondensatorların gərginlikləri arasındakı münasibəti.



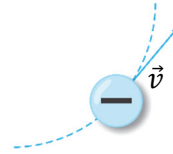
1.14. Şəkilə iki kondensatorun birləşmə sxemi təsvir edilmişdir. Təyin edin:

- bu kondensatorların enerjiləri arasındakı münasibəti;
- bu kondensatorların yüklərinin miqdarı arasındakı münasibəti;
- bu kondensatorların gərginlikləri arasındakı münasibəti.



1.15. Yüklü zərrəcik bircins maqnit sahəsində düzxətli bərabərsürətli hərəkət edə bilərmə? Cavabınızı əsaslandırın.

1.16. Şəkilə elektronun bircins maqnit sahəsində hərəkət trayektoriyası təsvir edilmişdir. Maqnit sahəsinin induksiya vektorunun istiqamətini təyin edin.



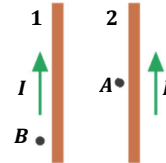
1.17. Elektron bircins maqnit sahəsində induksiya xətlərinə perpendikulyar istiqamətdə $v = 5 \cdot 10^6 \text{ m/san}$ sürəti ilə hərəkət edir. Sahənin maqnit induksiya vektorunun modulu $0,02 \text{ Tl}$ -dir.

Təyin edin: a) elektrona təsir edən Lorens qüvvəsini; b) elektronun cızdığı çevrənin radiusunu.

1.18. Paralel 1 və 2 naqillərindəki cərəyan şiddəti eynidir.

Təyin edin:

- 1 naqilinin 2 naqili yaxınlığındakı A nöqtəsində yaratdığı maqnit sahəsinin induksiya vektorunun istiqamətini;
- 2 naqilinin 1 naqili yaxınlığındakı B nöqtəsində yaratdığı maqnit sahəsinin induksiya vektorunun istiqamətini.



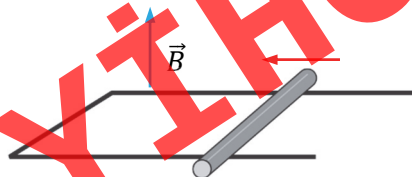
1.19. Verilənlərə əsasən cərəyanlı naqilə təsir edən Amper qüvvəsinin modulunu təyin edin:

- $B = 2 \text{ Tl}, I = 6 \text{ A}, l = 75 \text{ sm}, \alpha = 0^\circ$;
- $B = 2 \text{ Tl}, I = 6 \text{ A}, l = 75 \text{ sm}, \alpha = 30^\circ$.

1.20. Şaquli yuxarı yönələn maqnit sahəsində üfüqi yerləşən metal rels üzrə keçirici çubuq hərəkət edir.

Təyin edin:

- çubuqda yaranan induksiya cərəyanının istiqamətini;
- çubuğun relslə əmələ gətirdiyi qapalı konturun mərkəzində induksiya cərəyanının yaratdığı maqnit induksiya vektorunun istiqamətini;
- çubuğa təsir edən Amper qüvvəsinin istiqamətini.



• MÜXTƏLİF MÜHİTLƏRDƏ SABİT CƏRƏYAN QANUNLARI



- Aparılan araşdırmalardan xüsusi elektrik keçiriciliyi yüksək olan (20°C -də) 4 lider metal müəyyənləşdirilmişdir:

1) gümüş – $6,8 \cdot 10^7 \frac{1}{\text{Om}\cdot\text{m}}$;

2) mis – $5,9 \cdot 10^7 \frac{1}{\text{Om}\cdot\text{m}}$;

3) qızıl – $4,5 \cdot 10^7 \frac{1}{\text{Om}\cdot\text{m}}$;

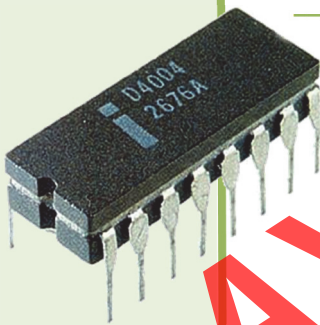
4) alüminium – $3,8 \cdot 10^7 \frac{1}{\text{Om}\cdot\text{m}}$.

- Xüsusi elektrik keçiriciliyi nədir? O necə müəyyən olunur?

- Bəryeflə bəzədilmiş bu badə 1870-ci ildə “Metropolitan” muzeyi (Nyu-York, ABŞ) tərəfindən çox baha qiymətə alınmışdır. Bu əsər iki əsr yarımındır ki, insanları öz mürəkkəbliyi və eyni zamanda zərifliyi ilə təəccübləndirir. Lakin maraqlıdır ki, heç bir tamaşaçı əsərin barokko və manyerizm zərgərlərinin (XVII əsr) əl işinin surəti olduğunu hiss etməyib. Yalnız ekspertlər laboratoriya üsulu ilə müəyyənləşdirə biliblər ki, o, orijinalın 1840-cı ildə elektroliz üsulu ilə hazırlanmış surətidir.

- Belə zərif əşya elektroliz üsulu ilə necə hazırlana bilər?

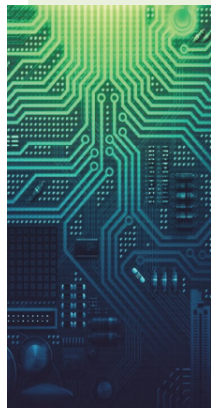
- Elektrolizin daha hansı qeyri-adi tətbiqləri var?



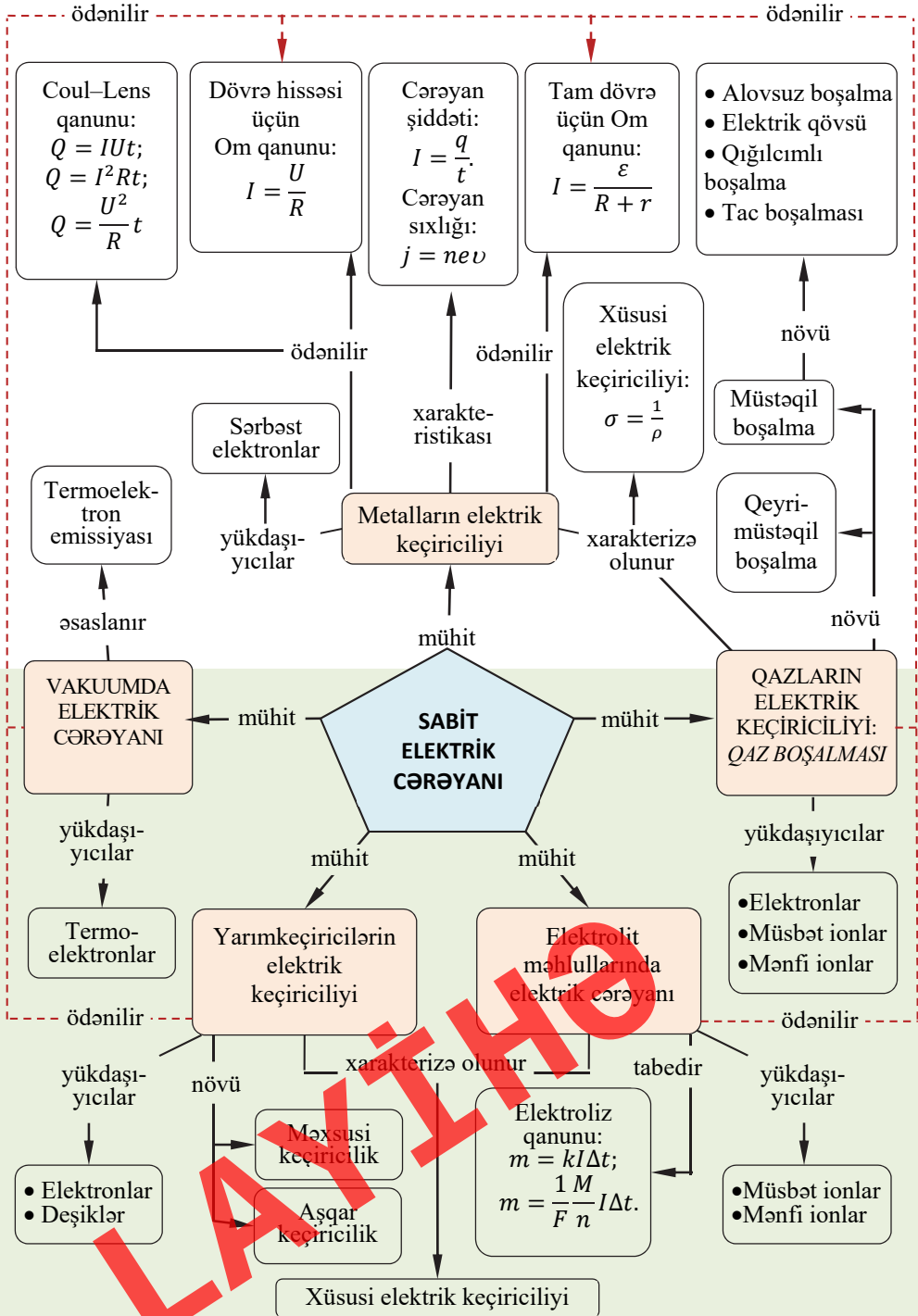
- “Intel” korporasiyası (ABŞ) 15 noyabr 1971-ci ildə ilk mikroprosessoru – “Intel 4004”ü istehsal etdi. Bu cihaz cəmi 2300 tranzistordan ibarət idi.

Firmanın 2011-ci ildə istehsal etdiyi ikinci nəsil “Intel Core” mikroprosessoru (çip) isə $\approx 10^9$ tranzistordan təşkil olunmuşdur. Mütəxəssislər iddia edirlər ki, hazırda Yer kürəsində adambaşına $\approx 10^6$ ədəd tranzistor düşür.

- Tranzistor nədir?
- Niyə mikrosxemlərin (çiplərin) əsas hissəsini tranzistorlar təşkil edir?



Fəslin "Anlayışlar xəritəsi"



2.1. METALLARIN ELEKTRİK KEÇİRİCİLİYİNİN ELEKTRON NƏZƏRİYYƏSİNİN ELEMENTLƏRİ

• KEÇDİKLƏRİNİZİ XATIRLAYIN •

Fizika – 8 və 9

- Naqıl – elektrik cərəyanını yaxşı keçirən maddədir. Naqillərə aiddir: metallar, elektrolit məhlul və ərintiləri, plazma. Rütubətli hava, insan və heyvan bədənə də elektrik cərəyanını keçirir.
- Elektrik cərəyanının istiqaməti şərti olaraq naqıl daxilindəki elektrik sahəsinin intensivlik vektorunun istiqaməti qəbul edilmişdir.
- Metal naqillərin elektrik keçiriciliyinin fiziki mexanizmi klassik elektron nəzəriyyəsinin əsas müddəaları ilə müəyyən edilir. Bunlar aşağıdakılardır:
- Metallar – kristal quruluşa malik fiziki sistemdir. Adı halda metal atomları elektronunu itirərək müsbət iona çevrilir. Kristal qəfəsin düyünlərində yerləşən bu ionlar müəyyən tarazlıq vəziyyətləri ətrafında rəqsi hərəkət edir. Ona görə də ionlar metallarda elektrik cərəyanının yaranması prosesində iştirak edə bilmir.
- Metaldakı elektronlar ionlararası fəzada sərbəst hərəkət edir. Ona görə də belə elektronlar **sərbəst elektronlar** adlanır. Müəyyən olunmuşdur ki, metallarda sərbəst elektronların konsentrasiyası $10^{26} \div 10^{28} \frac{1}{m^3}$ - dir.
- Elektrik sahəsi olmadıqda sərbəst elektronlar çoxsaylı toqquşmalar nəticəsində xaoslu hərəkət edir. Bu hərəkət qaz molekullarının nizamsız istilik hərəkətinə bənzədiyindən metallardakı sərbəst elektronlara **elektron qazı modeli** kimi baxılır.
- Naqili cərəyan mənbəyinə birləşdirdikdə yaranan elektrik sahəsi sərbəst elektronların xaoslu hərəkətinə müəyyən istiqamətdə nizamlılıq verir. Bu zaman hər bir elektronun nizamlı hərəkət sürəti iki amildən asılı olur: a) ionlarla toqquşmaları sayından; b) elektrik sahəsindən. Naqillərdə sərbəst elektronların nizamlı hərəkətinin sürəti çox kiçikdir.

■ Tarixdən məlumdur ki, skiflər döyüşdə həlak olmuş həmvətənlərini böyük tən-tənə ilə dəfn edirdilər. Onlar torpağa cənazə ilə birlikdə qiymətli metallardan hazırlanmış çoxlu miqdarda bəzək əşyaları da basdırırdılar. Bu səbəbdən sonralar skif kurqanları oğrular üçün mənfəət mənbəyinə çevrilirdi. Lakin çoxsaylı adi kurqan və təpəciklər arasından skif kurqanını necə təyin etmək olar? Tədbirli oğrular bu məqsədlə tufan zamanı şimşəyin hansı təpəciyi vurmasını diqqətlə izləyirdilər. Onlar hesab edirdilər ki, şimşək Yerənin altında gizlədilmiş metalları “hiss edir” və yalnız onların basdırıldığı yeri vurur.

- **Şimşəyin qiymətli metalların basdırıldığı yeri “vurmasının” fiziki əsası varmı? Fərziyyənizi əsaslandırın.**



Məsələ 1. Metalda sərbəst elektronların xaosik hərəkət sürətini enerjinin saxlanması qanununa görə $\frac{m_e v^2}{2} = \frac{3}{2} kT$ düsturuna əsasən müəyyən etmək olar. $T = 300 \text{ K}$ temperaturunda (otaq temperaturunda) sərbəst elektronların metal daxilində xaosik hərəkət sürətini təyin edin ($m_e = 9 \cdot 10^{-31} \text{ kq}$, $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ C/K}$).

Nəticənin müzakirəsi:

- Sərbəst elektronların metalda xaosik hərəkət sürəti nəyə bərabərdir?
- Sərbəst elektronların metal daxilində hansı sürətləri böyükdür: xaosik hərəkət sürətləri, yoxsa nizamlı hərəkət sürətləri? Fərziyyənizi əsaslandırın.

I. Elektrik keçiriciliyi: xüsusi keçiricilik.

• *Elektrik keçiriciliyi* (və ya sadəcə: *keçiricilik*) – maddənin elektrik cərəyanını keçirə bilmək xassəsidir. Maddənin bu xassəsi ədədi qiymətə *xüsusi elektrik keçiriciliyi* (və ya: *xüsusi keçiricilik*) adlı fiziki kəmiyyətlə xarakterizə olunur.

• *Xüsusi keçiricilik* – ədədi qiymətə maddənin xüsusi müqavimətinin tərs qiymətinə bərabər fiziki kəmiyyətdir:

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

Burada σ – maddənin xüsusi keçiriciliyi olub BS-də vahidi $\frac{1}{\text{Om} \cdot \text{m}}$ -dir.

Xüsusi keçiriciliyin qiymətindən asılı olaraq maddələr 3 qrupa ayrılır: 1. *Naqillər* (keçiricilər) – xüsusi keçiriciliyi $\sigma > 10^6 (\text{Om} \cdot \text{m})^{-1}$ olub elektriki yaxşı keçirən maddələrdir. 2. *Dielektriklər* – xüsusi keçiriciliyi $\sigma < 10^{-8} (\text{Om} \cdot \text{m})^{-1}$ olub elektriki keçirməyən maddələrdir. *Dielektriklərə* aiddir: qazlar, bəzi mayələr (distillə edilmiş su, yağ və s.), şüşə, kauçuk, saxsı və s. 3. *Yarımkəçiricilər* – xüsusi keçiriciliyi dielektriklər ilə naqillər arasında olan maddələrdir. *Yarımkəçiricilərə* aiddir: germanium, silisium, qalay, bəzi oksidlər və sulfidlər, telluridlər və s.

II. Metalların elektrik keçiriciliyi. Metallar xüsusi keçiriciliyinə görə iki qrupa bölünür: yüksək və zəif elektrik keçiriciliyinə malik metallar (bax: **cədvəl 2.1**).

Metalların elektrik keçiriciliyinin klassik elektron nəzəriyyəsindən çıxan əsas nəticələr aşağıdakılardır:

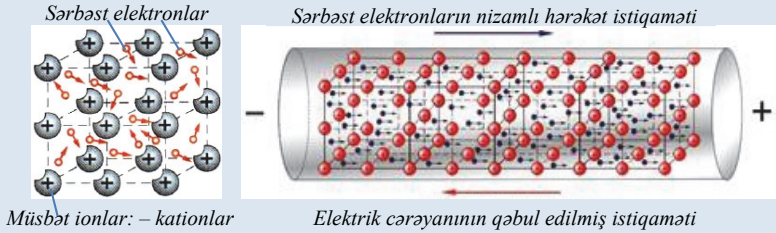
1. *Metallar – dünyələrdə elektronunu itirən müsbət ionlar olan kristal qəfəsə malikdir. Bu ionlar yalnız öz tarazlıq vəziyyətləri ətrafında rəqsi hərəkət edir.* 2. *Metallarda vahid həcmdəki sərbəst elektronların sayı (konsentrasiyası), demək olar, vahid həcmdəki atomların sayı qədərdir; məsələn, misdə sərbəst elektronların konsentrasiyası $n = 8,5 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3}$ -dür.* 3. *Sərbəst elektronlar kristal qəfəsin bütün həcmində xaosik hərəkət edir.* 4. *Sərbəst elektronların xaosik hərəkət etməklə yalnız ionlarla toqquşur.* 5. *Sərbəst elektronlar toqquşma zamanı öz kinetik enerjilərini tamamilə ionlara verir.* 6. *Sərbəst elektronların hərəkəti Nyuton qanunlarına tabedir.*

7. *Metal xarici elektrik sahəsinə gətirildikdə (onun uclarında potensiallar fərqi yaradıldıqda) xaosik hərəkət edən sərbəst elektronlar nizamlı hərəkət alır – metal naqildə elektrik cərəyanı yaranır.*

Cədvəl 2.1. Bəzi metalların xüsusi müqaviməti və xüsusi keçiriciliyi

Maddə	ρ , $\text{Om} \cdot \text{m}$	σ , $(\text{Om} \cdot \text{m})^{-1}$
Gümüş	$1,47 \cdot 10^{-8}$	$6,8 \cdot 10^7$
Mis	$1,7 \cdot 10^{-8}$	$5,9 \cdot 10^7$
Qızıl	$2,22 \cdot 10^{-8}$	$4,5 \cdot 10^7$
Alüminium	$2,55 \cdot 10^{-8}$	$3,9 \cdot 10^7$
Volfraam	$5,3 \cdot 10^{-8}$	$1,9 \cdot 10^7$
Platin	$9,8 \cdot 10^{-8}$	$1,02 \cdot 10^7$
Dəmir	$12 \cdot 10^{-8}$	$8,3 \cdot 10^6$
Qurğuşun	$20 \cdot 10^{-8}$	$5,0 \cdot 10^6$
Nikelin	$40 \cdot 10^{-8}$	$2,5 \cdot 10^6$
Nixrom	$110 \cdot 10^{-8}$	$9,1 \cdot 10^5$

Metal daxilində kollektivləşmiş sərbəst elektronlar ideal qaz molekulları kimi daim xaosluq hərəkətdədir. Bu kollektivləşmiş “elektron qazı” bütün kristal üçün ümumi olub müsbət yüklü ionları əlaqələndirməklə güclü metallik rabitə əmələ gətirir. Metal daxilində elektrik sahəsi yaradıldıqda elektronlara intensivlik vektorunun əksi istiqamətində $\mathbf{F}_e = e\mathbf{E}$ elektrik qüvvəsi təsir edir. Həmin qüvvə xaosluq hərəkət edən elektronlara nizamlı hərəkət verir. Digər tərəfdən bu elektronlara qəfəs düyünlərində yerləşən ionlar tormozlayıcı təsir göstərir. Nəticədə bu iki qüvvənin təsirinə məruz qalan sərbəst elektronların nizamlı hərəkət sürəti sabit qalır – metalda sabit cərəyan yaranır. Lakin elektrik cərəyanının istiqaməti 1820-ci ildə fransız alimi Amperin təklifi ilə müsbət yüklü zərrəciklərin hərəkət istiqaməti (xarici elektrik sahəsinin intensivlik vektorunun istiqaməti) qəbul edilmişdir.



Metallarda elektrik cərəyanını xarakterizə edən fiziki kəmiyyətlər *cərəyan şiddəti* və *cərəyan sıxlığıdır*.

• *Cərəyan şiddəti* – ədədi qiymətcə vahid zamanda naqilin en kəsiyindən keçən elektrik yükünün miqdarına bərabərdir. Əgər naqilin en kəsiyindən Δt müddətində Δq miqdarda elektrik yükü keçərsə, cərəyan şiddəti:

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = q'(t). \quad (2)$$

Deməli, *cərəyan şiddəti* – elektrik yükünün zamana görə birinci tərtib törəməsinə bərabərdir.

• *Cərəyan şiddətinin qiyməti və cərəyanın istiqaməti zaman keçdikcə dəyişmirsə, belə cərəyan sabit cərəyan adlanır:*

$$I = \frac{q}{t}. \quad (3)$$

Cərəyan şiddəti skalyar fiziki kəmiyyət olub BS-də vahidi *amperdir*: $[I] = 1 \text{ A}$.

Cərəyan şiddətinin vahidi amper elektrik cərəyanının maqnit təsirinə əsasən müəyyən edilmişdir.

• *1 A elə cərəyan şiddətidir ki, vakuumdakı aralarındakı məsafə 1 m olan iki paralel sonsuz uzun və nazik naqillərin hər birindən eyni şiddətdə cərəyan keçdikdə onların hər birinin, digərinin 1 m uzunluqlu hissəsinə $2 \cdot 10^{-7} \text{ N}$ qüvvə ilə təsir etmiş olsun.*

Cərəyan şiddəti yükdaşıyıcı zərrəciyin yükündən (q_0), onların konsentrasiyasından, istiqamətlənmiş hərəkət sürətindən və naqilin en kəsiyindən asılıdır:

$$I = q_0 n v S. \quad (4)$$

Metallarda yükdaşıyıcılar sərbəst elektronlar (e) olduğundan (4) ifadəsini belə də yazmaq olar:

$$I = e n v S. \quad (5)$$

• *Cərəyan sıxlığı* – ədədi qiymətcə naqildəki cərəyan şiddətinin onun en kəsik sahəsinə nisbətində bərabər fiziki kəmiyyətdir:

$$j = \frac{I}{S}. \quad (6)$$

Cərəyan sıxlığı vektorial kəmiyyətdir. Cərəyan sıxlığı vektoru naqildən keçən cərəyan istiqamətində yönəlidir. Onun BS-də vahidi metr-kvadratında amperdir:

$$[j] = 1 \frac{A}{m^2}.$$

(5) ifadəsi (6)-da nəzərə alınırsa, metal naqildəki cərəyan sıxlığı üçün alınır:

$$j = env.$$

(7)

TƏTBİQETMƏ

ARAŞDIRMA

2

Elektronun metal naqildə nizamlı hərəkət sürəti nə qədərdir?

Məsələ 2. En kəsiyinin sahəsi $0,5 \text{ sm}^2$ olan metal naqildən keçən cərəyan şiddəti 12 A-dır. Naqildəki sərbəst elektronların konsentrasiyası $5 \cdot 10^{21} \text{ sm}^{-3}$ olarsa, bu elektronların nizamlı hərəkətinin orta sürətini təyin edin (elektronun yükü $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Kl}$).

Nəticənin müzakirəsi:

- Metal naqildə sərbəst elektronların nizamlı hərəkət sürətini hansı düsturdan təyin edirsiniz?
- Metal naqildə sərbəst elektronların çox kiçik nizamlı hərəkət sürətinə malik olmasının səbəbi nədir?

HƏYATLA ƏLAQƏLƏNDİRİN

Yəqin ki, diqqət etməsiniz: ixtiyari elektrik dövrəsini qapayan an dövrədəki elektrik işlədiciyi işə düşür – otaqdakı lampa işıqlanır, kompüter, elektrik su qızdırıcısı və s. dərhal işə düşür.

- Elektrik cərəyanı qapalı naqildə hansı sürətlə yayılır?
- Elektrik cərəyanının naqildən keçmə sürətinin oradakı sərbəst elektronların nizamlı hərəkət sürəti ilə eyni olduğunu iddia etmək olarmı?
- Naqildən elektrik cərəyanının keçməsi nə deməkdir?

ÖZÜNÜZÜ QIYMƏTLƏNDİRİN

№	Suallar	Bilirəm		
		zəif	orta	yaxşı
1	Lampada cərəyan şiddəti 0,5 A-dır. Lampanın közərmə telinin en kəsiyindən 1 san müddətində neçə elektron keçər (elektronun yükü: $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Kl}$)?			
2	Paltaryuyan maşının mühərrikində cərəyan şiddəti 12A-dır. Mühərrikdən 1 saat müddətində keçən elektrik yükünün miqdarını təyin edin.			
3	Metallarda sərbəst elektronlardan başqa, daha hansı yüklü zərrəciklər vardır? Onlar harada yerləşir? A) Atomlar; kristal qəfəsin düyünlərində B) Mənfi ionlar; kristal qəfəsin düyünlərində C) Müsbət ionlar; kristal qəfəsin düyünlərində D) Müsbət və mənfi ionlar; kristal qəfəsin düyünlərində E) Mənfi ionlar; hər biri üçün sabit nöqtədə			

NƏ ÖYRƏNDİNİZ? İş vərəqinə “elektrik keçiriciliyi”, “xüsusi keçiricilik”, “cərəyan şiddəti”, “cərəyan sıxlığı” anlayışlarının təriflərini və “metalların elektrik keçiriciliyinin klassik elektron nəzəriyyəsindən çıxan əsas nəticələri”ni qeyd edin.

2.2. DÖVRƏ HİSSƏSİ ÜÇÜN OM QANUNU. MÜQAVİMƏT. İFRAT KEÇİRİCİLİK

• KEÇDİKLƏRİNİZİ XATIRLAYIN •

Fizika – 8 və 9

R – naqilin xarakteristikası olub elektrik müqavimətidir. Onun BS-də vahidi Om-dur: $[R] = \frac{[U]}{[I]} = 1 \frac{V}{A} = 1 \text{ Om}$.

- Naqilin müqaviməti onun uzunluğundan, en kəsik sahəsindən və hazırlandığı maddədən asılıdır: $R = \frac{l}{S} \rho$.

Burada ρ – xüsusi müqavimətdir.

- Xüsusi müqavimət – ədədi qiymətə uzunluğu 1 m, en kəsiyinin sahəsi 1 m² olan naqilin müqavimətidir. O, naqilin hazırlandığı maddədən asılı olan fiziki kəmiyyət olub BS-də vahidi ommetrdir: $[\rho] = \frac{[S]}{[l]} \cdot [R] = 1 \frac{m^2}{m} \cdot \text{Om} = 1 m \cdot \text{Om}$.

- Metal naqilin müqaviməti temperaturdan asılıdır. Kiçik temperatur intervalında metal naqillərin müqaviməti temperaturdan xətti asılıdır:

$$R = R_0(1 + \alpha \Delta t) \text{ və ya } R = R_0(1 + \alpha \Delta T).$$

Burada α – müqavimətin temperatur əmsalıdır.

- Müqavimətin temperatur əmsalı ədədi qiymətə naqili 1°C (1 K) qızdırdıqda onun müqavimətinin nisbi dəyişməsinə bərabərdir: $\alpha = \frac{R - R_0}{R_0 \Delta t} = \frac{R - R_0}{R_0 \Delta T}$.

Təmiz metallar üçün müqavimətin temperatur əmsalı həmişə $\alpha > 0$ olur və müxtəlif metallar üçün müxtəlif qiymətə bərabərdir.

- Naqilin elektrik müqavimətinin sıfıra qədər azaldığı temperatur böhran temperaturu, ondan aşağı temperaturdakı keçiricilik isə ifrat keçiricilik adlanır.

- Tibbi diaqnostikada istifadə olunan müasir fiziki cihazlardan biri *ifrat keçirici kvant interferometridir*. Cihaz insan beyninin *maqnitoensefaloqrafiya* texnologiyasını həyata keçirir.

Bu texnologiya beyin neyronlarının qarşılıqlı təsiri nəticəsində yaranan elementar elektrik cərəyanlarının zəif maqnit sahəsini ölçməyə və onu vizuallaşdırmağa imkan verir. Nəticədə beyin xəstəliklərinin mənbəyi və inkişaf səviyyəsi aşkar olunur.

- İfrat keçirici maddələr adi keçiricilərdən nə ilə fərqlənir?

- Niyə həssas cihazların əsas hissəsi ifrat keçiricilərdən hazırlanır?



Metal naqilin xüsusi müqaviməti nədən asılıdır?

Məsələ 1. Elektrik qızdırıcısının əsas hissəsi xüsusi metal ərintilərindən hazırlanan naqildən ibarətdir. Qızdırıcıda hansı naqildən istifadə olunur:

- xüsusi müqaviməti böyük olan, yoxsa kiçik?
- uzunluğu böyük olan, yoxsa kiçik?
- en kərik sahəsi böyük olan, yoxsa kiçik?

Nəticənin müzakirəsi:

- Metal naqilin müqaviməti və xüsusi müqaviməti nədən asılıdır?

Dövrə hissəsi üçün Om qanunu. Naqildən elektrik cərəyanının keçməsi üçün onun uclarında potensiallar fərqi olmalıdır. Elektrik dövrəsinin ixtiyari hissəsinin uclarındakı potensiallar fərqi (elektrik gərginliyi) ədədi qiymətə həmin hissə boyunca 1 Kl yük keçdikdə görülən işə bərabərdir:

$$U = \frac{A}{q}. \quad (1)$$

Dövrə hissəsindən keçən cərəyan şiddəti həmin hissənin uclarındakı gərginlikdən asılıdır. Bu asılılıq 1827-ci ildə alman alimi Georq Om (1787–1854) tərəfindən təcrübə olaraq müəyyən edilmiş və **Om qanunu** adlanır.

• *Dövrənin müəyyən hissəsindəki cərəyan şiddəti həmin hissənin uclarındakı gərginliklə düz, onun müqaviməti ilə tərs mütənasibdir:*

$$I = \frac{U}{R}. \quad (2)$$

İstənilən növ naqildən keçən cərəyan şiddətinin onun uclarındakı gərginlikdən asılılığı naqilin *volt-ampere xarakteristikası* (VAX) adlanır. Metal naqillər üçün VAX koordinat başlanğıcından keçən düz xətdir **(a)**.

• *Dövrə hissəsindəki cərəyan şiddətinin onun müqavimətinə hasili gərginlik düşküsi adlanır:*

$$U = IR. \quad (3)$$

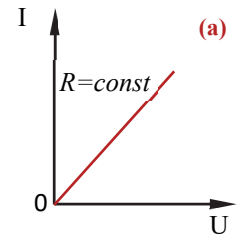
Burada R – naqilin müqavimətidir. O, naqilin əsas elektrik xarakteristikalarından biridir. Naqilin müqaviməti gərginlik və cərəyan şiddətindən asılı deyildir.

• *Metal naqilin müqaviməti onun materialından, həndəsi ölçülərindən və temperaturundan asılıdır.*

$$R = \rho \frac{l}{S}. \quad (4)$$

Naqilin müqaviməti *ommetr* adlanan cihazla ölçülür. Cihazda müqavimət Ω (omega) simvolu ilə işarə edilir **(b)**. Cihazın birləşdirici naqillərini müqaviməti ölçülən metal məftilin uclarına toxundurmaq kifayət edir.

Metalların müqavimətinin temperaturdan asılılığı. Müqavimət naqildə elektrik cərəyanının yaranmasına göstərilən əks-təsirin ölçüsüdür. Klassik elektron nəzəriyyəsinə görə, metal naqildə müqavimətin yaranmasının səbəbi nizamlı hərəkət



edən sərbəst elektronların kristal qəfəsin düyünlərində rəqsi hərəkətdə olan müsbət ionlarla toqquşmasıdır. Naqilin temperaturu artdıqda hər bir elektronun sərbəst yolunun uzunluğu (ionlarla iki ardıcıl toqquşma arasındakı məsafə) və bu yola sərf etdiyi orta zaman müddəti azalır. Kristal qəfəsin düyünlərindəki ionların rəqs amplitudu isə artır. Nəticədə elektronların ionlarla toqquşma sayı çoxalır. Onlar elektrik sahəsində əldə etdikləri kinetik enerjini tamamilə ionlara ötürməklə nizamlı hərəkət sürətlərini, demək olar, sıfıra qədər azaldır. Bu da naqilin müqavimətinin artmasına gətirir.

Təcrübələr göstərir ki, metal naqilin müqavimətinin nisbi dəyişməsi onun temperaturunun dəyişməsi ilə düz mütənasibdir:

$$\frac{R - R_0}{R_0} = \alpha \Delta T, \quad (5)$$

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

Burada R_0 – naqilin 273K (0°C) temperaturunda müqaviməti, R – naqilin T temperaturunda müqaviməti, α – *müqavimətin temperatur əmsalıdır*.

• *Müqavimətin temperatur əmsalı – ədədi qiymətə naqili 1°C (1K) qızdırdıqda onun müqavimətinin nisbi dəyişməsinə bərabərdir.*

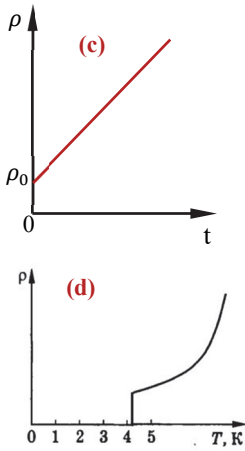
Naqili qızdırdıqda onun həndəsi ölçüləri cüzi dəyişdiyindən bu dəyişmə nəzərə alınmaya bilər. Belə halda (4) düsturunu nəzərə alsaq, metal naqilin xüsusi müqavimətinin də temperaturdan xətti asılı olduğu alınır (c):

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha \Delta T). \quad (7)$$

İfrat keçiricilik. Hollandiya fiziki Hayke Kamerlinq-Onnes (1853–1926) 1911-ci ildə təmiz civəni (aşqarsız) maye heliumda soyudan zaman onun xüsusi müqavimətinin əvvəlcə tədricən azaldığını, lakin 4,1K temperaturunda isə sıçrayışla sıfıra qədər endiyini müşahidə etdi (d). Bu hadisə *ifratkeçiricilik* adlandırıldı. 1913-cü ildə bu işlərinə görə Kamerlinq-Onnes fizika üzrə Nobel mükafatına layiq görülmüşdür.

• **İfratkeçiricilik** – *maddənin sonsuz xüsusi keçiriciliyə malik olmaq xassəsidir. Belə maddə müəyyən temperaturda xüsusi müqavimətini tamamilə itirir.*

1986-cı ildə alman fiziki Yohannes Bednors (1950) və İsveçrə fiziki Karl Müllər (1927) tərkibinə mis, lantan və barium oksidi aşqarı vurulmuş keramik materialında 30K temperaturunda ifratkeçiricilik xassəsi aşkar etdilər. Onlar *yüksək temperaturda ifratkeçiricilik* adlandırılan bu eksperimental işlərinə görə 1987-ci ildə fizika üzrə Nobel mükafatına layiq görüldülər. Hazırda müxtəlif aşqarlı keramiklərdə ifratkeçiriciliyi daha yüksək – 100K÷169K temperaturda almaq mümkün olmuşdur. Aparılan çoxsaylı təcrübələrdən ifratkeçirici maddələrdə qeyri-adi xassələr aşkar edilmişdir. Məsələn, müəyyən edilmişdir ki, ifratkeçirici keramik məftildən hazırlanan elektromaqnitdə cərəyan yaratdıqdan sonra mənbə aradan qaldırılsa, həmin elektromaqnitdə cərəyan şiddəti uzun müddət dəyişməz qalır. Belə elektromaqnit Coul-Lens istiliyi ayırmadığından (ifratkeçirici naqillərdə istilik təsiri olmur), o, uzun müddət güclü maqnit sahəsi



yarada bilir. İfratkeçirici maqnitlər elementar yüklü zərrəciklərin sürətləndiricilərinə, qaynar plazmanı idarə edən qurğularda və s.-də tətbiq olunur.

TƏTBİQETMƏ

ARAŞDIRMA

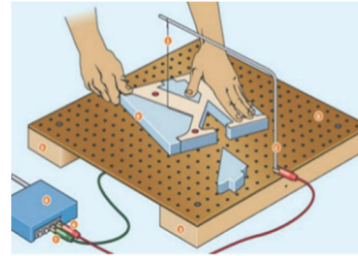
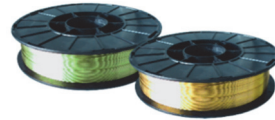
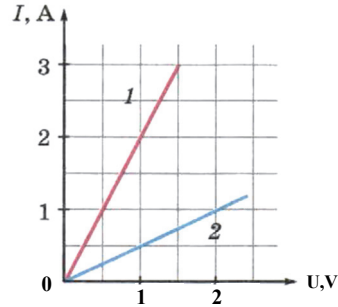
2

Naqillərin xüsusi keçiriciliyini müqayisə edin.

Məsələ 2. Şəkildə iki naqilin VAX-ı təsvir edilmişdir. Buna görə: a) müqaviməti böyük olan naqili təyin edin; b) naqillərin hər birinin müqavimətini hesablayın.

Nəticənin müzakirəsi:

- Naqilin müqavimətinin fiziki mexanizmini klassik elektron nəzəriyyəsi əsasında necə izah etmək olar?
- Hansı naqilin xüsusi keçiriciliyi daha böyükdür? Niyə?



HƏYATLA ƏLAQƏLƏNDİRİN

Penoplast lövhələri kəsmək üçün kəsici qurğunu müəyyən tərkibli məftillə təchiz etmək lazımdır. Problemi həll etmək üçün qarşımızda olan iki müxtəlif tərkibli metal kələfçədən lazımı məftili təyin edib ondan müəyyən hissə kəsmək lazımdır.

İxtiyarımızda olan alətlər: xətkəş, mikrometr, ommetr.

- Kəsici qurğu üçün hansı tərkibli məftil seçilməlidir?
- Məftilin tərkibini necə müəyyənləşdirmək olar?

ÖZÜNÜZÜ QIYMƏTLƏNDİRİN

№	Suallar	Bilirəm		
		zəif	orta	yaşşı
1	$R = \frac{U}{I}$ düsturuna görə söyləmək olarmı ki, elektrik müqaviməti dövrə hissəsindəki cərəyan şiddətindən düz, onun uclarındakı gərginlikdən tərs mütənasib asılıdır? Niyə?			
2	Niyə temperatur azaldıqca metal naqilin xüsusi keçiriciliyi artır, onun xüsusi müqaviməti isə azalır?			
3	Mis məftilin uzunluğu 8 m, kütləsi isə 89 q-dır. Misin sıxlığı $8,9 \cdot 10^3 \text{ kq/m}^3$ -dir. Məftilin müqaviməti nəyə bərabərdir (misin xüsusi müqaviməti: $1,8 \cdot 10^{-8} \text{ Om} \cdot \text{m}$)?			

NƏ ÖYRƏNDİNİZ? Qeyd olunan anlayış və müddəaların təriflərini iş vərəqinə yazın: “dövrə hissəsi üçün Om qanunu”, “gərginlik düşküsu”, “metal naqilin müqaviməti”, “xüsusi müqavimət”, “ifratkeçiricilik”.

2.3. ELEKTRİK HƏRƏKƏT QÜVVƏSİ. TAM DÖVRƏ ÜÇÜN OM QANUNU

• KEÇDİKLƏRİNİZİ XATIRLAYIN •

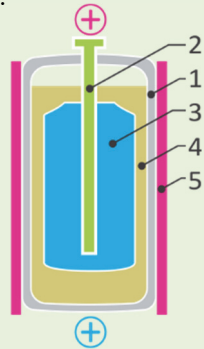
Fizika – 8

Naqildən elektrik cərəyanının uzun müddət keçməsi üçün onun uclarında fasiləsiz olaraq potensiallar fərqi yaradılmalıdır: naqilin uclarında fasiləsiz olaraq elektrik yüklərinin toplanması təmin edilməlidir. Bu məqsədlə cərəyan mənbəyindən və ya generator adlanan qurğudan istifadə olunur.

- Cərəyan mənbəyində elektrik yüklərinin ayrılması baş verir: müsbət yüklər onun bir qütbündə, mənfi yüklər isə digər qütbündə toplanır.
- İş prinsipi kimyəvi reaksiyaya əsaslanan cərəyan mənbəyi *qalvanik element* adlanır. O, italyan biologu Luici Qalvaninin şərafinə adlandırılmışdır: alim heyvanlar üzərində təcrübə apararkən əzələ yığılması zamanı elektriclənmə hadisəsini aşkar etmişdir.

Müasir quru qalvanik element daxilində kömür çubuğu (2) olan sink qabından (1) ibarətdir. Kömür çubuğu içərisində manqan oksidi ilə kömür qarışığı olan kətan kisəciyində (3) yerləşdirilir. Kisəcik naşatır məhlulu ilə un qarışığından hazırlanmış qatı yapışqanla (4) əhatə edilir. Sink qab karton kutu (5) içərisinə qoyulur və üstə qatran qatı ilə örtülür. Elementin daxilində gedən kimyəvi reaksiyalar nəticəsində kömür çubuq müsbət, sink qab isə mənfi yüklənir.

Elektrik dövrəsi müxtəlif elementlərdən ibarət ola bilər: a) cərəyan mənbəyi; b) elektrik işlədici (lampa, elektrik zəngi, elektrik qızdırıcısı, televizor və s.); c) elektrik açarı; d) elektrik ölçü cihazları (ampermetr, voltmetr və s.); e) birləşdirici naqillər.



► Dövrə hissəsindən cərəyan keçəndə naqildən müəyyən miqdar istilik ayrılır – dövrədə enerji itkisi baş verir. Lakin dövrədən cərəyan keçməsi davam edir. Bu o deməkdir ki, enerjinin saxlanması qanununa görə enerji itkisinə məruz qalan dövrəyə fasiləsiz olaraq kənardan enerji verilir.

- Bu enerji mənbəyi elektrostatik sahə ola bilərmi?

► Televiziya kanallarından birinin “Xəbərlər”ində belə bir məlumat getmişdir: “...Kənd sakininin evində baş verən yüngüldə insan tələfatı olmadı, lakin evin bütün əşyaları yanaraq kül oldu. Fövqəladə Hallar Nazirliyinin hesabatında yüngünün səbəbi kimi əldəqayırma elektrik qızdırıcısında yaranan qısaqapanma olduğu göstərilmişdir”

- Qısaqapanma nədir?
- Niyə qısaqapanma hadisəsi çox vaxt yüngünlə nəticələnir?



ARAŞDIRMA 1

Batareya dövrədə hansı “vəzifə”ni yerinə yetirir?

Məsələ 1. Məişətdə istifadə etdiyimiz əksər batareyaların üzərində 1,5 V yazılmışdır.

Nəticənin müzakirəsi:

- Batareyaların üzərindəki 1,5 V nəyi bildirir?
- Batareya (və ya akkumulyator) dövrədə hansı “vəzifə”ni yerinə yetirir?



Kənar qüvvələr. İki eyni elektrometrin metal sferalarını əksişarəli yüklə elektricləndirib naqillə birləşdirək (a və b). Sferalardakı potensiallar fərqi hesabına naqildə yaranan elektrik sahəsi onun sərbəst elektronlarını nizamlı hərəkətə gətirir. Nəticədə naqildə elektrik cərəyanı yaranır və dərhal da kəsilir – elektrometrlər boşalır. Bu o deməkdir ki, sferalar arasındakı potensiallar fərqi yox olur və elektrik sahəsi naqildə fasiləsiz sabit elektrik cərəyanı yarada bilmir.

Cərəyanın uzun müddət mövcud olması üçün 1 və 2 metal sferaları arasında potensiallar fərqi saxlamaq lazımdır. Bunun üçün xüsusi qurğulardan – cərəyan mənbələrindən istifadə edilir. Əgər elektrostatik sahə naqildəki sərbəst elektronları yalnız

potensialı az olan hissədən çox olan hissəyə hərəkət etdirsə, cərəyan mənbəyinin vəzifəsi isə bu elektronları yenidən potensialı az olan hissəyə (mənfi yüklü qütbə) qaytarmaqdır (c). Deməli, cərəyan mənbəyində sərbəst elektronlar elektrik sahəsi istiqamətində hərəkət etməlidir. Bu isə o zaman mümkündür ki, cərəyan mənbəyində yüklərə elektrostatik təbiətə malik olmayan qüvvələr təsir etsin.

- *Yüklü zərrəciklərə təsir edən və elektrostatik təbiətə malik olmayan bütün qüvvələr kənar qüvvələr adlanır.*

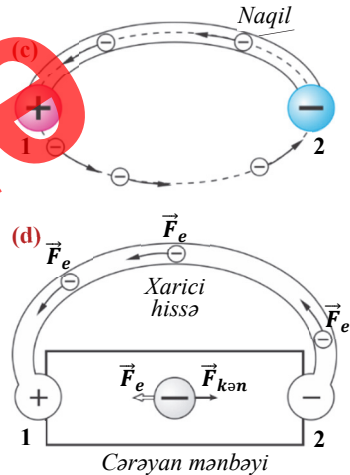
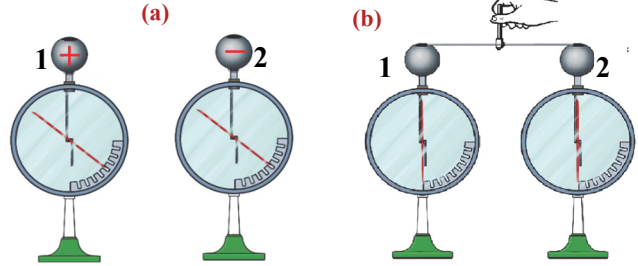
- *Cərəyan mənbəyi – sərbəst yüklü zərrəciklərə təsir edən kənar qüvvələr yaradan qurğudur.*

Kənar qüvvələr kimyəvi təbiətli (qalvanik elementdə), istilik təbiətli (termoelementdə), işıq təbiətli (fotoelementdə) və s. ola bilər.

Qeyd edək ki, dövrədə sabit elektrik cərəyanının olması üçün kənar qüvvələrin zəruriliyi enerjinin saxlanması qanununun nəticəsidir. Belə ki, elektrostatik sahə potensialı sahə olduğundan qapalı elektrik dövrəsi boyunca yüklü zərrəciklərin hərəkəti zamanı sahənin gördüyü iş sıfıra bərabərdir.

Naqildən elektrik cərəyanı keçdikdə onda enerji itkisi baş verir – naqildən Coul – Lens istiliyi ayrılır. Ona görə də dövrədə digər enerji mənbəyi olmalıdır ki, onun işi hesabına itirilən enerji bərpa edilsin. Cərəyan mənbəyindəki kənar qüvvələr qeyri-potensiallı olmalıdır ki, qapalı dövrədə onların gördüyü iş sıfırdan fərqli olsun. Kənar qüvvələrin işi hesabına yükdaşıyıcılar cərəyan mənbəyi daxilində enerji alır. Odur ki cərəyan mənbəyinin qütblərinə naqil birləşdirdikdə sərbəst elektronları mənbə daxilində kənar qüvvələr, naqildə isə elektrostatik qüvvələr hərəkətə gətirir (d).

Elektrik hərəkət qüvvəsi. Bilirsiniz ki, elektrik cərəyanı yaradan sahənin sıfırdan fərqli gördüyü iş



induksiya elektrik hərəkət qüvvəsi (EHQ) adlanan fiziki kəmiyyətlə xarakterizə edilir (bax: 1.9 mövzusu). Sabit cərəyan mənbələrində də kənar qüvvələrin təsiri *elektrik hərəkət qüvvəsi* adlanan kəmiyyətlə xarakterizə olunur.

• *Cərəyan mənbəyinin elektrik hərəkət qüvvəsi – elektrik yükünü qapalı dövrə boyunca hərəkət etdirən zaman kənar qüvvələrin gördüyü işin həmin yükün miqdarına olan nisbətində bərabər olan kəmiyyətdir:*

$$\mathcal{E} = \frac{A_{kən.}}{q}. \quad (1)$$

Tam dövrə üçün Om qanunu. Yuxarıda deyilənlərdən belə nəticəyə gəlmək olar ki, sabit elektrik cərəyanı yalnız mənbə olan qapalı dövrədə mövcuddur. Qapalı dövrə (və ya tam dövrə) 2 hissədən – xarici və daxili hissədən ibarətdir. Xarici hissə birləşdirici naqıl, elektrik işlədici, elektrik ölçü cihazları ola bilər. Daxili hissə isə cərəyan mənbəyidir. Dövrənin xarici hissəsinin müqaviməti *xarici müqavimət* (R), cərəyan mənbəyinin müqaviməti isə *daxili müqavimət* (r) adlanır. Ona görə də dövrənin tam müqaviməti bu iki müqavimətin cəminə bərabərdir:

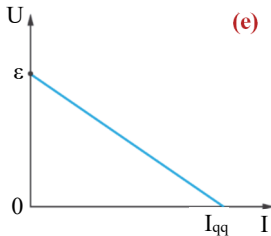
$$R_t = R + r. \quad (2)$$

Qapalı dövrədə cərəyan mənbəyinin EHQ-si onun xarici və daxili hissəsindəki gərginliklər düşküsinin cəminə bərabərdir:

$$\mathcal{E} = IR + Ir. \quad (3)$$

(3) ifadəsindən tam dövrədəki cərəyan şiddəti üçün alınır:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}. \quad (4)$$



Sonuncu düstur *tam dövrə (qapalı dövrə) üçün Om qanununun* riyazi ifadəsidir.

• *Tam dövrədəki cərəyan şiddəti mənbəyin EHQ-si ilə düz, dövrənin tam müqaviməti ilə tərs mütənəsibdir.*

Tam dövrə üçün Om qanununu riyazi şəkildə belə ifadə etmək olar:

$$\mathcal{E} = U + Ir. \quad (5)$$

Burada U – dövrə qapalı olduqda mənbəyin qütblərindəki gərginlikdir.

Sabit cərəyan dövrəsi açıq olarsa ($R \rightarrow \infty$), $I = 0$ və $U = \mathcal{E}$ olar (e). Deməli, *cərəyan mənbəyinin EHQ-ni ölçmək üçün voltmetri dövrənin açıq vəziyyətində mənbənin qütblərinə (sıxaclarına) birləşdirmək lazımdır.*

Əgər cərəyan mənbəyinin qütbləri qısa qapanarsa ($R = 0$), dövrədəki cərəyan şiddəti yalnız cərəyan mənbəyinin daxili müqaviməti ilə təyin olunur. Ona görə də bu cərəyan şiddəti *qısaqapanma cərəyan şiddəti* adlanır (bax: e):

$$I_{qq} = \frac{\mathcal{E}}{r}. \quad (6)$$

Cərəyan mənbəyinin daxili müqaviməti kiçik olduğundan qısaqapanma cərəyan şiddəti çox böyük qiymət alır və bu zaman cərəyan mənbəyi yanıb sıradan çıxır.

(5) ifadəsindən qapalı dövrənin xarici müqavimətindəki gərginlik düşküsunü təyin etmək olar:

$$U = \mathcal{E} - Ir. \quad (7)$$

Dövrənin xarici müqavimətindəki güc (buna bəzən faydalı güc də deyilir):

$$P_f = IU = \frac{\mathcal{E}^2 R}{(R + r)^2}. \quad (8)$$

$R = r$ olduqda R müqavimətində ayrılan faydalı güc maksimum olur.

Dövrənin tam gücü isə:

$$P_T = I\mathcal{E} = \frac{\mathcal{E}^2}{R + r}. \quad (9)$$

Dövrənin faydalı gücünün tam gücə nisbəti tam dövrənin FİƏ-si adlanır:

$$\eta = \frac{P_f}{P_T} \cdot 100\% = \frac{IU}{I\mathcal{E}} \cdot 100\% = \frac{U}{\mathcal{E}} \cdot 100\%$$

və ya

$$\eta = \frac{R}{R + r} \cdot 100\%. \quad (10)$$

TƏTBİQETMƏ

ARAŞDIRMA

2

Tam dövrə üçün Om qanununun riyazi ifadəsini təsdiqləyin.

Məsələ 2. İsbat edin ki, tam dövrədə cərəyan şiddəti $I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$ düsturuna bərabərdir.

İpucu. 1. Tam dövrədən cərəyan keçdikdə həm naqıldən, həm də cərəyan mənbəyindən Coul – Lens istiliyinin ayrılmasını nəzərə alın. 2. Hər iki hal üçün Coul – Lens düsturunu və enerjinin saxlanması qanununu tam dövrə üçün yazın.

Nəticənin müzakirəsi:

- Tam dövrə və dövrə hissəsi üçün Om qanunları nə ilə fərqlənir?

HƏYATLA ƏLAQƏLƏNDİRİN

- Nə üçün batareyanın qütblərini mis naqillə birləşdirdikdə naqıl dərhal qızır, batareyaya isə yararsız hala düşür?

ÖZÜNÜZÜ QIYMƏTLƏNDİRİN

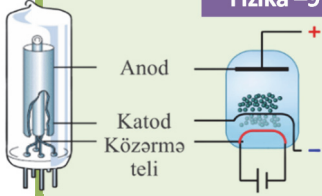
№	Suallar	Bilirəm		
		zəif	orta	yaxşı
1	Şəkildə tam dövrə üçün $U(I)$ asılılığının qrafiki təsvir edilmişdir. Buna görə təyin edin: a) mənbəyin EHQ-ni; b) qısaqapanma cərəyan şiddətini; c) mənbəyin daxili müqavimətini; d) cərəyan şiddətinin $I = 4A$ qiymətində dövrənin xarici müqavimətini.			
2	Xarici müqavimət 3 Om olduqda dövrədə cərəyan şiddəti 2 A , xarici müqavimət 6 Om olduqda isə $1,5 \text{ A}$ oldu. Təyin edin: a) mənbəyin daxili müqavimətini; b) mənbəyin EHQ-ni.			

NƏ ÖYRƏNDİNİZ? Qeyd olunan anlayış və müddəaların təriflərini iş vərəqinə yazın: “tam dövrə üçün Om qanunu”, “kənar qüvvələr”, “cərəyan mənbəyi”, “qısaqapanma cərəyan şiddəti”, “Qapalı dövrədə EHQ”, “tam dövrənin FİƏ-si”.

2.4. VAKUUMDA ELEKTRİK CƏRƏYANI

• KEÇDİKLƏRİNİZİ XATIRLAYIN •

Fizika –9



• Elektronların yüksək temperatura qədər qızdırılan metalı tərk etməsi hadisəsi **termoelektron emissiyası** adlanır. Əgər qapalı elektrik dövrəsinə termoelektron emissiyası baş verən qurğu qoşub metaldan buxarlanan elektronlara istiqamətlənmiş hərəkət verilsə, o, dövrədən biristiqamətli cərəyan keçməsinə təmin edər.

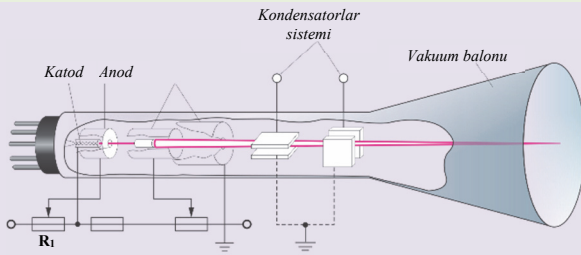
• İş prinsipi termoelektron emissiyasına əsaslanan, katod və anoddan ibarət ikielektrodlu vakuum balonu **ikielektrodlu elektron lampası** və ya **vakuum diodu** adlanır.

Vakuum diodunun başlıca xüsusiyyəti ondan ibarətdir ki, orada elektronlar yalnız bir istiqamətdə – katoddan anoda doğru hərəkət edə bilər.

Belə ki, qızdırılan katodun səthindən emissiya edən elektronlar onun ətrafında elektron buludu yaradır. Katod cərəyan mənbəyinin mənfə, anod isə müsbət qütbünə birləşdirilsə, bu elektrodlar arasında yaranan elektrik sahəsinin təsiri ilə elektronlar anoda doğru nizamlı hərəkət edir. Onlar anoda çatdıqda dövrə qapanır, ondan cərəyan keçir.

• Nazik elektron selini sürətləndirməklə elektrik siqnallarını işıq siqnallarına çevirən vakuum cihazı – elektron-şüa borusudur.

Elektron-şüa borusu uzun illər kompüter, ossiloqraf, elektron mikroskopu, televizor və başqa cihazların mühüm hissələrindən biri olmuşdur.



• **Vakuum nədir?**

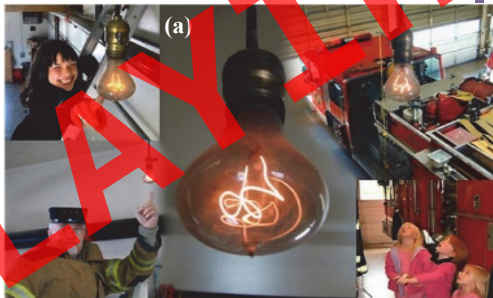
• **Vakuum insanın “dostudur”, yoxsa “düşməni”?**

Cavabınızı misallarla əsaslandırın.

■ Lenor şəhərinin (ABŞ, Kaliforniya ştatı) yanğınsöndürmə hissələrinin birində dünyada ən “uzunömürlü” lampası işıqlanır. “Ginnesin rekordlar” kitabına düşmüş, “Yüzillik lampası” adlandırılan və demək olar, heç vaxt söndürülməyən 4 Vt gücündə olan bu lampası 1901-ci ildən bu günə qədər işıqlanmaqda davam edir (a).

• Sizcə, bu lampanın “uzunömürlü” olmasının səbəbi nədir?

• Şüşəsi sınımış, lakin spiralı zədələnməyən elektrik lampası yenə də əvvəlki kimi uzun müddət işıqlana bilərmi (b)? Niyə?



Cümlələri tamamlayın.

Məsələ 1. Bildiyiniz məlumatlara əsaslanaraq nöqtələrin yerinə uyğun açar sözü yazmaqla verilən cümlələri tamamlayın.

... hadisəsinə əsaslanan ən sadə ... lampası ... elektron lampası və ya Vakuu diodu havası $10^{-6} \div 10^{-7} \text{ mm civ. süt.}$... qədər ... şüşə (və ya saxsı) balondur. O, içərisinə daxil edilmiş ... və ... adlandırılan iki elektrodla təchiz edilmişdir. Katod ... mənbəyinin ... , anod isə ... qütbünə birləşdirilməklə dövrədə ... biristiqamətli keçiriciliyini təmin edir. Beləliklə, vakuumba ... elektronlardır.

Nəticənin müzakirəsi.

- Niyə vakuu lampası birtərəfli elektrik keçiriciliyinə malikdir?

Açar sözlər:

təzyiq;
termoelektron emissiyası;
katod;
vakuu;
elektrik yükdaşıyıcıları;
mənfə;
müsbət;
elektrik cərəyanı;
iki elektrodlu;
sabit cərəyan;
seyrəkləşdirilmiş;
anod;
vakuu diodu.

Vakuunun elektrik keçiriciliyi. Vakuu (lat: “vakuus” – boş) – içərisində heç bir atom və molekul olmayan mühitdir.

• Texnika və tətbiqi fizikada vakuu dedikdə havası olduqca seyrəkləşdirilmiş mühit (təzyiqi atmosfer təzyiqindən dəfələrlə kiçik olan qaz) nəzərdə tutulur.

Vakuu şəraiti yaradılan qabda (vakuu kamerasında) qaz molekullarının sərbəst yolunun uzunluğu (molekulun bir toqquşmadan digər toqquşmaya qədərki orta məsafəsi) qabın ölçülərindən, yaxud mühitdəki elektrodlar arasındakı məsafədən çox böyük olur. Bu səbəbdən vakuu kamerasında qaz molekulları, demək olar, bir-biri ilə toqquşmur. Onlar yalnız kameranın divarları və elektrodlarla toqquşur.

Vakuu ideal dielektrikdir (elektrik cərəyanını keçirmir), çünki orada heç bir sərbəst elektrik yükdaşıyıcısı yoxdur.

Vakuundan elektrik cərəyanı keçirmək üçün oraya süni yolla sərbəst yüklü zərrəciklər daxil edilməli və həmin mühitdə elektrik sahəsi yaradılmalıdır. Vakuumba sərbəst yüklü zərrəciklər mənbəyi kimi metallardan istifadə edilir. Təbii ki, sərbəst elektronun metalı tərk edib vakuuma çıxması üçün o, kristal qəfəsin ionları ilə Kulon qarşılıqlı cazibə qüvvəsinə üstün gəlməlidir (c). Bunun üçünsə elektron həmin qüvvəyə qarşı iş görməlidir. Görülən bu iş elektronun metaldan **çıxış işi** adlanır.

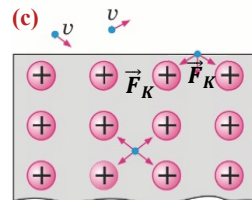
• Çıxış işi ($A_{\text{ç}}$) – elektronun metalı tərk edərək vakuuma çıxması üçün lazım olan enerjinin minimum qiymətidir. Çıxış işi yalnız metalın növündən asılıdır. Metalı elə elektron tərk edə bilər ki, onun kinetik enerjisi ilə çıxış işi arasında

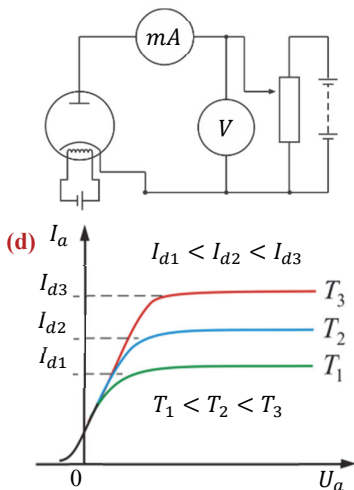
$$\frac{m_e v^2}{2} \geq A_{\text{ç}} \quad (1)$$

münasibəti ödənilsin. Metalda ki sərbəst elektron daim ionlarla qarşılıqlı təsirdə olduğundan onun kinetik enerjisi kiçik olur və metalı tərk edə bilmir. Elektronla əlavə enerji verilməklə onun metalı tərk etməsinə nail oluna bilər.

- Elektronun metalı tərk etməsi elektron emissiyası adlanır.

Metalda ki sərbəst elektronlara əlavə enerji müxtəlif üsullarla verilə bilər; məsələn, metalı yüksək temperatura qədər qızdırmaq və ya metalın səthini güclü işıqla şüalandırmaq belə üsullardandır.





Metali yüksək temperatūra qədər qızdırdıqda ondakı sərbəst elektronların kinetik enerjisi artır və temperaturun müəyyən qiymətində elektronlar metali tərk edir – *termoelektron emissiyası* baş verir. Vakuum diodunun, elektron-şüa borusunun, “X şüalanma borusu”nun (rentgen borusu) iş prinsipi termoelektron emissiyasına əsaslanır.

Vakuum diodunun volt-ampere xarakteristikası (VAX). Elektron cihazların əsas xarakteristikalarından biri onun VAX-ıdır. Təcrübi olaraq müəyyən edilmişdir ki, vakuum diodunun VAX-ı qeyri-xətti-dir (d). Bunun səbəbi belə izah olunur: katodla anod arasında yaradılan gərginliyin müəyyən qiymətində katoddan çıxan bütün elektronlar anoda çatır. Gərginliyin sonrakı artımına baxmayaraq

diodun qoşulduğu dövrdə cərəyan şiddəti dəyişmir – *doyma cərəyanı yaranır. Doyma cərəyan şiddəti vahid zamanda katodu tərk edən elektronların sayından asılıdır:*

$$I_a = \frac{eN}{t}. \quad (2)$$

Doyma cərəyan şiddətinin qiyməti katodun temperaturundan asılıdır: katodun temperaturu artdıqca vahid zamanda emissiya edən elektronların sayı və doyma cərəyan şiddəti də artır (bax: d).

Elektron dəstəsi və onun xassəsi. Vakuum lampasında spiralın qızdırılması ilə emissiya edən elektronlar katodla anod arasında yaradılan potensiallar fərqi (gərginliyin) nəticəsində anoda doğru sürətlənir. Bu zaman enerjinin saxlanması qanununa görə, elektrik sahəsinin elektron üzərində gördüyü iş onun kinetik enerjisinin artmasına sərf olunur:

$$\frac{m_e v^2}{2} = e(\varphi_a - \varphi_k) = eU. \quad (3)$$

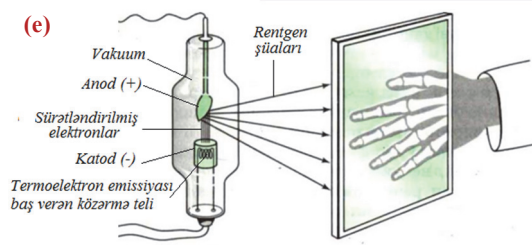
Burada φ_a və φ_k – uyğun olaraq anod və katodun potensiallarıdır.

Vakuum lampasının anodunda dəşik açılarsa, elektrik sahəsinin sürətləndirdiyi elektronların bir hissəsi dəşikdən keçərək elektron dəstəsi əmələ gətirir. Təcrübələrdən elektron dəstəsinin xassələri müəyyən edilmişdir: 1) elektron dəstəsi cismin səthinə düşdükdə onu qızdırır; 2) elektron dəstəsi metal səthinə düşdükdə oradan elektron qopara bilər; 3) elektron dəstəsi maddədə tormozlandıqda rentgen şüalanması baş verir; 4) elektron dəstəsi ilə bəzi maddələr, məsələn, şüşə, sink, kadmium-sulfid və s. bombardman edildikdə onların işıqlanması baş verir; 5) elektron dəstəsi elektrik sahəsində meyil edir; 6) elektron dəstəsi maqnit sahəsində meyil edir.

Rentgen borusu. Vakuum borusundakı katodun qızdırılması nəticəsində elektronların termoelektron emissiyası baş verir. Bu elektronlar anodla katod arasına verilən onlarca kilovolt gərginlik hesabına yaradılan sahənin təsiri ilə sürətləndirilir. Sürətlənmiş elektronlar anodla toqquşduqda onların kəskin tormozlanması və bu zaman rentgen şüalanması baş verir (*X-ray radiation*) (e). Bu şüalanmanı ilk dəfə 1895-ci ildə

alman fiziki *Vilhelm Konrad Rentgen* (1845–1923) aşkar etmişdir. O bu işinə görə 1901-ci ildə fizika üzrə Nobel mükafatına layiq görülmüş ilk alimdir.

Rentgen şüalarını insan gözü görmür, lakin bu şüalar adı işığın keçə bilmədiyi qalın qeyri-şəffaf təbəqələrdən keçmə xassəsinə malikdir. Rentgen şüalarının bu xassəsindən insanın daxili orqanlarının xəstəliklərinin tibbi diaqnostikasında geniş istifadə olunur. Bu şüalar fotolentə təsirinə, yaxud bəzi kristalların səthinə düşdükdə onların işıqlanmasına görə aşkar edilir.



TƏTBİQETMƏ

ARAŞDIRMA

2

Elektron vakuumda sürətlidir, yoxsa metal daxilində?

Məsələ 2. Vakuum diodunda anod ilə katod arasındakı gərginlik 300 V-dur. Katod yaxınlığında irəliləmə hərəkət sürəti sıfıra bərabər olan elektron anod yaxınlığında hansı sürətə malik olar (elektronun yükü və kütləsi uyğun olaraq: $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Kl}$; $m = 9 \cdot 10^{-31} \text{ kq}$)? Elektrik sahəsini bircins qəbul edin.

Nəticənin müzakirəsi:

- Elektron vakuumda sürətlidir, yoxsa metal naqıl daxilində? Niyə?

HƏYATLA ƏLAQƏLƏNDİRİN

- Rentgen şüaları tibbi diaqnostikadan başqa, daha haralarda istifadə olunur?

İpucu. <https://shkolazhizni.ru/computers/articles/15033/> ünvanındakı məlumatlardan istifadə edə bilərsiniz.

ÖZÜNÜZÜ QIYMƏTLƏNDİRİN

№	Suallar	Bilirəm		
		zəif	orta	yaxşı
1	Vakuumda elektrik cərəyanını hansı yükdaşıyıcılarla yaratmaq olur? Vakuuma bu yükdaşıyıcılar necə daxil edilir?			
2	Elektronun gümüşdən çıxış işi $6,9 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ -dur. Elektron gümüşdən minimum hansı sürətlə çıxıb bilər?			
3	Elektron dəstəsi cismin səthinə düşdükdə bu cismin daxili enerjisi necə dəyişir?			
4	Vakuumda elektron dəstəsinin enerjisi nədən asılıdır?			

NƏ ÖYRƏNDİNİZ? İş vərəqində “vakuum”, “elektron emissiyası”, “termoelektron emissiyası”, “çixış işi”, “doyma cərəyan şiddəti” anlayışlarının təriflərini qeyd edin və vakuumin elektrik keçiriciliyinin tətbiqlərinə aid misallar yazın.

Layihə. Aşağıdakı mövzular üzrə poster təqdimatı hazırlayın.

- Vilhelm Konrad Rentgen (qruplar üzrə).
- Rentgen şüalanmasının tətbiqləri (qruplar üzrə).

2.5. QAZLARDA ELEKTRİK CƏRƏYANI

• Layihənin müzakirəsi

Qruplar üzrə

“Vilhelm Konrad Rentgen” mövzusunda posterin müzakirəsi:

- Vilhelm Konrad Rentgen kimdir?
- O, rentgen şüalanmasını necə aşkar etmişdir?
- Rentgen bu şüaları nə adlandırmışdır?
- Rentgen bu işinə görə hansı mükafatı almışdır?

“Rentgen şüalanmasının tətbiqləri” mövzusunda posterin müzakirəsi:

- Rentgen şüalanması təbabətdə hansı məqsədlər üçün tətbiq edilir?
- Rentgen şüalanması elmin hansı sahələrində geniş tətbiq olunur?
- Rentgen şüalanmasının nə kimi istehsalat tətbiqləri var?
- Rentgen şüalanmasının zərərli təsirləri nədən ibarətdir?

• KEÇDİKLƏRİNİZİ XATIRLAYIN •

Fizika – 9

Qaz adi şəraitdə dielektrikdir. Qazda iki üsulla sərbəst yükdaşıyıcılar yaratmaq olar:

1. Qaz molekullarını xarici təsirlə ionlaşdırmaqla. Qazın neytral atom və molekullarını ionlaşdıran xarici təsirlər **ionlaşdırıcı** adlanır.

Xarici təsirlər olan yüksək temperatur, şüalandırmaq, yüksəksürətli zərrəciklərlə “bombardman” etmək və s. ionizatorudur. 2. Qaz mühitinə xaricdən yüklü zərrəciklər (elektron, ion) daxil etməklə; məsələn, şamı və ya spirt lampasını yandırdıqda onun alovu havanı müsbət və mənfi ionlarla təchiz edir. Bu zərrəciklər elektrik sahəsinə gətirildikdə nizamlı hərəkət edərək mühitdə elektrik cərəyanı yaradır. Hadisəni sadə təcrübə ilə müşahidə etmək olar. Belə ki, yüklənmiş kondensator lövhələri arasındakı mühitə şam alovunu daxil etdikdə kondensator dərhal boşalır – lövhələr arasındakı hava elektrik cərəyanını keçirir.

- Qazlardan elektrik cərəyanının keçməsi **qaz boşalması** adlanır. Qazlarda elektrik cərəyanı elektrik sahəsinin təsiri altında elektronların, müsbət və mənfi ionların nizamlı hərəkətidir.

İonlaşdırıcının təsiri kəsildikdə elektronlar və müsbət ionlar bir-birinə yaxınlaşaraq yenidən neytral atoma çevrilir – zərrəciklərin rekombinasiyası baş verir. Nəticədə qaz yenidən dielektrikə çevrilir və xarici elektrik sahəsinin olmasına baxmayaraq qaz boşalması kəsilir.

- İonlaşdırıcının təsiri altında baş verən qaz boşalması **qeyri-müstəqil boşalma** adlanır.
- Xarici təsir olmadan qazın elektrik cərəyanını keçirməsi **müstəqil boşalma** adlanır. Müstəqil qaz boşalması sürətləndirilən elektronların yaratdıqları zərbə ionlaşması və katodun səthindən yeni nəsil elektronların emissiyası nəticəsində baş verir.

Müstəqil qaz boşalmasının dörd növü var: aloysuz boşalma, qıgılcım boşalması, qövs boşalması, tac boşalması.

Aloysuz boşalma – aşağı təzyiqlərdə ($10^{-3} \div 10^{-2}$ mm c. süt) elektrodlar arasında gərginlik bir neçə yüz volt olduqda baş verir.

Qıgılcım boşalması – elektrodlar arasında yüksək gərginlik olduqda baş verir. Boşalmanın xarakterik cəhəti ani və sürətli olmasıdır.

Qövs boşalması – çox qızdırılan katodlarda əmələ gələn intensiv termoelektron emissiyasıdır.

Tac boşalması – böyük elektrik yükünə malik itüclü metalların ətrafında baş verir.

- Demək olar, hər gün müxtəlif formalı elektrik açarlarından istifadə edirsiniz. Onun vasitəsilə mənzildə və sinif otağında işıqları yandırır-söndürür, elektrik işlədiciilərini (su qızdırıcısı, tozsoran və s.) elektrik dövrəsinə təhlükəsiz qoşur və ayırırsınız.

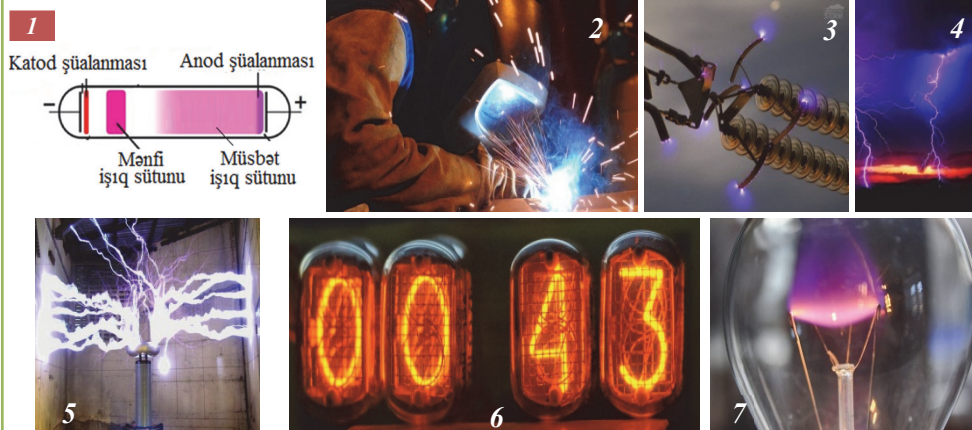
• Elektrik açarının təsiri nəyə əsaslanır?



Müstəqil qaz boşalmasının növlərini fiziki mexanizminə görə fərqləndirin.

Məsələ 1. Verilən 7 şəkli araşdırın. Onların müstəqil qaz boşalmasının hansı növünə aid olduğunu təyin edib nömrələrini uyğun açar sözün altında yazın.

Qövs boşalması	Alovsuz boşalma	Tac boşalması	Qığılıcı boşalması



Nəticənin müzakirəsi:

- Müstəqil qaz boşalmasının növlərinin fiziki mexanizminə görə necə fərqləndiyini izah edin.
- Müstəqil və qeyri-müstəqil qaz boşalması hansı şəraitdə yarana bilər?

Qaz boşalması. Qazlar adi şəraitdə neytral atom və molekulardan təşkil olunduğu üçün dielektrikdir – elektrik cərəyanını keçirmir. Qazı keçirici etmək üçün onu ionlaşdırmaq lazımdır.

• *İonlaşma – neytral qaz atomunun (və ya molekulunun) elektron itirməsi və ya alması hesabına iona çevrilmə prosesidir.*

Elektronu neytral atomdan qopararaq onu müsbət iona çevirmək üçün elektron ilə nüvə arasında mövcud olan Kulon qarşılıqlı cazibə qüvvəsinə qarşı iş görülməlidir.

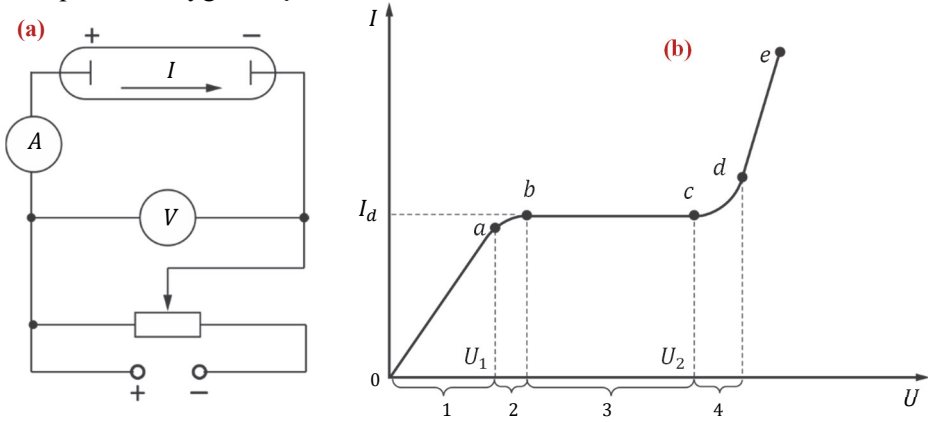
• *Elektronu neytral atomdan qoparmaq üçün zəruri olan minimum enerji ionlaşma enerjisi (W_i) adlanır.*

Qazın ionlaşdırılması müxtəlif üsullarla həyata keçirilə bilər:

- mühitə yanacaq alovu daxil etməklə (alovun tərkibi böyük miqdarda müsbət və mənfi ionlardan ibarətdir);
- qazı ionlaşdırma biləcək yüksək temperatura ($10^5 K$ -dən yüksək) qədər qızdırmaqla. Buna *termik ionlaşdırma* deyilir;
- qazı rentgen, radioaktiv və kosmik şüalarla şüalandırmaqla;
- qazda güclü elektrik sahəsi yaratmaqla.

İonlaşmış qazın olduğu ərazidə elektrik sahəsi yaradılsa, qazdan elektrik cərəyanı keçər – qaz boşalması baş verər. Qaz boşalmasının iki növü var: *qeyri-müstəqil boşalma* və *müstəqil boşalma*.

Qaz boşalmasının VAX-ı. VAX təcrübə olaraq müəyyən edilmişdir. Belə ki, ionlaşdırıcının təsiri ilə şüşə borunun elektrodları (katod və anodu) arasındakı qaz ionlaşdırılaraq orada elektron və müsbət ionlar yaradılmışdır (**a**). Bundan sonra elektrodlar arasına gərginlik verilmiş və o, sıfır qiymətindən tədricən artırılmağa başlanmışdır. VAX-dan görünür ki, zəif elektrik sahəsində qazdakı elektrik yükdaşıyıcılarına da zəif elektrik qüvvələri təsir edir və qazda elektrik cərəyanı gərginliklə düz mütənasib artır (bax: **b**, VAX-da **Oa** hissəsi). Bu hissədə qazda cərəyanın dəyişməsi Om qanununa uyğun baş verir.



Gərginliyin sonrakı artımında cərəyan şiddəti ilə gərginlik arasındakı mütənasiblik pozulur (**ab** hissəsi). Gərginliyin U_1 qiymətindən başlayaraq cərəyan şiddəti gərginlikdən asılı olmur – doyma hadisəsi baş verir (*qrafikin bc hissəsi*). Deməli, borudakı bütün elektronlar və müsbət ionlar nizamlı hərəkət etməklə cərəyanın yaranmasında iştirak edirlər. Beləliklə, qrafikin **Oc** hissəsi qazın *qeyri-müstəqil boşalmasına* uyğundur (bax: *xatırlama hissəsi*).

Doyma cərəyan şiddətinin qiyməti aşağıdakı ifadə ilə təyin edilə bilər:

$$I_d = \frac{neV}{t}. \quad (2)$$

Burada n – t müddətində qazın vahid həcmində ionlaşdırıcının yaratdığı elektron-ion cütünün sayı, e – elementar yük, V – elektrodlar arasındakı fəzanın həcmidir.

Gərginliyi artırmaqda davam etdikdə elə bir an gəlib çatır ki, onun müəyyən qiymətindən başlayaraq (U_2 -dən) sonrakı kiçik artımlarında qazdakı elektronların kinetik enerjisi kəskin artır. Əgər bu enerji qaz molekullarının ionlaşma enerjisindən böyük olarsa, yəni

$$\frac{m_e v^2}{2} \geq W_i \quad (3)$$

şərti ödənilərsə, bu halda həmin elektronlar molekullarla toqquşduqda əlavə enerji almış atomlar elektron itirərək ionlaşar. Bu hadisə *elektron zərbəsi ilə ionlaşma* adlanır. Nəticədə qazda elektron və ionların sayı və deməli, cərəyan şiddəti artır (*qrafikin cd hissəsi*). Gərginliyin daha böyük qiymətlərində isə elektrik sahəsində böyük kinetik enerji alan müsbət ionlar katoda vurduqları ardıcıl zərbələr nəticəsində ondan elektronları vuraraq çıxarır – ikinci elektron emissiyası baş verir. Bununla

yanaşı, katodun temperaturu kəskin artır və orada termoelektron emissiyası baş verir. Nəticədə qazda elektrik yükdaşıyıcılarının sayı və deməli, ondan keçən cərəyan şiddəti daha kəskin artır (*qrafikin **de** hissəsi*). Beləliklə, (3) şərti ödənildikdə müstəqil qaz boşalması yaranır.

TƏTBİQETMƏ ARAŞDIRMA 2

Qazın ionlaşması dedikdə nə nəzərdə tutulur?

Məsələ 2. İonlaşdırıcı borunun elektrodları arasındakı qazın həcmi 0,25 l-dir. Xarici təsirlə ionlaşdırılan qazda doyma cərəyan şiddəti $I_d = 1,6 \cdot 10^{-7} \text{ mA}$ -dir. Qazın vahid həcmində 2 san müddətində neçə elektron-ion cütü əmələ gəlir ($e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Kl}$)? Elektrik sahəsini bircins qəbul edin.

Nəticənin müzakirəsi:

- Nə üçün qazın ionlaşması dedikdə qazda elektron-ion cütünün yaranması nəzərdə tutulur?

HƏYATLA ƏLAQƏLƏNDİRİN

- Niyə adi elektrik xətlərindən fərqli olaraq yüksək gərginlik xətləri izolyasiya qatı ilə örtülür?



ÖZÜNÜZÜ QIYMƏTLƏNDİRİN

№	Suallar	Bilirəm		
		zəif	orta	yaxşı
1	Qaz boşalması mənfi ionların hesabına baş verə bilərmə? Cavabınızı əsaslandırın.			
2	Qazda müstəqil boşalmanın baş verməsi üçün hansı şərt ödənilməlidir?			
3	İonlaşdırıcının təsiri ilə qazda ionların sayı müəyyən həddə qədər artır, sonra isə sabit qalır. Niyə?			
4	Şimşək çaxması 1 msan -da baş verdi. Bu zaman şimşəkdən 60 kA cərəyan keçdi. Şimşəyin daşıdığı elektrik yükünün miqdarını təyin edin.			

NƏ ÖYRƏNDİNİZ? İş verəninə “qaz boşalması”, “müstəqil boşalma”, “qeyri-müstəqil boşalma”, “ionlaşma enerjisi”, “sərbəst qaçış yolu” anlayışlarının tərifini, yaxud izahlarını qeyd edin və müstəqil boşalma ilə qeyri-müstəqil boşalmanın VAX-ını çəkin.

2.6. ELEKTROLİT MƏHLULLARINDA ELEKTRİK CƏRƏYANI. ELEKTROLİZ QANUNU

• KEÇDİKLƏRİNİZİ XATIRLAYIN •

Fizika – 9

- Məhlulları (və ya ərintiləri) elektrik cərəyanını keçirən maddələr (duz, turşu və qələvi) **elektrolitlər** adlanır.
- Suda həll olmuş molekulların parçalanması zamanı müsbət və mənfi ionların yaranma prosesi **elektrolitik dissosiasiya** adlanır.
- Elektrolitdə elektrik cərəyanı müsbət və mənfi ionların nizamlı hərəkətidir.
- Elektrolitdən cərəyan keçərkən elektrodlar üzərində maddə ayrılması prosesi **elektroliz** adlanır.
- Elektroliz zamanı elektrodlar üzərində ayrılan maddənin kütləsi elektrolitdən keçən elektrik yükünün miqdarı ilə düz mütənasibdir. İngilis alimi M.Faradeyin müəyyən etdiyi elektroliz qanunu adlanan bu asılılıq riyazi şəkildə belə ifadə olunur:

$$m = k \cdot q \quad \text{və ya} \quad m = kIt.$$

Burada m – elektrod üzərində ayrılan maddənin kütləsi, q – elektrolitdən keçən elektrik yükünün miqdarı, k – mütənasiblik əmsalı olub maddənin elektrokimyəvi ekvivalentidir.

- Maddənin elektrokimyəvi ekvivalenti ədədi qiymətə elektrolitdən 1 Kl yük keçərkən elektrod üzərində ayrılan maddənin kütləsinə bərabərdir. Elektrokimyəvi ekvivalent müxtəlif maddələr üçün müxtəlif qiymətə malikdir.

- İnsan ürayından cansız avtomobillərə, pleyer və mobil telefonlara qədər bütün müasir cihazların ayrılmaz hissəsi elektrokimyəvi cərəyan elementi və müxtəlif akkumulyatorlardır. Yüksək temperaturda əridilən boksitdən elektroliz üsulu ilə adi kola bankasından tutmuş aviya sənayesində istifadə olunan alüminium istehsal edilir. Ətrafımızda, demək olar, hər şey – qızıl suyu ilə örtülmüş üzük və sırğadan, avtomobillərin xromlanmış barmaqlıqlarına qədər elektrolit məhlullarından keçmişdir. Təsədüfi deyildir ki, bu hadisəni xüsusi elm – *elektrokimya* adlandırılan elm sahəsi öyrənir.

• Bəs bu hadisənin fiziki əsası nədən ibarətdir?

ARAŞDIRMA

1

Məhlulda elektrik cərəyanını hansı yükdaşıyıcılar təmin etdi?

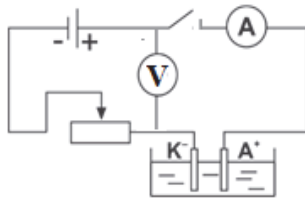
Təchizat: sabit cərəyan mənbəyi (BC-24 düzləndirici), elektrolitik vanna, distillə edilmiş su, $CuCl_2$ duzu, ampermetr, voltmetr, açar, reostat, birləşdirici naqillər.

İşin gedişi:

- Verilən sxemə əsasən elektrik dövrəsi yığın.
- Elektrolitik vannaya distillə edilmiş su tökün və dövrəni qapayın. Elektrik ölçü cihazlarının göstəricilərinə diqqət yetirin.
- Açarı açın, suya bir qədər $CuCl_2$ duzu əlavə edib dövrəni yenidən qapayın. Elektrik ölçü cihazlarının göstəricilərini izləyin.

Nəticənin müzakirəsi:

- Təcrübədən hansı nəticəyə gəldiniz?
- Suya $CuCl_2$ duzu əlavə etdikdə elektroliz hadisəsinin başvermə prosesini izah edin.
- Duzlu su məhlulunda elektrik cərəyanını hansı yükdaşıyıcılar təmin etdi?



Elektroliz hadisəsi. Araşdırmadan aşağıdakı nəticəyə gəlmək olar:

- Mayelər də qazlar kimi həm dielektrik, həm də naqıl ola bilər.

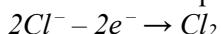
2. CuCl_2 duzunun suda həll olması nəticəsində *elektrolitik dissosiasiya hadisəsi baş verir*. Məhlulda sərbəst yükdaşıyıcılar – müsbət mis (Cu^{2+}) və mənfi xlor (Cl^-) ionları əmələ gəlir. Dövrə qapandıqda müsbət ionlar katoda, mənfi ionlar isə anoda doğru hərəkət edərək məhluldan cərəyan keçməsinə təmin edir. Buradan nəticə olaraq elektrolitə belə bir tərif vermək olar:

- *Elektrolit – dissosiasiya etmiş ionlar hesabına elektrik cərəyanı keçirən maddə, ərinti və ya məhluldur.*

- *Elektrolitlər – məhlulda (və ya ərintidə) tamamilə, yaxud qismən ionlardan ibarət olan bərk və ya maye maddələrdir.*

- *Elektrik cərəyanı ionların nizamlı hərəkəti hesabına yarandığından belə keçiricilik ion keçiriciliyi adlanır.*

3. Dövrə qapandıqda anoda çatan Cl^- ionları artıq elektronunu elektroda verib oksidləşmə reaksiyası ilə neytrallaşır və anodun səthində qaz qabarcıqları formasında ayrılır:



Katoda çatan Cu^{2+} ionları isə bu elektrodan iki elektron alaraq neytral mis atomuna çevrilir və katod üzərində yığılaraq mis təbəqəsi yaradır: $\text{Cu}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Cu}^0$. *Elektroliz hadisəsi baş verir. Deməli, elektrolit məhlulundan cərəyanın keçməsi elektrodada maddə ayrılması ilə nəticələnir.*

Elektrolitdən keçən cərəyan şiddəti məhlulun sabit müqavimətində gərginlikdən xətti asılıdır – elektrolit məhlulları üçün Om qanunu ödənilir (a). Lakin xətti asılılıq koordinat başlanğıcından keçmir, bir qədər sağa sürüşür. Bu onunla izah edilir ki, elektrolizdə gərginliyin müəyyən qiyməti elektrolit məhluluna batırılan elektrodların polyarlaşmasına sərf olunur.

Elektrodların polyarlaşması – elektroliz prosesində elektrodların yükünün tarazlıq qiymətindən kənara çıxmasıdır. Polyarizasiya nəticədə elektrodların potensiallarının da tarazlıq qiymətlərindən kənara çıxması baş verir.

Elektrolitin müqaviməti temperatur artdıqca xətti azalır, çünki temperatur artdıqda elektrolit məhlullarında zərrəciklərin istilik hərəkəti intensivləşir və onunla əlaqədar dissosiasiya dərəcəsi artır (b): $\rho = \rho_0(1 + \alpha t)$.

Burada α – müqavimətin temperatur əmsalıdır, o, mənfi qiymətə malikdir, ρ_0 – elektrolitin 0°C -də xüsusi müqavimətidir.

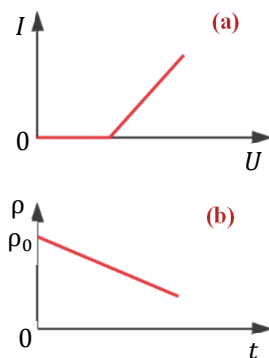
Elektroliz qanunu. Qanun 1836-cı ildə ingilis alimi M.Faradey tərəfindən irəli sürülmüşdür. O, elektroliz hadisəsində kəmiyyətlər arasındakı asılılığın qanunauyğunluğunu müəyyən edir. Həmin asılılıqları biz də müəyyən edə bilərik. Bunun üçün ionun kütləsini m_{oi} , Δt müddətində elektroda çatan ionların sayını isə N_i ilə işarə etsək, həmin müddətdə elektrodada ayrılan maddənin kütləsi belə olar:

$$m = m_{oi} \cdot N_i. \quad (1)$$

İonun kütləsi kimyəvi elementin molyar kütləsinə əsasən hesablanır:

$$m_{oi} = \frac{M}{N_A}. \quad (2)$$

Burada N_A – Avoqadro ədədi, M – kimyəvi elementin molyar kütləsidir.



Δt müddətində elektroda çatan ionların sayı həmin müddətdə məhluldan keçən elektrik yükünün (Δq) ionun yükünə (q_{0i}) olan nisbətində bərabərdir:

$$N_i = \frac{\Delta q}{q_{0i}} = \frac{I \Delta t}{q_{0i}}. \quad (3)$$

Burada $\Delta q = I \Delta t$ olduğu nəzərə alınmışdır. İonun yükü onun valentliyi (n) ilə təyin edilir:

$$q_{0i} = n \cdot e. \quad (4)$$

Beləliklə, (2), (3) və (4) ifadələrini (1)-də nəzərə aldıqda elektrodada ayrılan maddənin kütləsinin asılı olduğu kəmiyyətlər müəyyən olunur:

$$m = \frac{M}{n \cdot e \cdot N_A} \cdot \Delta q \quad (5)$$

və ya

$$m = \frac{M}{n \cdot e \cdot N_A} \cdot I \Delta t. \quad (6)$$

(6) düsturunda $I \Delta t$ vuruğunun əmsalı verilmiş maddə üçün sabit kəmiyyətdir. Onu k ilə işarə etsək:

$$k = \frac{M}{n \cdot e \cdot N_A}, \quad (7)$$

elektrolizin I qanununun riyazi ifadəsini alırıq:

$$m = k \cdot \Delta q, \quad (8)$$

və ya

$$m = k \cdot I \Delta t. \quad (9)$$

• *Elektrolitdən elektrik cərəyanı keçərkən elektrodada ayrılan maddənin kütləsi cərəyan şiddəti və onun keçmə müddətindən düz mütənasib asılıdır.*

Mütənasiblik əmsalı olan k maddənin elektrokimyəvi ekvivalenti adlanır. Onun fiziki mənasını asanlıqla müəyyən etmək olar. Bunun üçün (2) və (4) ifadələrini (7)-də nəzərə almaq kifayət edər:

$$k = \frac{m_{0i}}{q_{0i}}. \quad (10)$$

• *Maddənin elektrokimyəvi ekvivalenti – ədədi qiymətə ionun kütləsinin yükünə olan nisbətində bərabərdir. Onun tərs qiyməti, yəni zərrəciyin yükünün kütləsinə nisbəti $\left(\frac{q}{m}\right)$ xüsusi yük adlanır.*

Elementar yükün Avoqadro ədədinə hasili *Faradey sabiti* (və ya *Faradey ədədi*) adlanır:

$$F = e \cdot N_A. \quad (11)$$

• *Faradey sabiti – ədədi qiymətə elektrolit məhlulundan keçən zaman elektrod üzərində 1 mol maddə ayrılması ilə nəticələnən elektrik yükünə bərabərdir:*

$$F = \frac{M}{n} \cdot \frac{\Delta q}{m} = \frac{1}{n} \cdot \frac{\Delta q}{\nu}. \quad (12)$$

Burada ν – maddə miqdarıdır. *Faradey sabiti üçün təcrübədən təyin edilmiş qiymət:*

$$F = e \cdot N_A = 9,65 \cdot 10^4 \frac{\text{Kl}}{\text{mol}}.$$

(11) ifadəsi (7)-də nəzərə alınarsa, maddənin elektrokimyəvi ekvivalenti aşağıdakı ifadəyə bərabər olar:

$$k = \frac{M}{nF}. \quad (13)$$

Molyar kütlənin valentliyə nisbəti **maddənin kimyəvi ekvivalenti** adlanır:

$$x = \frac{M}{n}. \quad (14)$$

(14) ifadəsi (13)-də nəzərə alınarsa, maddənin elektrokimyəvi ekvivalenti ilə kimyəvi ekvivalenti arasında asılılığın olduğu aşkarlanır:

$$k = \frac{x}{F}. \quad (15)$$

Bu asılılıq **elektrolizin II qanunu** adlanır.

TƏTBİQETMƏ

ARAŞDIRMA

2

Aşağıdakıları isbat edin.

Məsələ 1. İsbat edin ki, Faradeyin birləşmiş qanunu $m = \frac{M}{F \cdot n} I \Delta t$ ifadəsinə bərabərdir.

2. İsbat edin ki, maddələrin elektrokimyəvi ekvivalentlərinin nisbəti onların kimyəvi ekvivalentlərinin nisbətində bərabərdir:

$$\frac{k_1}{k_2} = \frac{x_1}{x_2}.$$

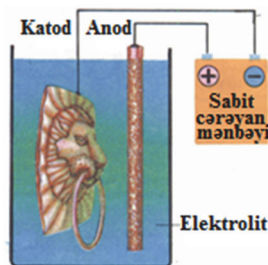
Nəticənin müzakirəsi:

- Elektrolizin I qanununun fiziki mənası nədir?
- Maddənin elektrokimyəvi ekvivalentinin fiziki mənası nədir?

HƏYATLA ƏLAQƏLƏNDİRİN

Relyef modellərin metaldan surətlərinin istehsalı *qalvanoplastika* adlanır. Əşyaların, məsələn, metal pul, medal, barelyef və s.-nin metaldan surətini almaq üçün onların plastik materialdan (gil, mum və s.) qəlibləri hazırlanır. Alınan qəlibin səthi qrafit tozu ilə örtülüb katod olaraq elektrolit vannasına batırılır. Sonra isə ...

- Qalvanoplastika prosesinin izahını tamamlayın.
- Nə üçün qalvanoplastikada əşyanın səthi qrafit tozu ilə örtülür?
- Əgər əşyanın, məsələn, barelyefin gümüş surətini almaq lazımdırsa, qalvanoplastika prosesi necə davam etdirilməlidir?



ÖZÜNÜZÜ QIYMƏTLƏNDİRİN

№	Suallar	Bilirəm		
		zəif	orta	yaxşı
1	Elektrolitlərdə elektrik cərəyanının təbiəti nədən ibarətdir?			
2	Elektrolitin müqaviməti nədən asılıdır?			
3	Elektrolizin II qanununun fiziki mənası nədir?			

NƏ ÖYRƏNDİNİZ? İş vərəqinə “elektrolit”, “elektrolitik dissosiasiya”, “elektroliz”, “ion keçiricilik”, “elektrolizin I qanunu”, “elektrolizin II qanunu” anlayışlarının tərif, yaxud izahlarını qeyd edin.

Layihə. “Elektrolizin tətbiqləri” mövzusunda poster təqdimat hazırlayın.

2.7. YARIMKEÇİRİCİLƏRDƏ ELEKTRİK CƏRƏYANI

• Layihənin müzakirəsi

Grup təqdimatı

• KEÇİDLƏRİNİZİ XATIRLAYIN •

Fizika – 9

“Elektrolizin tətbiqləri” mövzusunda posterin müzakirə planı:

- Qalvanoplastika. • Qalvanostegiya. • Elektrometallurgiya.
- Elektrolitik təmizləmə və cilalama. • Metalların təmizlənməsi. • Ağır suyun – deuteriumun alınması.

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

Yarımkeçirici təmizdirsə (tərkibində kənar maddə yoxdursa), o, **məxsusi elektrik keçiriciliyinə** malik olur. Məxsusi elektrik keçiriciliyinin iki növü var:

1. Elektron və ya n-tip keçiricilik – yarımkeçiricidə sərbəst elektronların hərəkəti ilə yaranan elektrik keçiriciliyidir. n – “neqativ” (mənfi) mənasında işlədilən latın sözünün ilk hərfidir.

2. Deşik və ya p-tip keçiricilik – yarımkeçiricidə deşiklərin hərəkəti ilə yaranan elektrik keçiriciliyidir. p – “pozitiv” (müsbət) mənasında işlədilən latın sözünün ilk hərfidir.

- Təmiz yarımkeçiricilərin məxsusi elektrik keçiriciliyi eyni miqdarda sərbəst elektronlar və deşiklər tərəfindən yaranır. Yarımkeçirici maddələrə aiddir: kimyəvi elementlərin dövrü sistemində orta qrupların (IV, V və VI qruplar) 12 elementi (cədvəldə cəhray rənglə göstərilmişdir); II və IV qrup elementlərinin, habelə III və V qrup elementlərinin birləşmələri; demək olar ki, bütün qeyri-üzvi maddələr.

Yarımkeçirici maddələrin xassələri kovalent (və ya cüt-elektron) kimyəvi rabitəsi əsasında formalaşmışdır. Təmiz yarımkeçiriciyə cüzi miqdarda aşqar qatıldıqda onun keçiriciliyi kəskin artır. Buna səbəb yarımkeçiricidə məxsusi keçiriciliklə yanaşı, aşqar keçiriciliyin də yaranmasıdır.

II	III	IV	V	VI	VII	VIII
4 Be	5 B	6 C	7 N	8 O		
	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	
	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	
	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
		82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	

- Əgər qatılan aşqar öz valent elektronunu asanlıqla verərək yarımkeçiricidə sərbəst elektronların sayını artırarsa, belə aşqar **donor aşqar** (lat. “donor” – verirəm) adlanır. Donor aşqarlı yarımkeçirici – əsas yükdaşıyıcıları elektronlar olan (n-tip keçiriciliyə malik) yarımkeçiricidir.
- Əgər qatılan aşqar özünə əlavə valent elektronu birləşdirərək yarımkeçiricidə deşiklərin sayını artırarsa, belə aşqar **akseptor aşqar** (lat. “akseptor” – qəbul edirəm) adlanır. Akseptor aşqarlı yarımkeçirici – əsas yükdaşıyıcıları deşiklər olan (p-tip keçiriciliyə malik) yarımkeçiricidir.

- 1833-cü ildə Maykl Faradey müəyyən etdi ki, gümüş-sulfidin (Ag_2S) temperaturunu artırıqda onun elektrik keçiriciliyi də artır. O bu barədə özünün “Elektrikə dair eksperimental araşdırmalar” adlı məşhur əsərində belə yazmışdır: “Mən elə bir maddə tanıyıram ki, onun gümüş-sulfid kimi isti halındakı elektrik keçiriciliyi metalların keçiriciliyi ilə müqayisə oluna bilsin və hətta metaldan fərqli olaraq keçiriciliyi artsın. Lakin yaxşı axtarılsa, bəlkə də belə maddələr aşkar edilə bilər”. XIX əsrin sonlarında Faradeyin araşdırmaları məqsədyönlü davam etdirilməklə elə maddələr aşkar olundu ki, onlar elektrik keçiriciliyinə görə nə metala, nə də dielektrikə bənzədi. Bundan başqa, təcrübələrdə belə maddələrin ikinci qeyri-adi xassəsi də aşkarlandı. Belə ki, tellur-sulfid və ya qurğuşun-sulfidin metalla lehimlənən kontakt hissəsini qızdırdıqda orada çox yüksək EHQ əmələ gəldi. Nəticədə həmin kontakt elektrik cərəyanını yalnız bir istiqamətdə çox yaxşı keçirdi, əks istiqamətdə isə, demək olar, keçirmədi. Həmin maddələr *yarımkeçiricilər* adlandırıldı. Yarımkeçiricilərin elektrik keçiriciliyinin təbiətindəki bu iki qeyri-adiliyin səbəbi XX əsrin əvvəllərində öz düzgün izahını tapdı.

- **Hazırda bu izahdan artıq 100 il keçir; siz temperaturun artması ilə yarımkeçiricilərin elektrik keçiriciliyinin artmasının səbəbini necə izah edərdiniz?**

Maddələri elektrik keçiriciliyinə görə fərqləndirin.

Məsələ 1. Cədvəli iş vərəqinə köçürün və onu tamamlamaqla maddələri elektrik keçiriciliyinə görə fərqləndirin.

Maddə	Nümunə	Elektrik yükdaşıyıcıları	Temperatur artdıqca xüsusi müqaviməti
Metallar			
Elektrolit məhlulu			
Yarımkəçirici			
Dielektriklər			

Nəticənin müzakirəsi:

- Tərkibində aşqar olmayan təmiz yarımkəçiricidə temperatur artdıqda hansı yükdaşıyıcıların sayı daha çox olur? Niyə?
- Tərkibinə aşqar vurulan yarımkəçiricinin elektrik keçiriciliyində nə dəyişiklik baş verir?

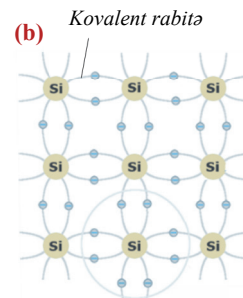
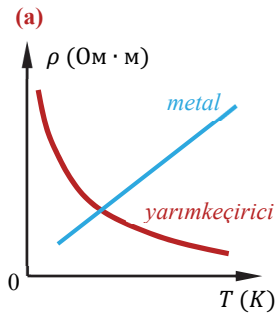
Yarımkəçiricilər. Yarımkəçiricilərin məxsusi keçiriciliyi. Yarımkəçiricilər elə maddələrdir ki, onların xüsusi müqaviməti otaq temperaturunda geniş diapazonu əhatə edir: $10^{-3} \div 10^7 \text{ Om} \cdot \text{m}$. Bu qiymət metalların xüsusi müqavimətindən ($10^{-8} \div 10^{-6} \text{ Om} \cdot \text{m}$) böyük, dielektriklərin xüsusi müqavimətindən ($10^{10} \div 10^{16} \text{ Om} \cdot \text{m}$) isə kiçikdir. Mütləq sıfıra yaxın temperaturda yarımkəçiricinin xüsusi müqaviməti çox böyükdür, temperatur artdıqda isə onun xüsusi müqaviməti azalır (a).

Bunun niyə belə olduğu yarımkəçiricilərin fiziki-kimyəvi xassəsindən irəli gəlir; onu nəzərdən keçirək.

Yarımkəçiricilər kimyəvi elementlərin dövrü sistemində yığcam qrup (əsasən, IV÷VI qruplar) təşkil edir. Elm və texnikada ən çox istifadə olunan yarımkəçirici element *germanium* və *silisiumdur*. Bu elementlər 4 valent elektronuna malikdir. Ona görə də kristalda hər bir atom, məsələn, silisium atomu 4 qonşu atomla sıx kovalent rabitə əmələ gətirir. Yaxın atomların elektron örtükləri bir-birini örtərək cüt elektron rabitəsi əmələ gətirir (b).

Yarımkəçirici kristalda belə rabitələr kifayət qədər güclü olduğundan orada aşağı temperaturda, demək olar, sərbəst elektron yaranı bilmir. Bu o deməkdir ki, aşağı temperaturda yarımkəçiricinin xüsusi müqaviməti çox böyükdür və o, elektrik cərəyanını keçirmir. Yarımkəçirici kristal xarici təsirə məruz qaldıqda, məsələn, kristalı qızdırdıqda və ya şüalandırdıqda bəzi elektronların kinetik enerjisi o qədər artır ki, onlar rabitəni qıraraq atomu tərk edir – sərbəstləşir.

Nəticədə yarımkəçirici maddənin kristal qəfəsinin kimyəvi rabitəsi qırılan hissəsində elektrik neytrallığı pozulur – elektronun tərk etdiyi yerdə müsbət elektrik yükü artıqlığı yaranır. Elektronun rabitədə boş qoyduğu



vakant yer deşik adlanır. Deşik özünü modulu elektronun yükünə bərabər olan müsbət yük kimi aparır.

Elektronun boşaltdığı vakant yeri qonşu atomlardan birinin valent elektronu tutaraq həmin yerin elektrik neytrallığını bərpa edir. Lakin elektronunu itirən başqa atomda yeni deşik yaranır. Beləliklə, təmiz yarımkeçiricidə sərbəst elektronlar və deşiklər eyni zamanda əmələ gəlir və onların yüklərinin modulları eyni olur. Ona görə də yarımkeçiricidə elektrik sahəsi yaradıldıqda həm elektronlar, həm də deşiklər eyni zamanda, lakin əks istiqamətlərə nizamlı hərəkət etməklə maddənin elektrik keçiriciliyini təmin edir. Deməli, *yarımkeçiricidə elektrik cərəyanı iki növ yükdaşıyıcının, sərbəst elektronların və deşiklərin hərəkəti nəticəsində yaranır.*

Təmiz yarımkeçiricinin (tərkibində aşqar olmayan) elektrik keçiriciliyi məxsusi keçiricilik adlanır.

Yarımkeçiricilərin aşqar keçiriciliyi. Yarımkeçiricinin elektrik keçiriciliyinə onların tərkibinə vurulan aşqarlar güclü təsir edir. Aşqarın iki növü var: *donor aşqar və akseptor aşqar.*

*Donor aşqar öz elektronlarını asanlıqla verərək sərbəst elektron əmələ gətirə bilən aşqara deyilir. Bu o zaman baş verir ki, təmiz yarımkeçirici kristalına vurulan aşqarın valent elektronlarının sayı bu kristalın valent elektronlarının sayından çox olsun. Ona görə də donor yarımkeçiricilərdə elektronlar əsas, deşiklər isə qeyri-əsas yükdaşıyıcılardır. Əsas yükdaşıyıcısı elektron olan yarımkeçiricilər **n-tip yarımkeçirici** adlanır.*

*Akseptor aşqar yarımkeçirici kristalda deşiklərin sayını artırma bilən aşqara deyilir. Bu o zaman baş verir ki, təmiz yarımkeçirici kristalına vurulan aşqarın valent elektronlarının sayı bu kristalın valent elektronlarının sayından az olsun. Ona görə də akseptor yarımkeçiricilərdə deşiklər əsas, elektronlar isə qeyri-əsas yükdaşıyıcılardır. Əsas yükdaşıyıcısı deşiklər olan yarımkeçiricilər **p-tip yarımkeçirici** adlanır.*

TƏTBİQETMƏ ARAŞDIRMA 2

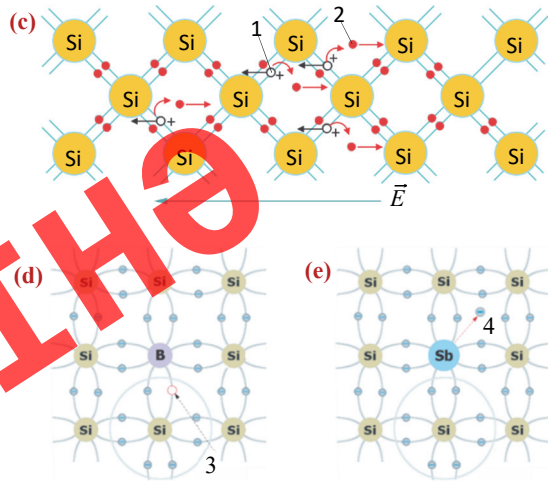
Yarımkeçiricinin elektrik keçiriciliyini izah edə bilərsinizmi?

Məsələ 2. Verilən sxemləri araşdırın.

Nəticənin müzakirəsi:

• (c) sxeminə əsasən müəyyən edin:

- 1) hansı yarımkeçirici kristalın sxemi təsvir edilmişdir: təmiz, yoxsa aşqarlı?
- 2) 1 və 2 rəqəmləri ilə nə işarə edilmişdir?
- 3) kristal elektrik sahəsinə gətirildikdə orada nə baş verir?

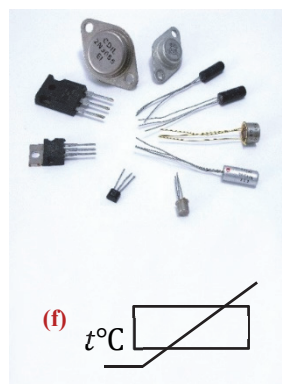


- (d) sxeminə əsasən müəyyən edin:
 - 1) sxemdə nə təsvir edilmişdir?
 - 2) 3 rəqəmi ilə nə işarə edilmişdir?
 - 3) Si atomuna aşqar olaraq bor (B) atomu vurulduqda hansı tip yarımkeçirici alınır? Niyə?
- (e) sxeminə əsasən müəyyən edin:
 - 1) sxemdə nə təsvir edilmişdir?
 - 2) 4 rəqəmi ilə nə işarə edilmişdir?
 - 3) Si atomuna aşqar olaraq stibium (Sb) atomu vurulduqda hansı tip yarımkeçirici alınır? Niyə?

HƏYATLA ƏLAQƏLƏNDİRİN

Yarımkeçirici termistor elektrotexnikanın, demək olar, bütün sahələrində tətbiq olunan cihazdır. Onun köməyi ilə soyuducuda freonun, qabyuyan və paltaryuyan maşınların vakuum kamerasının, avtomobildə mühərrik yağının və digər elektrik sistemlərinin temperaturunu müəyyən-ləşdirmək və tənzimləmək mümkündür (f).

- Termistorun iş prinsipi yarımkeçiricinin hansı xassəsinə əsaslanmışdır?
- Onun vasitəsilə temperatur necə müəyyən oluna bilər? Ümumi şəkildə fərzivənizi sövləvin.



ÖZÜNÜZÜ QIYMƏTLƏNDİRİN

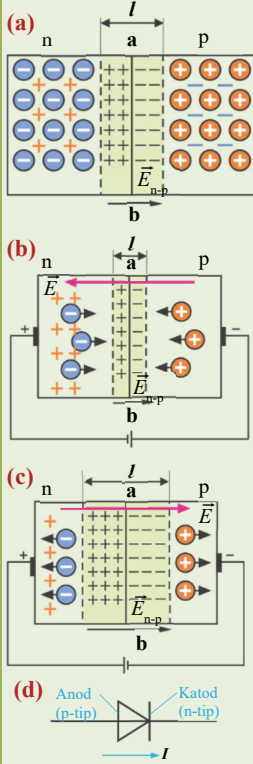
№	Suallar	Bilirəm		
		zəif	orta	yaxşı
1	Yarımkeçiricilərin elektrik keçiriciliyi metalların, qazların, elektrolit və vakuumun elektrik keçiriciliyindən nə ilə fərqlənir?			
2	Yarımkeçiricinin aşqar keçiriciliyinin onun məxsusi keçiriciliyindən fərqi nədir?			
3	IV qrup yarımkeçirici kristalına aşqar kimi V qrup kimyəvi elementi vurularsa, o hansı tip keçirici olar? Niyə?			
4	VII qrup yarımkeçirici kristalına aşqar kimi III qrup kimyəvi elementi vurularsa, o hansı tip keçirici olar? Niyə?			

NƏ ÖYRƏNDİNİZ? İş vərəqinə “yarımkeçirici”, “məxsusi keçiricilik”, “aşqar keçiricilik”, “n-tip yarımkeçirici”, “p-tip yarımkeçirici” anlayışlarının tərif, yaxud izahlarını qeyd edin.

2.8. YARIMKEÇİRİCİ DİOD. TRANZİSTOR

• KEÇİDLƏRİNİZİ XATIRLAYIN •

Fizika – 9



İki yarımkeçirici kristalı, yəni p - və n-tip kristallarını lehımlədikdə onların toxunma hissəsində elektron-deşik keçidi (və ya p-n keçidi) yaranır. Bu zaman n-tip kristaldan elektronların bir hissəsi p-tip kristalına diffuz edərək sərhəddəki deşiklərin müəyyən hissəsi ilə rekombinasiya edərək neytrallaşır. p-tip kristaldan isə deşiklərin bir hissəsi n-tip kristalına diffuz edərək oradakı elektronların müəyyən hissəsi ilə neytrallaşır. Nəticədə yarımkeçirici kristalın p-n keçidində sərbəst elektron və deşiklərin konsentrasiyası kəskin azalaraq həmin hissənin müqavimətini artırır. Ona görə də kontaktın **ab** sərhədində yaranan böyük müqavimətli bu təbəqə elektronların n-hissədən p-hissəyə, deşiklərin isə p-hissədən n-hissəyə sonrakı keçidlərinin qarşısını alır **(a)**.

p-n keçidində malik kristal sabit cərəyan dövrəsinə qoşularsa, o, cərəyanı yalnız bir istiqamətdə yaxşı keçirəcəkdir. Əgər kristalın **n-tip** hissəsi cərəyan mənbəyinin mənfı, **p-tip** hissəsi isə müsbət qütbünə birləşdirilərsə, mənbəyin yaratdığı elektrik sahəsinin təsiri ilə n-tip kristaldan elektronlar, p-tip kristaldan isə deşiklər bir-birinə qarşı, **ab** sərhədinə doğru hərəkət edəcəkdir. Sərhədi keçən elektronlar deşikləri dolduraraq **ab** təbəqəsinin l qalınlığını və deməli, kristalın ümumi elektrik müqavimətini azaldacaqdır **(b)**. Belə birləşmə düz keçid adlanır, dövrədən elektrik cərəyanı maneəsiz keçir.

Əgər kristalın **n-tip** hissəsi cərəyan mənbəyinin müsbət, **p-tip** hissəsi isə mənfı qütbünə birləşdirilərsə, mənbəyin yaratdığı xarici elektrik sahəsinin təsiri ilə n-tip kristaldan elektronlar, p-tip kristaldan deşiklər qarşılıqlı əks istiqamətlərə, **ab** sərhədindən kristalın əks uclarına doğru hərəkət edəcəkdir. Nəticədə **ab** sərhədindəki ikiqat təbəqənin qalınlığı və deməli, kristalın ümumi elektrik müqaviməti artacaq **(c)**. Bu halda dövrədən, demək olar, elektrik cərəyanı keçmir: tərs keçid baş verir.

• **Yarımkeçirici diod** – bir p-n keçidindən və elektrik dövrəsinə birləşdirmək üçün iki kontaktdan ibarət cihazdır. p-n keçidində malik yarımkeçirici diod sabit cərəyanı yalnız bir istiqamətdə keçirir. Yarımkeçirici diodun biristiqamətli keçiriciliyi elektrik dövrələrində sxematik olaraq xüsusi işarə ilə göstərilir **(d)**.

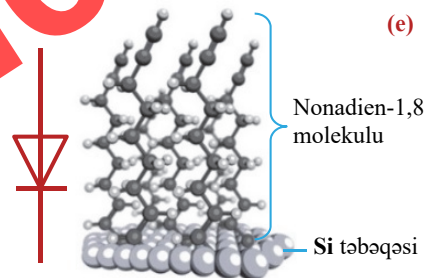
■ Barselona universitetinin (İspaniya) alimləri 2017-ci ildə Si təbəqəsində yerləşdirilən bir molekulun yarımkeçirici diod kimi işlədiyini nümayiş etdirdilər. Nonadien-1,8 adlandırılan bu molekul 9 karbon, 12 hidrogen atomundan (C_9H_{12}) təşkil olunmuşdur **(e)**.

Beləliklə, hətta molekulyar elektronika miqyasına görə dünyada ən kiçik olan bu diodun müsbət xüsusiyyəti onun otaq temperaturunda işləyə bilməsidir. Mənfı cəhəti isə stabil işləmə müddətinin çox qısa olmasıdır.

Mənbə: Albert C. Aragonès, Nadim Darwish, Simone Ciampi, Fausto Sanz, J. Justin Gooding & Ismael Díez-Pérez. *Single-molecule electrical contacts on silicon electrodes under ambient conditions* // Nature Communications. 2017. 8. DOI: 10.1038/ncomms15056.

• **Yarımkeçirici diodun iş prinsipi nəyə əsaslanır?**

• **Alimlər niyə daha kiçikölçülü diod yaratmağa çalışırlar? Belə diodun üstünlükləri nədədir?**



Diod niyə birtərəfli keçiriciliyə malikdir?

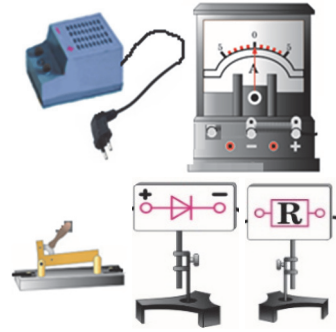
Təchizat: nümayiş diodu ("yarımkeçirici cihazlar dəsti"ndən), sabit cərəyan mənbəyi (4 V-luq düzləndirici), rezistor, ampermetr, açar, birləşdirici naqillər.

İşin gedişi: 1. Cərəyan mənbəyi, diod, rezistor, ampermetr və açardan ibarət ardıcıl dövrənin sxemini çəkin.

2. Sxemə əsasən dövrəni qurun və açarı qapayıb ampermetrin göstəricisini qeyd edin.

3. Açarı açın, diodu dövrədən ayıraraq tərsinə qoşun və təcrübəni təkrarlayın.

Nəticənin müzakirəsi: • Diodu dövrəyə necə qoşduqda o, cərəyanı keçirdi? Niyə?

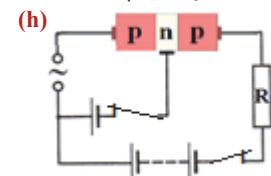
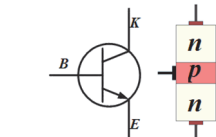
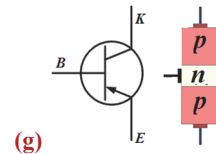
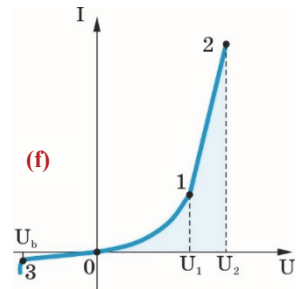


p-n keçidi: yarımkeçirici diod. İki müxtəlif növ keçiriciyə malik yarımkeçirici kristalın (n-tip və p-tip kristalları) səthlərinin toxunma sərhədində yaranan birtərəfli keçid **p-n keçidi** adlanır.

• Yarımkeçirici diod (iki yunan sözünün birləşməsidir: di – iki + odos – yol) bir p-n keçidinə malik olub xarici elektrik dövrəsinə qoşulmaq üçün iki çıxışla təchiz edilən cihazdır. Dioddan o zaman cərəyan keçir ki, onun p-tip hissəsinə müsbət gərginlik verilsin. Diodun VAX-da onun düz və tərs keçidinin fərqi aydın görünür (f). Qrafikin 0–3 hissəsi tərs keçidə uyğun olub, demək olar, gərginlikdən asılı deyil. Qrafikin 0–1 hissəsi cərəyanın gərginlikdən asılı olaraq qeyri-xətti, 1–2 hissəsi isə xətti artma halına uyğundur. Diodun başlıca vəzifəsi p-n keçidin birtərəfli keçiricilik xassəsi əsasında dəyişən cərəyanı düzləndirməkdir.

Tranzistor. Elektrik rəqslərini gücləndirmək və çevirmək məqsədilə tranzistor (tranzistor iki ingilis sözündən yaranıb: *transfer* – aparıram + *rezistor* – müqavimət) adlanan cihazdan istifadə olunur. Başqa sözlə desək, adi kran su axınının tənzimləyicisi rolunu necə oynayarsa, tranzistor da elektrik dövrəsindəki cərəyan şiddətinin tənzimlənməsində analoji rol oynayır. Tranzistor üç yarımkeçirici təbəqədən təşkil olunmuşdur: kənar təbəqələr eyni tip, ara təbəqə isə çox nazik başqa tip yarımkeçiricidir. Tranzistorda kənar təbəqələr uyğun olaraq **emitter** (ing. *emit* – şüalandırmaq, vermək) və **kollektor** (ing. *collect* – toplamaq), orta təbəqə isə **baza** adlanır. Tranzistorlar iki növ ola bilər: **pnp** və **nnp**. Dövrəyə birləşdirmək üçün tranzistorun üç çıxışı olur və növündən asılı olaraq elektrik dövrəsində xüsusi simvolla göstərilir (g).

Tranzistor elektrik dövrəsinə iki cərəyan mənbəyi vasitəsilə qoşulur. Bu zaman emitter-baza keçidi düz keçid, baza-kollektor keçidi isə tərs keçid istiqamətində olur (h). Məsələn, **pnp** tranzistorunda gücləndiriləcək signal emitter dövrəsinə verilir, kollektor dövrəsindən



isə gücləndirilmiş siqnal alınır. Hər iki dövrə açıq olduqda emitterdəki əsas yükdaşıyıcılar olan deşiklər bazaya keçir. Baza təbəqəsi nazik olduğundan deşiklər oradakı elektronlarla birləşməyə imkan tapmır və onların $\approx 95\%$ hissəsi kollektora keçir. Nəzərə alınsa ki, emitter dövrəsindəki cərəyan şiddəti (I_e) baza və kollektorda yaranan cərəyan şiddətlərinin cəminə bərabərdir:

$$I_e = I_b + I_k, \quad (1)$$

bu halda kollektor dövrəsinin cərəyan şiddəti, demək olar, emitter dövrəsindəki cərəyan şiddətinə bərabər olur:

$$I_e \approx I_k. \quad (2)$$

Ona görə də kollektor dövrəsindəki cərəyan şiddəti emitter dövrəsindəki cərəyan şiddətinə sinxron olaraq dəyişir. Nəticədə R rezistorunda sinxron dəyişən gərginlik yaranır (bax: **h**). Bu zaman rezistor böyük müqavimətli olarsa, emitter dövrəsində gərginliyin kəskin artması ($\approx 10^5$) dəfə baş verir. Cərəyan şiddətləri arasında (2) münasibəti olduğundan R rezistorunda ayrılan güc emitter dövrəsində sərf olunan gücdən dəfələrlə çox olur.

Tranzistoru 1948-ci ildə Amerika alimləri Uilyam Şokli, Valter Bratteyn və Con Bardin ixtira etmişlər. Onlar bu işlərinə görə 1956-cı ildə fizika üzrə Nobel mükafatına layiq görülmüşlər.

TƏTBİQETMƏ

ARAŞDIRMA

2

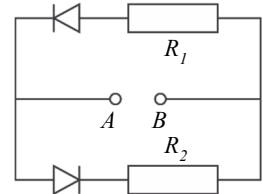
Hansı rezistordan cərəyan keçər?

Məsələ 1. Sxemdə iki dioddan ibarət elektrik dövrəsi göstərilmişdir. Dövrənin A və B nöqtələrinə EHQ 12V və daxili müqaviməti 2 Om olan cəbit cərəyan mənbəyinin qütbləri birləşdirilir. Rezistorların müqavimətləri $R_1 = 3 \text{ Om}$ və $R_2 = 4 \text{ Om}$ -dur.

- Əgər dövrənin A nöqtəsinə cərəyan mənbəyinin mənfi, B nöqtəsinə müsbət qütbü birləşdirilərsə, hansı rezistordan cərəyan keçər?
- Əgər dövrənin A nöqtəsinə cərəyan mənbəyinin müsbət, B nöqtəsinə mənfi qütbü birləşdirilərsə, hansı rezistordan cərəyan keçər?
- Dövrənin A nöqtəsinə cərəyan mənbəyinin müsbət qütbü birləşdirilərsə, dövrənin ümumi müqaviməti nəyə bərabər olar; mənfi birləşdirilərsə, nəyə bərabər olar?
- Dövrənin A nöqtəsinə cərəyan mənbəyinin müsbət qütbü birləşdirilərsə, dövrədən keçən cərəyan şiddəti nəyə bərabər olar; mənfi qütbü birləşdirilərsə, nəyə bərabər olar?

Nəticənin müzakirəsi:

- Diod dövrəyə necə qoşulmalıdır ki, o, cərəyanı keçirsin? Niyə?
- Cərəyan mənbəyinin müsbət qütbü dövrənin A nöqtəsinə birləşdirildikdə dövrənin ümumi müqavimətini və cərəyan şiddətini necə təyin edə bilərsiniz?



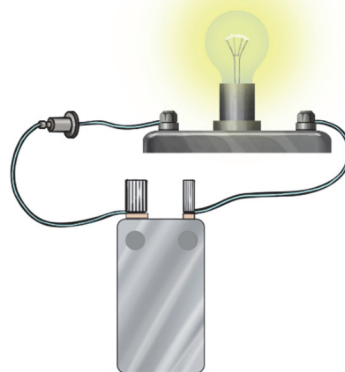
HƏYATLA ƏLAQƏLƏNDİRİN

Batareyanın qütblərini təyin edin.

Təchizat: batareya, yarımkeçirici diod, birləşdirici naqillər.

İşin gedişi: Batareyanın qütblərini yarımkeçirici diodla təyin edin. Bunun üçün əvvəlcə quracağınız dövrənin sxemini çəkin, sonra isə dövrəni qurun.

- Batareyanın qütblərini diodla necə təyin etdiniz?



ÖZÜNÜZÜ QIYMƏTLƏNDİRİN

№	Suallar	Bilirəm		
		zəif	orta	yaxşı
1	$p - n$ keçidli diodda düz və tərs keçid yükdaşıyıcılarını nə təşkil edir?			
2	Yarımkeçirici diod, cərəyan mənbəyi və lampa ardıcıl birləşdirilmişdir. Cərəyan mənbəyinin qütblərinin yerini dəyişdikdə: a) diod xarəbdirsə, dövrədə cərəyan şiddəti necə dəyişər? b) diod sazdirsə, dövrədə cərəyan şiddəti necə dəyişər?			
3	Tranzistorun emitter və kollektor dövrəsində cərəyan şiddəti uyğun olaraq 12 mA və 11,4 mA-dir. Baza dövrəsindəki cərəyan şiddəti emitterdəki cərəyan şiddətinin neçə fazını təşkil edir?			

NƏ ÖYRƏNDİNİZ? İş vərəqinə “ $p-n$ keçidi”, “yarımkeçirici diod”, “tranzistor” anlayışları haqqında esse yazın.

LAYIHƏ

2.9. YARIMKEÇİRİCİ QURĞULAR:

ONLARIN ELM, TEXNİKA VƏ İSTEHSALATDA TƏTBİQİ (Təqdimat dərsləri)

Təqdimatın təqribi planı:

Plan

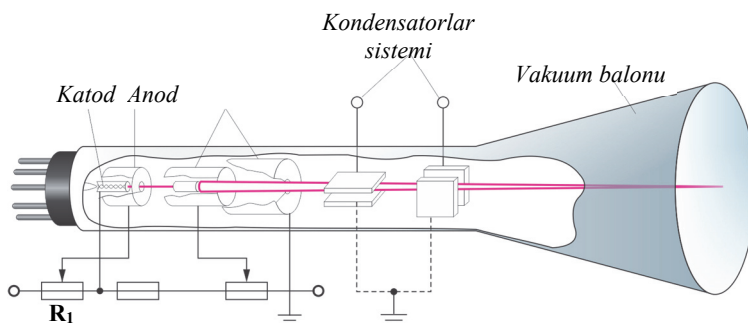
1. Giriş
2. Yarımkəçirici qurğuların əsas hissələri
3. Termorezistor
4. Fotorezistor
5. Fotodiod
6. Yarımkəçirici düzləndiricilər
7. İşıq şüalandırma diodu (svetodiod)
8. Fototranzistor
9. Günəş batareyaları
10. İntegral sxemlər (çiplər) və s.

Yarımkəçiricilərin elm, texnika və istehsalatda tətbiqlərinə aid elektron təqdimat, yaxud poster hazırlayın. Bu məqsədlə aşağıdakı ünvanlardan istifadə edə bilərsiniz:

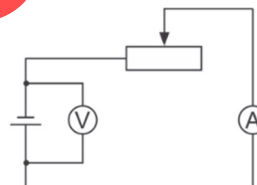
Elektron resurslar:

1. <http://elibrary.bsu.az/kitablar/1002.pdf>
2. <https://az.wikipedia.org/wiki/Yarımkəçiricilər>
3. https://az.wikipedia.org/.../Kateqoriya:Yarımkəçirici_cihazlar
4. elshad777.blogspot.com/p/blog-page_21.html
5. www.wikiwand.com/az/Kateqoriya:Yarımkəçirici_cihazlar
6. <https://www.slideshare.net/MirNamik/yarmkec-mbm2014>
7. <https://prezi.com/upcuvgyppdtko/yar-iletkenler-ve-kullanm-alanlar/>
8. <http://www.ahmetozkurt.net/TES101/ders9.pdf>
9. <http://www.elektrikport.com/haber-roportaj/nissandan-akilli-park-teknolojisine-sahip-sandalyeler/17086#ad-image-0>
10. <http://slideplayer.biz.tr/slide/2701879/>
11. <https://engelliler.gen.tr/f61/yari-iletkenler-16935/>
12. http://studbooks.net/755598/pedagogika/poluprovodniki_sovremennom_mire
13. <http://worldofschool.ru/fizika/kondens/tv-tela/p-provodnik/poluprovodniki-v-nashej-zhizni-primenenie-poluprovodnikov-kratko>

- 2.1. Cib fənərinin lampasında cərəyan şiddəti 0,24 A-dir. Lampanın közərmə telinin en kəsiyindən 5 dəq müddətində neçə elektron keçər ($e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Kl}$)?
- 2.2. En kəsik sahəsi 4 mm^2 olan naqıldəki cərəyan şiddəti 6 A, sərbəst elektronların konsentrasiyası isə $6 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3}$ -dir. Bu naqildə elektronların nizamlı hərəkət sürəti nə qədərdir ($e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Kl}$)?
- 2.3. Gümüş naqilin müqaviməti hansı temperaturda 0°C temperaturuna nisbətən 4 dəfə azalar ($\alpha_{Ag} = 0,004 \text{ K}^{-1}$)?
- 2.4. Nə üçün çox vaxt lampaların közərmə teli açarı qapayan an yanib sıradan çıxır?
- 2.5. R_1 reostatının sürgüsü sağa sürüşdürülsə, elektron-şüa borusunda işıqlı ləkənin parlaqlığı necə dəyişər?



- 2.6. Yüksək gərginlik düzləndiricisi “Razryad-1”-in elektrodları arasında məsafə 8 mm olduqda qığılcım boşalması baş verdi. Bu an elektrodlar arasında gərginlik nə qədər idi? Nəzərə alın: atmosfer təzyiqində elektrodlar arasındakı elektrik sahəsinin intensivliyi $3000 \frac{\text{V}}{\text{mm}}$ olduqda havada qığılcım boşalmasının yaranmasına səbəb olan “deşilmə” baş verir.
- 2.7. Yer səthi ilə bulud arasındakı potensiallar fərqi $1,2 \cdot 10^6 \text{ kV}$ olduqda şimşək müşahidə olundu. Həmin an buludla Yer səthi arasındakı məsafə nə qədər idi?
- 2.8. Elektrik dövrəsi EHQ-si 3 V olan cərəyan mənbəyindən və müqaviməti 6 Om olan naqildən ibarətdir. Dövrədən keçən cərəyan şiddəti 0,4 A olarsa, mənbəyin daxili müqavimətini və qısaqapanma cərəyan şiddətini təyin edin.
- 2.9. Elektrik dövrəsi daxili müqaviməti 2 Om və EHQ-si 2 V olan cərəyan mənbəyindən, maksimum müqaviməti 8 Om olan reostatdan, ampermetr və voltmetrdən ibarətdir. Bu dövrədə təyin edin:
- cərəyan şiddətinin ala biləcəyi maksimum qiyməti;
 - cərəyan şiddətinin ala biləcəyi minimum qiyməti;
 - gərginliyin ala biləcəyi maksimum qiyməti;
 - gərginliyin ala biləcəyi minimum qiyməti.

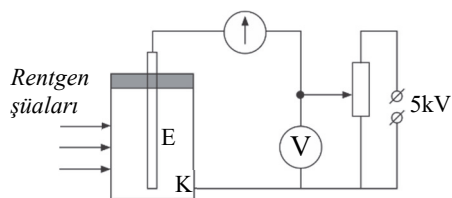


2.10. Hansı kimyəvi elementin ionu elektrolitdə e , $2e$ və $3e$ elektrik yükü daşıyır?

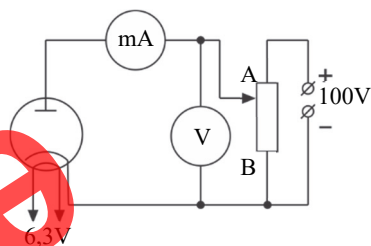
Kimyəvi element	Valentlik	Elektrokimyəvi ekvivalent, $10^{-6} \frac{kq}{kl}$	Molyar kütlə, $10^{-3} \frac{kq}{mol}$
Ag	1	1,1	108
Al	3	0,093	27
Au	3	0,69	199
Cu	2	0,33	64
Fe	3	0,19	57

2.11. Elektroliz proseslərinin başvermə müddəti və cərəyan şiddəti eyni olarsa, elektrod üzərində ayrılan hansı maddənin (2.10 sayılı məsələdəki cədvəldə verilmiş maddələrdən) kütləsi daha böyükdür?

2.12. Şəkilə ionlaşdırıcı metal kamera təsvir edilmişdir. Kamera qazla doldurulmuş, elektrodla təchiz edilərək kip bağlanmış və elektrik dövrəsinə qoşulmuşdur. Əgər rentgen şüalarının intensivliyini çoxaltmaqla kameradakı qazın ionlaşması 2 dəfə artırılırsa, qurğudan keçən doyma cərəyan şiddəti necə dəyişər?



2.13. Vakuüm diodu qoşulan elektrik dövrəsində potensimetrlin sürğüsü A nöqtəsindən B nöqtəsinə sürüşdürülsə, milliampermetr və voltmetrin göstəriciləri necə dəyişər?



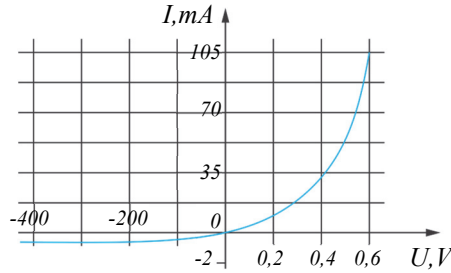
Qeyd. Potensimetr dövrədə cərəyan şiddətini dövrənin müqavimətini dəyişdirmək yolu ilə tənzimləyən qurğudur.

2.14. Yarımkəçiricidə elektrik cərəyanının istiqaməti elektronların və deşiklərin hərəkətləri nəticəsində yaranan cərəyanın istiqaməti ilə üst-üstə düşür. Lakin nəzərə alınsa ki, elektron və deşiklər əks istiqamətlərə hərəkət edir, bu halda cərəyanların istiqamətlərinin eyni olmasını necə izah edərdiniz?

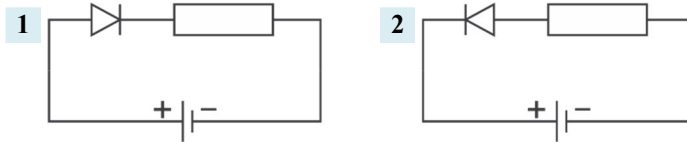
2.15. İndium, sürmə (qalay), fosfor, skandium və qallium elementlərindən hansını silisiuma aşqar olaraq vurduqda **n-tip** və **p-tip** yarımkəçirici alınar? Mendeleyev cədvəlindən istifadə edin.

2.16. Şəkilə diodun VAX-ı təsvir edilmişdir. Dioddan keçən cərəyan şiddəti nəyə bərabərdir:

- a) $U_{dk} = 0,4 \text{ V}$ olduqda (düz keçid rejimi)?
 b) $U_{tk} = -400 \text{ V}$ olduqda (tərs keçid rejimi)?



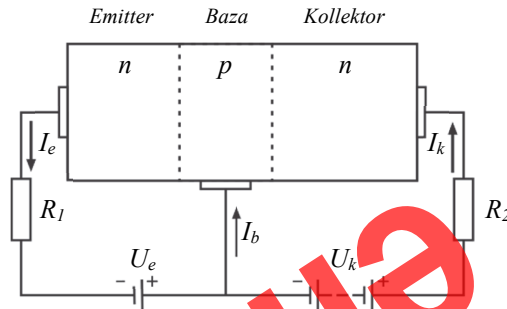
2.17. Hansı dövrədən cərəyan keçər? Niyə?



2.18. Hansı yarımqəçiricidə yüklərin konsentrasiyası daha böyükdür: məxsusi keçiriciliyə malik yarımqəçiricidə, yoxsa aşqarlı yarımqəçiricidə?

2.19. Diodun kontakt təbəqəsinin qalınlığı düz və tərs birləşmələrdə necə dəyişir?

2.20. Tranzistor qoşulmuş dövrədə R_1 və R_2 rezistorlarındakı elektrik gərginlikləri və gücləri arasında hansı münasibət var?



• ELEKTROMAQNİT RƏQSLƏRİ VƏ DALĞALARI



- ABŞ-ın "Patriot" və Rusiyanın "C-400" zenit-raket kompleksi hava hücumundan ən mükəmməl müdafiə sistemləri sayılır. Sistemin radarlarından fəzaya şüalandırılan elektromaqnit dalğalarının köməyi ilə havada uçan və ölkə ərazisi üçün təhlükə törədə bilən ixtiyari hədəfin dəqiq koordinatları müəyyən olunur və o, dərhal əks raket zərbəsi ilə məhv edilə bilər.

- **Elektromaqnit dalğası nədir?**
- **Elektromaqnit dalğalarının köməyi ilə hədəfin dəqiq koordinatları necə təyin edilir?**

- Dünyada ən nəhəng süni bənd Çində, Yansız çayının üzərində tikilmiş "Üç dəre" SES-dir. Stansiyanın 32 generatorunun hər birinin gücü 700 MVt olub ümumilikdə 22 400 MVt-dır. Müqayisə üçün deyək ki, Mingçevir SES-in 6 generatorunun ümumi gücü cəmi 420 MVt-dır.

- **SES generatorunun iş prinsipi nəyə əsaslanır?**

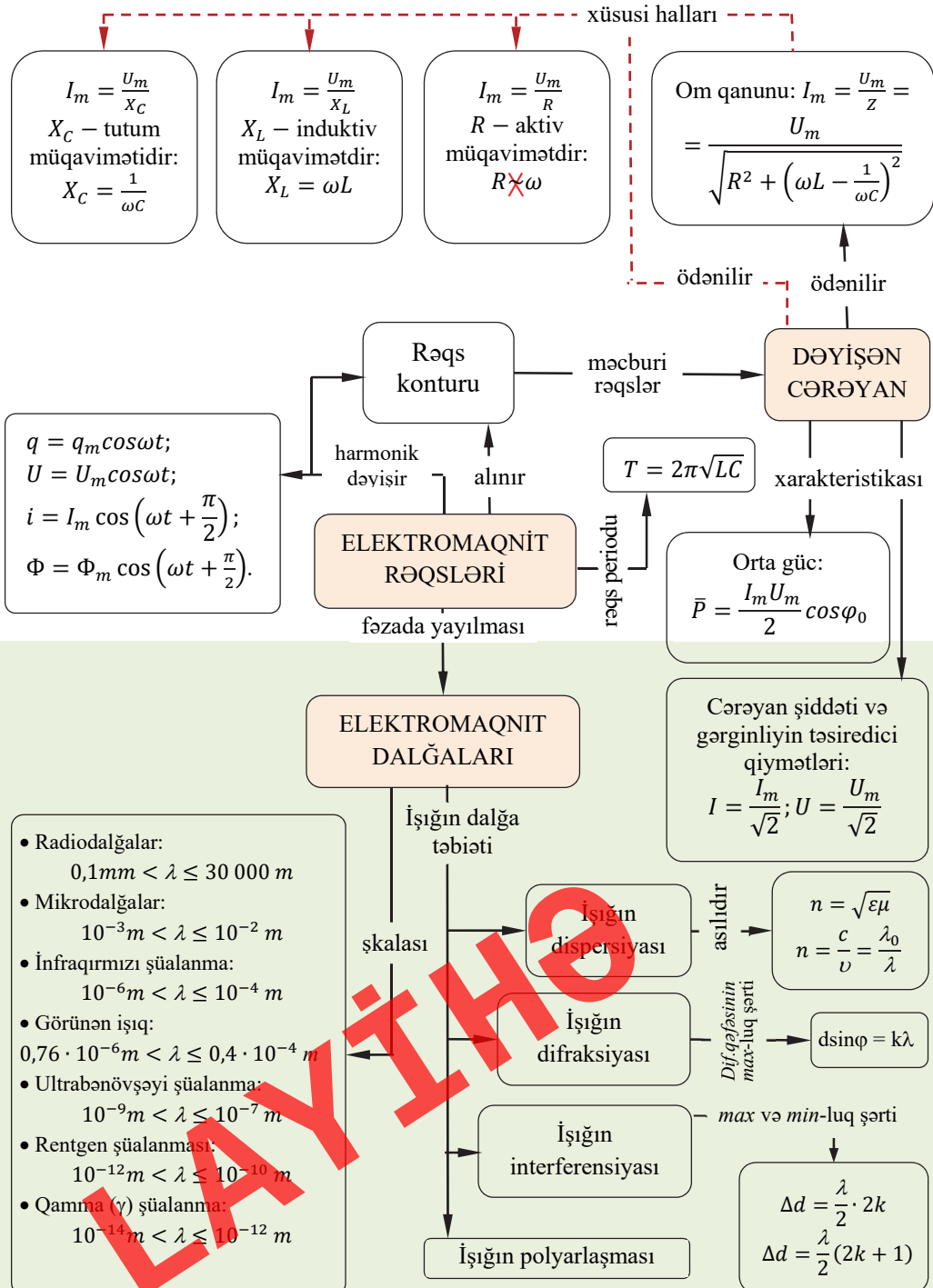


- **Polyaroid filtri** – fotoaparat və kinokameraların çox faydalı aksesuarıdır. Filtr peyzaj fotoqrafı üçün elə əhəmiyyətli vasitədir ki, demək olar, o, aparatın obyektivindən heç vaxt çıxarılmır. Polyaroid filtri ətraf mənzərənin parıltısını azaldır, su altındakı obyektlərin aydın görüntüsünü təmin edir.

- **Polyaroid nədir?**
- **Polyaroid filtri mənzərənin aydın görüntüsünü necə təmin edir?**



Fəslin "Anlayışlar xəritəsi"



3.1. SƏRBƏST ELEKTROMAQNİT RƏQSLƏRİ

• KEÇDİKLƏRİNİZİ XATIRLAYIN •

Fizika – 7 və 10

- Periodik rəqsi hərəkət – cismin və ya cisimlər sisteminin bərabər zaman fasilələrindən sonra təkrarlanan rəqsidir.

- Sərbəst rəqslər – qapalı sistemdə daxili konservativ qüvvələrin təsiri nəticəsində baş verən rəqslərdir.

- Harmonik rəqs – sərbəst rəqs edən sistemin vəziyyətini xarakterizə edən fiziki kəmiyyətlərin zamandan asılı olaraq sinus və ya kosinus qanunu ilə dəyişdiyi rəqslərdir. Aşağıdakı şəkildə kosinus qanunu ilə dəyişən koordinatın qrafiki verilmişdir: $x = x_{\max} \cos \omega t$.

- Amplitud – rəqs edən cismin tarazlıq vəziyyətindən ən böyük yerdəyişməsidir.

- Rəqs tezliyi – ədədi qiymətcə 1 saniyədəki rəqslərin sayına bərabər olan fiziki kəmiyyətdir:

$$\nu = \frac{N}{t}.$$

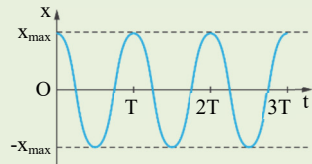
- Rəqs periodu – bir tam rəqsə sərf olunan zamandır:

$$T = \frac{t}{N}.$$

Rəqsin tezliyi ilə periodu qarşılıqlı tərs kəmiyyətlərdir:

$$T = \frac{1}{\nu} \quad \text{və ya} \quad \nu = \frac{1}{T}.$$

- Dövri tezlik – rəqs tezliyindən 2π dəfə böyük kəmiyyət olub fiziki mənacə rəqqasın $\approx 6,28$ saniyədə ($2\pi \approx 6,28$) neçə rəqs etdiyini göstərir: $\omega = 2\pi\nu$.



- Zəlzələ hadisəsi, tar və kamança simlərinin, qavalın səsi, Günəş işığı, rentgen şüalanması və s. – tamamilə fərqli fiziki proseslərdir. Lakin onları vahid əlamət birləşdirir.

• Bu əlamət nədir?



Yüklü kondensator və sarğacdən ibarət dövrədə nə baş verdi?

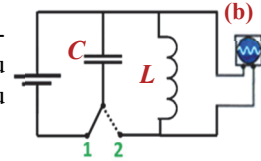
Təchizat: sabit cərəyan mənbəyi, rəqəmsal ossiloqraf SIGLENT SHS1102, kondensator (100 mkF), sarğac, ikiqütblü elektrik açarı, birləşdirici naqillər.

Cihazın təsviri. Ossiloqraf (lat. “oscillo” – rəqs edirəm + yun. “qraf” – yazıram) – girişinə verilən elektrik siqnallarının zaman-dan asılı parametrlərinin rəqsini ekranında müşahidə etməyə, yazmağa və ölçməyə imkan verən qurğudur (a).

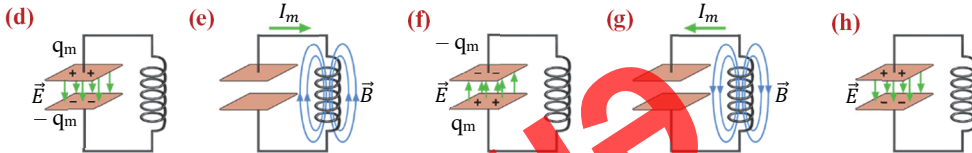
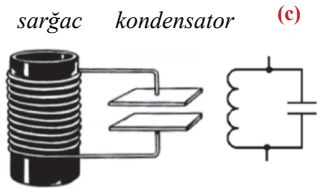
İşin gedişi: 1. Şəkilə təsvir olunan sxemə əsasən elektrik dövrəsi qurun (b). 2. Açarı 1 vəziyyətinə gətirməklə kondensatoru yükləyin. 3. Sonra açarı 2 vəziyyətinə keçirməklə kondensatoru sarğaca birləşdirin və ossiloqrafın ekranını izləyin.

Nəticənin müzakirəsi:

- Yüklənmiş kondensator sarğaca birləşdirildikdə ossiloqrafın ekranında nə müşahidə olundu?
- Təcrübədən hansı nəticəyə gəlmək olar: yüklü kondensator və sarğacdən ibarət dövrədə nə baş verdi?



Tutumu C olan kondensator və L induktivli sadə elektrik dövrəsinə nəzər yetirək (c). Belə elektrik dövrəsi **LC-konturu** adlanır. Əgər LC-konturunda kondensator yüklənsə, o, dərhal boşalmağa və sarğacdən isə cərəyan keçməyə başlayar. Öz-özünə induksiya hadisəsinə görə sarğacdəki cərəyan şiddəti tədricən artır və kondensator tam boşaldıqdan sonra maksimal qiymətə çatır (d və e). Lakin bu cərəyan öz-özünə induksiya nəticəsində öz istiqamətini saxlamaqla boşalmış kondensatoru yenidən yükləməyə başlayır və cərəyan şiddəti tədricən azalır. Kondensator lövhələri başlanğıc miqdarda, lakin əksişarəli yüklə tam dolduğu an cərəyan şiddəti sıfıra bərabər olur (f). Kondensatorun sarğac vasitəsilə yenidən yüklənməsi periodik olaraq təkrarlanır (g və h).



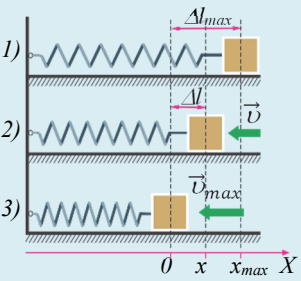
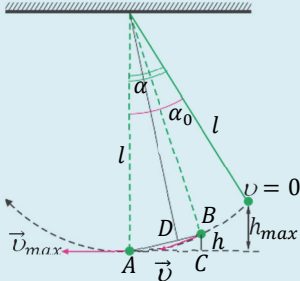
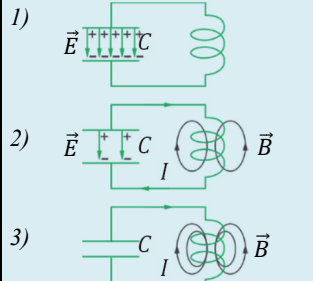
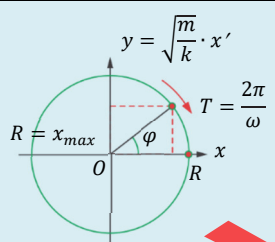
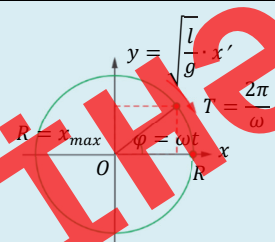
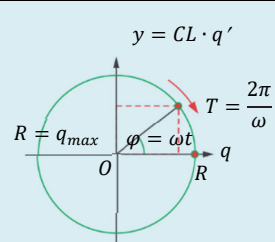
Beləliklə, LC-konturunda elektrik və maqnit sahələrinin, onları xarakterizə edən kəmiyyətlərin – elektrik yükünün, cərəyan şiddətinin, gərginliyin və s.-nin periodik dəyişməsi baş verir. Bu halda deyilir ki, ideal LC-konturunda **sərbəst elektromaqnit rəqsləri** yaranmışdır. Ona görə də, adətən, belə LC-konturu **ideal rəqs konturu** (enerji itkisi baş verməyən kontur) adlanır.

• **Sərbəst elektromaqnit rəqsləri** – rəqs konturunda kənar mənbələrdən enerji almadan elektrik və maqnit sahələrinin, onları xarakterizə edən kəmiyyətlərin – elektrik yükünün, cərəyan şiddətinin, gərginliyin və s.-nin periodik dəyişməsidir.

Mexaniki rəqslər və elektromaqnit rəqsləri fərqli təbiətə malik olsalar da, onlar materiyanın malik olduğu vahid periodiklik xassəsini xarakterizə etdiyindən bu

rəqslər ümumi qanunauyğunluğa tabedir – onlar oxşar tipli tənliklərlə təsvir olunur. Ona görə də elektromaqnit rəqslərini mexaniki rəqslərlə, məsələn, yaylı və riyazi rəqqasların rəqsləri ilə analogiyada araşdırmaq əlverişlidir (**cədvəl 3.1.**).

Cədvəl 3.1.

Yaylı rəqqasda mexaniki rəqslər	Riyazi rəqqasda mexaniki rəqslər	LC-konturunda elektromaqnit rəqsləri
1	2	3
		
Enerjinin saxlanması qanununa görə: $\frac{kx^2}{2} + \frac{mv^2}{2} = \frac{kx_m^2}{2}$ Sadələşmə aparıldıqdan sonra alınır: $x^2 + \frac{m}{k} \cdot v^2 = x_m^2$	Enerjinin saxlanması qanununa görə: $mgh + \frac{mv^2}{2} = mgh_m$ Sadələşmə aparıldıqda alınır: $x^2 + \frac{l}{g} \cdot v^2 = x_m^2$	Enerjinin saxlanması qanununa görə: $\frac{q^2}{2C} + \frac{LI^2}{2} = \frac{q_m^2}{2C}$ Sadələşmə aparıldıqda alınır: $q^2 + CL \cdot I^2 = q_m^2$
Nəzərə alınsa ki, $v = x'$: $x^2 + \left(\sqrt{\frac{m}{k}} \cdot x' \right)^2 = x_m^2$	Nəzərə alınsa ki, $v = x'$: $x^2 + \left(\sqrt{\frac{l}{g}} \cdot x' \right)^2 = x_m^2$	Nəzərə alınsa ki, $I = q'$: $q^2 + (\sqrt{CL} \cdot q')^2 = q_m^2$
 Çevrə düsturuna əsasən: $x^2 + y^2 = R^2$ $x = x_m \cos \omega t; \varphi_0 = 0$	 Çevrə düsturuna əsasən: $x^2 + y^2 = R^2$ $x = x_m \cos \omega t; \varphi_0 = 0$	 Çevrə düsturuna əsasən: $q^2 + y^2 = R^2$ $q = q_m \cos \omega t; \varphi_0 = 0$

Cədvəl 3.1-in davamı.

1	2	3
$\begin{cases} x^2 + y^2 = R^2 \rightarrow x^2 + \left(\sqrt{\frac{m}{k}} \cdot x'\right)^2 = x_m^2 \rightarrow y = \sqrt{\frac{m}{k}} \cdot x' \\ x^2 + y^2 = R^2 \rightarrow x^2 + \left(\sqrt{\frac{l}{g}} \cdot x'\right)^2 = x_m^2 \rightarrow y = \sqrt{\frac{l}{g}} \cdot x' \\ x^2 + y^2 = R^2 \rightarrow q^2 + (\sqrt{LC} \cdot q')^2 = q_m^2 \rightarrow y = \sqrt{LC} \cdot q' \end{cases}$		
Yaylı rəqqasın dövrü tezliyi: $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}},$ $x = x_m \cos \omega t,$ $\varphi_0 = 0,$ $v = x' = -\omega x_m \sin \omega t,$ $a = v' = -\omega^2 x_m \cos \omega t$ $v_m = \omega x_m,$ $a_m = \omega^2 x_m.$	Riyazi rəqqasın dövrü tezliyi: $\omega = \sqrt{\frac{g}{l}},$ $x = x_m \cos \omega t,$ $\varphi_0 = 0,$ $v = x' = -\omega x_m \sin \omega t,$ $a = v' = -\omega^2 x_m \cos \omega t$ $v_m = \omega x_m,$ $a_m = \omega^2 x_m.$	Rəqs konturunun dövrü tezliyi: $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}},$ $q = q_m \cos \omega t,$ $\varphi_0 = 0,$ $I = q' = -\omega q_m \sin \omega t,$ $I' = q'' = -\omega^2 q_m \cos \omega t$ $I_m = \omega q_m.$
Yaylı rəqqasın rəqs periodu və tezliyi asılıdır: $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}};$ $\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}.$	Riyazi rəqqasın rəqs periodu və tezliyi asılıdır: $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}};$ $\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}.$	Elektromaqnit rəqslərinin rəqs periodu və tezliyi asılıdır: $T = 2\pi \sqrt{LC};$ $\nu = \frac{1}{2\pi} \frac{1}{\sqrt{LC}}.$
Graph showing the time dependence of displacement x, velocity v, and acceleration a for a harmonic oscillator. The x-axis is time t, and the y-axis shows $x_{\max}$, $v_{\max}$, and $a_{\max}$. The displacement x (red curve) is a cosine wave starting at $x_{\max}$. The velocity v (green curve) is a negative sine wave starting at 0. The acceleration a (blue curve) is a negative cosine wave starting at $-a_{\max}$. The period T is marked on the x-axis. A large red watermark 'LAYITHO' is overlaid on the graph. Equations shown in the graph: $x = x_{\max} \cos \omega t$ $q = q_{\max} \cos \omega t$ $a = -\omega^2 x_{\max} \cos \omega t$ $I' = -\omega^2 q_{\max} \cos \omega t$ $v = -\omega x_{\max} \sin \omega t$ $I = -\omega q_{\max} \sin \omega t$		

Elektromaqnit rəqslərinin xarakteristikalarını təyin edin

Məsələ. Elektromaqnit rəqsləri zamanı kondensatordakı maksimal yük $1,5 \text{ mKl}$, sarğacdakı cərəyan şiddətinin maksimal qiyməti isə $7,5 \text{ mA}$ idi. Buna görə təyin edin:

- rəqsin dairəvi tezliyini;
- rəqs periodunu ($\pi = 3$);
- əgər sarğacın induktivliyi 4 mHn olarsa, kondensatorun tutumunu;
- həmin rəqs konturunda yükün maksimal qiyməti 12 mKl olarsa, cərəyan şiddətinin maksimal qiymətini.

Nəticənin müzakirəsi:

- Şərtə əsasən elektromaqnit rəqslərini xarakterizə edən kəmiyyətləri – rəqsin dairəvi tezliyini (ω), rəqs periodunu (T), kondensatorun tutumunu (C) və yükün verilən maksimal qiymətinə görə cərəyan şiddətinin maksimal qiymətini ($I_{\max}$) hansı düsturlarla təyin ediniz?

HƏYATLA ƏLAQƏLƏNDİRİN

Kosmos, demək olar, mükəmməl təbii vakuumdur. Bu o deməkdir ki, əgər siz açıq kosmosda olsanız, ehtimal olunur ki, heç bir səs eşitməyəcəksiniz.

• Niyə kosmosda səssizlik olduğu ehtimal edilir?

Lakin NASA-nın kosmik peyklərində kosmik fəzadan gələn bəzi səsləri qəbul edib geriye göndərməklə dəhşət filmlərindəki səs effektlərinə oxşar səslər almaq mümkün olmuşdur.

• Kosmik fəzada yaranan səsləri kosmik vakuumba yayan nədir?**ÖZÜNÜZÜ QIYMƏTLƏNDİRİN**

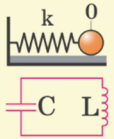
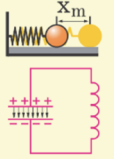
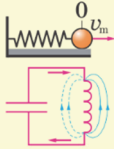
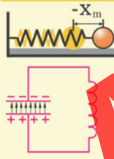
№	Suallar	Bilirəm		
		zəif	orta	yaxşı
1	Rəqs konturunda hansı rəqslər sərbəst rəqslər adlanır?			
2	Elektromaqnit rəqslərinin periodu hansı fiziki kəmiyyətlərdən asılıdır?			
3	Zaman keçdikcə rəqs konturunda kondensatorun elektrik yükü və sarğacdən keçən elektrik cərəyanı hansı qanunla dəyişir?			
4	LC-konturunda sarğac rezistorla əvəz olunarsa, konturda elektromaqnit rəqsləri yaranarmı? Niyə?			
5	İdeal rəqs konturunda alınan elektromaqnit rəqsləri söndür, yoxsa sönməyən? Niyə?			

NƏ ÖYRƏNDİNİZ? İş vərəqində “Elektromaqnit rəqsləri”nin anlayış xəritəsini qurun.

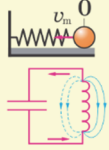
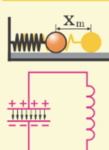
3.2. ELEKTROMAQNİT RƏQSLƏRİNDƏ ENERJİ ÇEVRİLMƏLƏRİ (Təqdimat dərsləri)

“Elektromaqnit rəqslərində enerji çevrilmələri” mövzusunda elektron təqdimat hazırlayın. Bu məqsədlə rəqs konturunda elektromaqnit rəqslərinin enerji çevrilmələrinin yaylı rəqqasdakı mexaniki rəqslərin enerji çevrilmələri ilə analogiyasından istifadə edə bilərsiniz (**cədvəl 3.2**).

Cədvəl 3.2.

	Sükunətdə olan yaylı rəqqasın mexaniki enerjisi sıfırdır. Kondensator yüksüzdür. Konturda elektrik və maqnit sahələrinin enerjisi sıfırdır.
$v = 0$ $x = x_m$ $W_p = \frac{kx_m^2}{2}$ $W_k = 0$ t = 0  $i = 0$ $q = q_m$ $W_e = \frac{q_m^2}{2C}$ $W_m = 0$	t=0 anında yayı sıxmaqla ona başlanğıc potensial enerji ehtiyatı verilir. Kondensator yüklənir. Onun lövhələri arasında enerji ehtiyatına malik elektrik sahəsi yaranır.
$x = 0$ $v = v_m$ $W_p = 0$ t = $\frac{1}{4} T$  $q = 0$ $i = I_m$ $W_e = 0$ $W_k = \frac{mv_m^2}{2}$ $W_m = \frac{LI_m^2}{2}$	Sıxılmış yay buraxılır. Elastiklik qüvvəsinin təsiri altında kürəcik artan sürətlə tarazlıq vəziyyətinə doğru hərəkət edir. t = $\frac{1}{4} T$ anında tarazlıq vəziyyətində yayın potensial enerjisi yükün kinetik enerjisinə çevrilir. t = $\frac{1}{4} T$ anında kondensator boşalır. Sargıacda elektrik cərəyanı yaranır. Sargıacın dolaqlarını kəsən maqnit sahəsi güclənir. Kondensator tam boşalır və onun elektrik sahəsinin enerjisi sargıacın maqnit sahəsinin enerjisinə çevrilir.
$x = -x_m$ $v = 0$ $W_p = \frac{kx_m^2}{2}$ $W_k = 0$ t = $\frac{1}{2} T$  $q = -q_m$ $i = 0$ $W_e = \frac{q_m^2}{2C}$ $W_m = 0$	Yaylı rəqqas əlaqət ilə tarazlıq vəziyyətindən keçərək t = $\frac{1}{2} T$ anında sağ kənar vəziyyətə gəlir. Yükün kinetik enerjisi yayın potensial enerjisə çevrilir. Maqnit sahəsinin dəyişməsi (azalması) hesabına kondensator yenidən yüklənir. Nəticədə maqnit sahəsinin enerjisi kondensatorun elektrik sahəsinin enerjisə çevrilir.

Cədvəl 3.2.-nin davamı.

$x = 0$ $v = -v_m$ $W_p = 0$ $W_k = \frac{mv_m^2}{2}$ $t = \frac{3}{4}T$ $q = 0$ $i = -I_m$ $W_e = 0$ $W_m = \frac{LI_m^2}{2}$ 	$t = \frac{3}{4}T$ anında yaylı rəqqasın potensial enerjisi yükün kinetik enerjisinə çevrilir. Rəqqas sola doğru hərəkət edir. Uyğun olaraq kondensator boşalır. Boşalma cərəyanı sarğacda maqnit sahəsi yaradır və s. Əvvəlki hadisələr təkrarlanır. Bu halda cərəyan əks istiqamətdə axır. Konturun elektrik sahəsinin enerjisi maqnit sahəsinin enerjisinə çevrilir.
$x = x_m$ $v = 0$ $W_p = \frac{kx_m^2}{2}$ $W_k = 0$ $t = T$ $q = q_m$ $i = 0$ $W_e = \frac{q_m^2}{2C}$ $W_m = 0$ 	$t = T$ anında yaylı rəqqas sol kənar vəziyyətinə qədər sıxılır. Yükün kinetik enerjisi tamamilə yayın potensial enerjisinə çevrilir. Uyğun olaraq kondensator $t = 0$ anındakı kimi yüklənir. Sarğacın maqnit sahəsinin enerjisi kondensatorun elektrik sahəsinin enerjisinə çevrilir.

İdeal rəqs konturunun ixtiyari zaman anında tam enerjisi elektrik və maqnit sahələrinin enerjiləri cəminə bərabərdir:

$$W = W_e + W_m = \frac{q^2}{2C} + \frac{Li^2}{2} = \frac{q_{max}^2}{2C} \cdot \cos^2 \omega t + \frac{LI_{max}^2}{2} \cdot \sin^2 \omega t.$$

Lakin real rəqs konturunda bütün işlədicilər elektrik müqavimətinə malik olduğundan enerji itkisi qaçılmazdır. Bu o deməkdir ki, real konturda elektrik enerjisi tamamilə maqnit sahəsinin enerjisinə çevrilə bilməz, onun bir hissəsi naqildə istiliyin ayrılmasına sərf olunur. Ona görə də real rəqs konturunda sərbəst elektromaqnit rəqsləri sönəndir.

Rəqslərin analogiyasından istifadə edərək təqdimatın planını tərtib edin.



LAYIHƏ

3.3. MƏCBURİ ELEKTROMAQNİT RƏQSLƏRİ: DƏYİŞƏN CƏRƏYAN

• KEÇDİKLƏRİNİZİ XATIRLAYIN •

Fizika – 8 və 11

- Cərəyan şiddətinin qiyməti və cərəyanın istiqaməti zaman keçdikcə dəyişmirsə, belə cərəyan **sabit cərəyan** adlanır. Sabit cərəyan mənbələrinə misal kimi elektrofor maşını, müxtəlif batareyaları (quru qalvanik element) və ya akkumulyatoru, günəş batareyasını və fizika laboratoriyasında işlədilən cərəyan düzləndiricilərini göstərmək olar.

Bircins maqnit sahəsində qapalı kontur (çərçivə) yerləşdirilsə, bu konturun hüdudlandığı S səthindən maqnit induksiya seli keçər.

- Maqnit induksiya seli (Φ) – ədədi qiymətcə maqnit induksiya vektorunun modulu, konturun sahəsi və konturun normalı ilə induksiya vektoru arasında qalan bucağın kosinusu hasilinə bərabər kəmiyyətdir: $\Phi = BS \cos \alpha$.
- Keçirici konturla hüdudlanmış səthdən keçən maqnit selinin dəyişməsi nəticəsində konturda elektrik cərəyanının yaranması **elektromaqnit induksiyası hadisəsi** adlanır.

- Keçirici qapalı konturda yaranan induksiya EQ bu konturla hüdudlanan səthdən keçən maqnit selinin dəyişmə sürəti ilə düz mütənasibdir: $\varepsilon_i = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$.

Keçirici qapalı konturda yaranan induksiya cərəyanının şiddəti qapalı dövrə üçün Om qanununa əsasən: $I_i = \frac{\varepsilon_i}{R} = -\frac{1}{R} \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$.

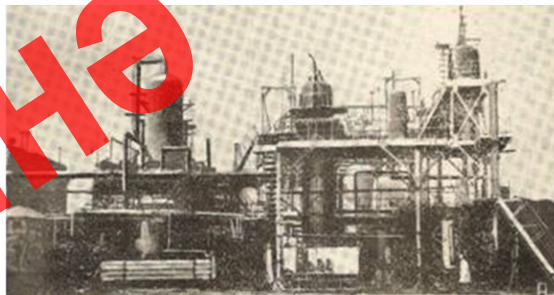
- Keçirici konturda cərəyan şiddətinin dəyişməsi nəticəsində həmin konturda induksiya EQ-nin yaranması hadisəsi öz-özünə **induksiya hadisəsi** adlanır. Qapalı konturda cərəyan şiddəti sıfırdan müəyyən qiymətə qədər artdığı an bu konturdan keçən maqnit seli də artır. Nəticədə konturda yaranan öz-özünə induksiya EQ həmin konturdan keçən cərəyanın əksinə yönələn induksiya cərəyanı yaradır.



- Avropada ilk dəfə olaraq XX əsrin əvvəllərində Bakıda dəyişən cərəyanı sənaye miqyasında istehsal edən və ötürən iki nəhəng elektrik stansiyası istifadəyə verilir:

Bibiheybət elektrik stansiyası (1901) və Belqorod (indiki Ağsəhər) elektrik stansiyası (1902). 1906-cı ilin martında Belqorod elektrik stansiyasından 8,5 km məsafədə yerləşən Balaxanı neft mədənlərinə elektrik enerjisinin verilməsinə başlanılmışdır. Müqayisə üçün deyək ki, Avropanın iri şəhərlərində dəyişən elektrik cərəyanının istifadəsinə çox sonralar başlanmışdır: Helsinki – 1940, Stokholm – 1960. ABŞ-da isə bütün ölkə üzrə dəyişən cərəyandan istifadəyə keçid 2007-ci ildə başa çatdırılmışdır.

- Dəyişən cərəyan sabit cərəyandan nə ilə fərqlənir?
- Dəyişən cərəyan necə alınır?



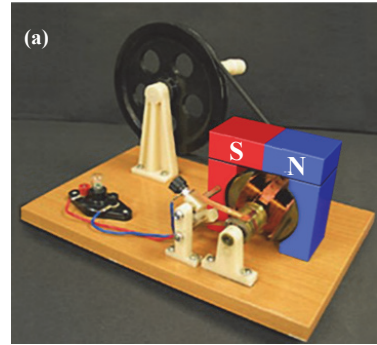
Elektrik stansiyasının buxar qazanı üçün dünyada ilk dəfə Bakıda tikilmiş "Dəniz suyunun termokimyəvi yumşaldılması qurğusu". Bakı, 1902.

Təchizat: lampə ilə təchiz edilmiş generator modeli.

İşin gedişi: generatorun valını bərabər sürətlə fırladın və eyni zamanda lampənin işıqlanmasına diqqət yetirin (a).

Nəticənin müzakirəsi:

- Generatorun valının bərabər sürətlə fırladılmasına baxmayaraq lampənin işıqlanmasında qeyri-adi nə müşahidə olundu?
- Təcrübədən nə kimi fərziyyə irəli sürmək olar?



Məcburi elektromaqnit rəqsləri

Öyrəndiniz ki, real rəqs konturunda elektromaqnit rəqsləri həmişə sönəndir. Rəqslərin sönməzliyini təmin etmək üçün rəqs konturuna periodik olaraq enerji verilməlidir. Bu məqsədlə rəqs konturuna ardıcıl olaraq EHQ-si harmonik qanunla, məsələn,

$$\varepsilon = \varepsilon_m \sin \omega t \quad (1)$$

qanunu ilə dəyişən cərəyan mənbəyi qoşmaq lazımdır (b). Elektrik sxemlərində dəyişən cərəyan mənbəyi "⋈" simvolu ilə işarə edilir. (1) ifadəsində ε_m – EHQ-nin maksimal (və ya amplitud) qiyməti, ω – EHQ-nin dəyişdiyi dairəvi tezlikdir. EHQ-si dəyişən cərəyan mənbəyinin təsiri ilə LC-konturunda məcburi elektromaqnit rəqsləri yaranır.

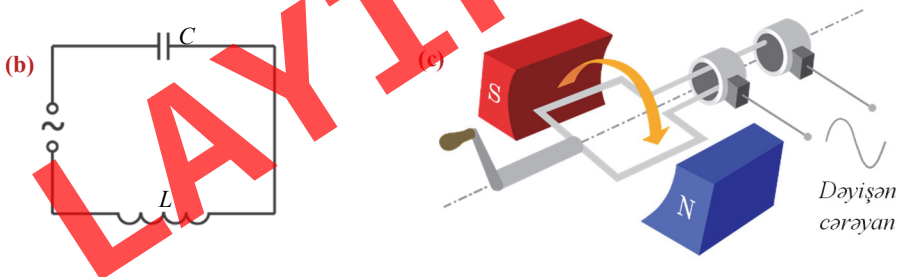
• *Məcburi elektromaqnit rəqsləri – xarici cərəyan mənbəyinin EHQ-sinin dəyişməsi ilə konturda elektrik yükünün, cərəyan şiddətinin və gərginliyin ω dairəvi tezliyinə bərabər tezliklə dəyişməsidir.*

Məcburi elektromaqnit rəqslərinə ardıcıl birləşdirilmiş rezistor, kondensator və sarğacdan ibarət konturdan keçən dəyişən cərəyan kimi baxıla bilər.

• *Dəyişən cərəyan – istiqaməti və cərəyan şiddəti zamana görə periodik dəyişən cərəyandır.*

Dəyişən cərəyan fabriklər və zavodlarda elektrik mühərriklərini hərəkətə gətirir, məişətimizdəki işıqlandırma sistemlərini, elektrik cihazlarını və s.-ni işə salır.

Dəyişən cərəyanın alınması. Dəyişən cərəyanı hasil edən qurğu dəyişən cərəyan generatoru və ya induksiya generatoru adlanır. Generatorun iş prinsipi elektromaqnit induksiya qanununa əsaslanır. Belə generatorun ən sadə modeli bir cins maqnit sahəsində fırlanan keçirici konturdur (c).



Keçirici kontur induksiyası $\vec{B}$ olan bircins maqnit sahəsində ω dairəvi tezliyi ilə fırlandıqda konturu kəsən maqnit seli harmonik qanunla dəyişir:

$$\Phi = BS \cos \omega t = \Phi_m \cos \omega t. \quad (2)$$

Elektromaqnit induksiya qanununa görə konturda periodik qanunla dəyişən EHQ əmələ gəlir:

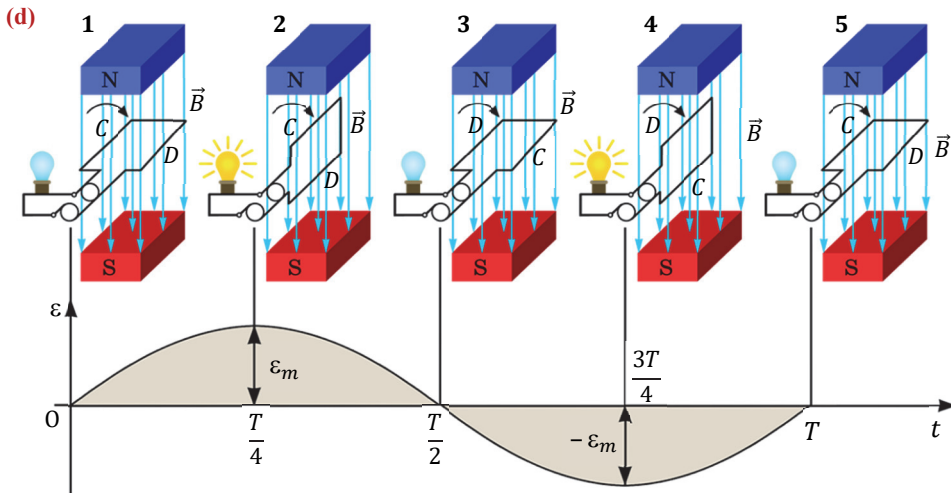
$$\varepsilon = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -\Phi'(t) = (-\Phi_m \cos \omega t)' = \Phi_m \omega \sin \omega t = \varepsilon_m \sin \omega t.$$

Bunun nəticəsində konturun qütblərində sinus qanunu ilə dəyişən gərginlik yaranır:

$$u = U_m \sin \omega t. \quad (3)$$

Əgər generator modelindəki konturun qütblərinə elektrik işlədici, məsələn, elektrik lampası qoşularsa, ondan harmonik qanunla dəyişən induksiya cərəyanı keçər – lampə periodik olaraq gah parlaq işıqlanar, gah da sönər (d):

$$i = I_m \sin(\omega t + \varphi_0). \quad (4)$$

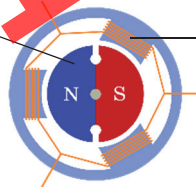


(2), (3) və (4) ifadələrində Φ , u və i – uyğun olaraq maqnit selinin, gərginliyin və cərəyan şiddətinin anı qiyməti, Φ_m , U_m və I_m – uyğun kəmiyyətlərin maksimal (amplitud) qiymətləri, φ_0 – gərginliklə cərəyan şiddəti arasında faza fərqi.

Dəyişən cərəyan generatoru iki hissədən ibarətdir: *stator* adlanan tərpənməz hissə və *rotor* adlanan tərpənən hissə. Stator keçirici dolaqlardan ibarət sarğıcadan, rotor isə stator içərisində fırlana bilən sabit maqnitdən ibarət olur. İstilik elektrik stansiyalarında iki maqnit qütblü rotordan ibarət generatordan istifadə olunur (e).

(e)

Rotor – generatorun fırlanan hissəsi olub sabit maqnitdən və ya elektromaqnitdən ibarətdir.

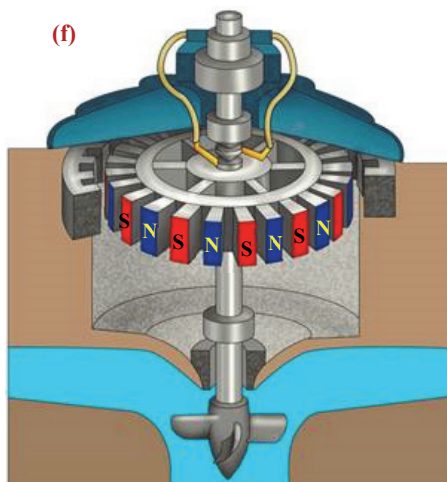


Stator – generatorun tərpənməz hissəsi olub keçirici dolaqlardan ibarətdir.

Belə rotor $3000 \frac{dövr}{dəq} \left(50 \frac{dövr}{san} \right)$ etməklə maqnit qütblərini saniyədə 50 dəfə dəyişir. Nəticədə generatorda 50 Hz tezliki dəyişən cərəyan alınır. Lakin su-elektrik stansiyasında (SES-də) istifadə olunan hidrogenatorların rotorunu elə də böyük sürətlə fırlatmaq mümkün deyildir. Odur ki hidrogenatorlar ikiqütblü deyil, çox qütblü rotorla təchiz edilir. Nəticədə kiçik sürətlə fırlanan çoxqütblü rotoru olan generatorda yüksək tezliklə dəyişən elektrik cərəyanı almaq mümkündür **(f)**.



SES hidrogenatorları (fragment)



Hidrogenatorun sxemi

Dəyişən cərəyanı xarakterizə edən digər kəmiyyətlər

Naqildən cərəyan keçdikdə elektrik enerjisinin daxili enerjiyə çevrilməsi prosesi baş verir, nəticədə naqıl qızır. Dəyişən cərəyan dövrəsində ani gücün periodik dəyişməsinə baxmayaraq orta güc istənilən periodda sabit qalır:

$$\bar{P} = \frac{I_m \cdot U_m}{2} \cdot \cos \varphi_0. \quad (5)$$

Burada $\cos \varphi_0$ – güc əmsalı olub dövrdə elektrik enerjisinin hansı hissəsinin dönməz olaraq daxili və ya mexaniki enerjiyə çevrildiyini göstərir. (5) ifadəsini belə də yazmaq olar:

$$\bar{P} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \cdot \frac{U_m}{\sqrt{2}} \cdot \cos \varphi_0 = IU \cos \varphi_0. \quad (6)$$

(6) ifadəsindəki $\frac{I_m}{\sqrt{2}}$ və $\frac{U_m}{\sqrt{2}}$ nisbətləri uyğun olaraq dəyişən cərəyan şiddətinin və gərginliyin təsiredici qiymətləri adlanır:

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \text{ və } U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}. \quad (7)$$

- Cərəyan şiddətinin təsiredici qiyməti – naqildə eyni zaman müddətində dəyişən cərəyanın ayırdığı qədər istilik miqdarı ayıran sabit cərəyan şiddətinə bərabərdir.
- Dəyişən cərəyan dövrlərində istifadə olunan ampermetr və voltmeter cərəyan şiddəti və gərginliyin təsiredici qiymətlərini ölçür.

Qapalı konturda dəyişən cərəyanın alınmasını izah edin.

Məsələ. Bircins maqnit sahəsində fırlanan konturda dəyişən induksiya cərəyanının alınmasını mövzuda verilən sxemə əsasən izah edin (bax: sxem d).

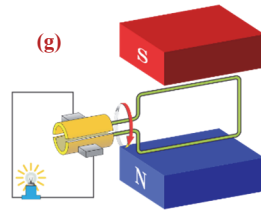
Nəticənin müzakirəsi:

- Bircins maqnit sahəsində fırlanan konturun hansı halında onda yaranan induksiya cərəyanı maksimal qiymətə malik olar? Niyə?
- Kontur 2 və 4 vəziyyətində olduqda onun C və D tərəfindən keçən induksiya cərəyanının istiqaməti haqqında nə deyə bilərsiniz?

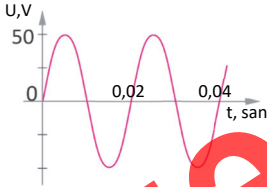
HƏYATLA ƏLAQƏLƏNDİRİN

Şəkilə sabit cərəyan generatorunun sadələşdirilmiş sxemi təsvir edilmişdir (g). Onu dəyişən cərəyan generatorunun sadələşdirilmiş sxemi (bax: c və ya d) ilə müqayisə edin.

- Bu generatorların quruluşları arasında fərq nədədir?
- Necə olur ki, generatorların birində sabit, digərində dəyişən cərəyan alınır?



ÖZÜNÜZÜ QIYMƏTLƏNDİRİN

№	Suallar	Bilirəm		
		zəif	orta	yaxşı
1	Rəqs konturunda sönməyən elektromaqnit rəqlərinin alınması necə təmin olunur?			
2	Dəyişən cərəyan generatorunun işini hansı təcrübə ilə model-ləşdirmək olar?			
3	EHQ-nin zamana görə dəyişməsi $\varepsilon = 120 \sin 80\pi t$ qanunu ilə verilmişdir. EHQ-nin rəqlərinin amplitudunu, period və tezliyini təyin edin.			
4	Verilən qrafikə əsasən: a) gərginliyin rəqlərinin amplitud qiymətini təyin edin; b) bu rəqlərin period və tezliyini təyin edin; c) gərginliyin zamandan asılılıq tənliyini yazın.			
5	İşıqlandırma dövrəsində cərəyan şiddəti 10 A-dir. Bu zaman onun amplitud qiyməti nəyə bərabərdir?			

NƏ ÖYRƏNDİNİZ?

İş vərəqində "Dəyişən cərəyan"ın anlayış xəritəsini qurun.

Layihə: "Cərəyanların müharibəsi". Elektron resurslardan istifadə etməklə ABŞ ixtiraçıları Tomas Edisonun "sabit cərəyanın istehsalı və istismarı sistemi" və Nikola Teslanın "dəyişən cərəyanın istehsalı və istismarı sistemi" adlı kəşfləri arasında 100 ildən çox davam edən rəqabət haqqında referat hazırlayın.

3.4. REZİSTOR, KONDENSATOR VƏ SARĞAC QOŞULMUŞ DƏYİŞƏN CƏRƏYAN DÖVRƏLƏRİ

• KEÇDİKLƏRİNİZİ XATIRLAYIN •

Fizika – 8 və 11

- **Rezistor** – xüsusi ərintidən hazırlanan və sıxacları olan naqildir. Elektrik sxemlərində rezistor **R** hərfi ilə işarə edilən düzbucaqlı şəkildə təsvir olunur. Mikrosxemlərdə müxtəlif rezistorlardan istifadə olunur.

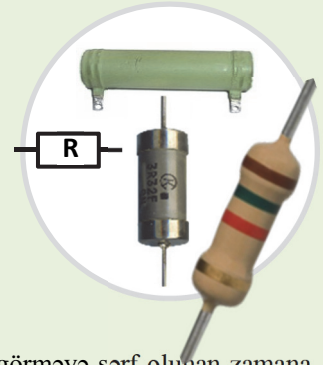
Dövrə hissəsindəki cərəyan şiddəti, gərginlik və müqavimət arasındakı asılılıq dövrə hissəsi üçün **Om qanunu** adlanır: $I = \frac{U}{R}$.

Burada **R** – naqilin müqavimətidir. Naqilin müqaviməti onun hazırlandığı maddədən, həndəsi ölçülərindən və temperaturundan asılıdır:

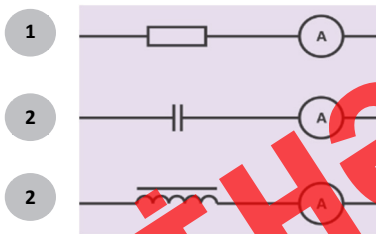
$$R = \rho \frac{l}{S}.$$

- Dövrə hissəsində cərəyanın işi cərəyan şiddəti ilə bu hissənin uclarındakı gərginlik və işin görülməsinə sərf olunan zamanın hasilinə bərabərdir: $A = IUt$.
- Elektrik cərəyanının gücü cərəyanın gördüyü işin bu işi görməyə sərf olunan zamana nisbətində bərabərdir:

$$P = \frac{A}{t} = IU = I^2 R = \frac{U^2}{R}.$$



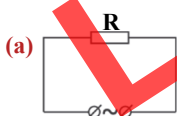
- Şəkilə təsvir olunan 1, 2 və 3 dövrə hissələri ardıcıl olaraq eyni dəyişən cərəyan mənbəyinə qoşuldu. Məlum oldu ki, kondensator qoşulan dövrə hissəsindən keçən cərəyan şiddətinin qiyməti daha böyükdür.



- Niyə kondensator qoşulan dəyişən cərəyan dövrəsindən keçən cərəyan şiddəti sarğac qoşulan dövrəyə nisbətən daha böyükdür?
- Dəyişən cərəyan dövrəsində rezistorun müqavimətinin böyük olması nə ilə nəticələnər?

Aktiv müqavimət qoşulmuş dəyişən cərəyan dövrəsi

Dəyişən cərəyan dövrəsində müqaviməti $R = \rho \frac{l}{S}$ olan rezistor *aktiv müqavimət* adlanır. Aktiv müqavimətli dövrədə elektrik enerjisinin müəyyən hissəsi daxili enerjiyə çevrilir. Fərz edək ki, aktiv müqavimət qoşulan dövrədə gərginlik sinus qanunu ilə dəyişir (a): $u = U_m \sin \omega t$. Bu halda dövrənin uyğun xarakteristikaları arasındakı münasibət 3.3 cədvəlindəki kimi olar.



Cədvəl 3.3. Aktiv müqavimət qoşulmuş dəyişən cərəyan dövrəsi.

Xarakteristikalar arasındakı münasibət	Xarakteristikaların qrafiki
Om qanununa görə: $i = \frac{u}{R} = \frac{U_m}{R} \sin \omega t = I_m \sin \omega t.$ Yalnız rezistor olan dövrdə i və u eyni fazada rəqs edir. Ona görə də $\varphi_0 = 0 \text{ və } \cos \varphi_0 = 1$ olur. Bu halda orta güc: $\bar{P} = \frac{I_m \cdot U_m}{2} \cdot \cos \varphi_0 = \frac{I_m \cdot U_m}{2} = \frac{I_m^2 R}{2}.$ Ani güc: $P = iu = i^2 R = I_m^2 R \sin^2 \omega t.$ • Yalnız rezistor qoşulan dəyişən cərəyan dövrəsində aktiv müqavimət, gərginlik və cərəyan şiddətinin amplitud qiymətləri dəyişən cərəyanın tezliyindən asılı deyil.	

Kondensator qoşulan dəyişən cərəyan dövrəsi. Dəyişən cərəyan dövrəsi yalnız kondensatordan ibarət olarsa, bu cərəyanın xarakteristikaları necə dəyişər?

ARAŞDIRMA

1

Kondensator qoşulan hansı dövrdən cərəyan keçdi?

Təchizat: kondensator (100 mkF), lampa (4 V), sabit və dəyişən gərginlikli düzləndirici, açar (2 əd.), birləşdirici naqillər.

İşin gedişi: 1. Sxemə əsasən elektrik dövrəsi qurun (b).

2. Kondensator qoşulan dövrə hissəsini sabit gərginlik mənbəyinə birləşdirin (1 açarını qapamaqla) və baş verən hadisəni müşahidə edin.

3. Sonra 1 açarını açıb 2 açarını qapamaqla dövrə hissəsini dəyişən cərəyan mənbəyinə qoşun və müşahidənizi davam etdirin.

4. Lampanı kondensator olmadan birbaşa dəyişən cərəyan mənbəyinə qoşun və onun işıqlanmasını kondensator dövrəsindəki işıqlanması ilə müqayisə edin.

Nəticənin müzakirəsi:

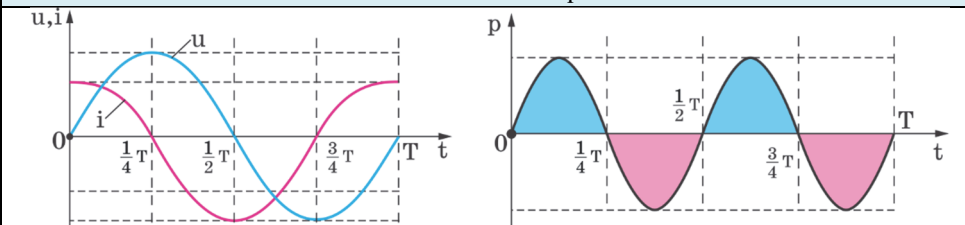
- Kondensator qoşulan hansı dövrdən cərəyan keçərək lampanı işıqlandırdı? Niyə?
- Lampa hansı dəyişən cərəyan dövrəsində daha parlaq işıqlandı: kondensator olan, yoxsa olmayan? Niyə?

(b) $U = \text{const}$

$u = U_m \sin \omega t$

Kondensatoru sabit gərginlik mənbəyinə qoşduqda dövrdən qısamüddətli cərəyan keçər, lampa ani közərər və dərhal söner. Buna səbəb kondensator lövhələri arasında dielektrikin olmasıdır. Lakin dəyişən cərəyan mənbəyinə qoşulan kondensator periodik olaraq dolub-boşaldığından dövrdən cərəyan keçir və lampa işıqlanır. Əgər lampa dəyişən cərəyan mənbəyinə birbaşa, kondensatorsuz qoşularsa, o, parlaq işıqlanır, kondensator dövrəsinə qoşulduqda isə onun parlaqlığı azalır. Deməli, kondensator dəyişən cərəyan dövrəsində müəyyən müqavimət yaradır. Həmin müqavimət *tutum müqaviməti* adlanır və X_C simvolu ilə işarə edilir. Tutum müqaviməti qoşulmuş dəyişən cərəyan dövrəsinin xarakteristikaları arasındakı münasibəti 3.4 cədvəlindəki kimi sistemləşdirmək olar.

Cədvəl 3.4. Tutum müqaviməti qoşulan dəyişən cərəyan dövrəsi.

Xarakteristikalar arasındakı münasibət	
Nəzərə alınsa ki: $u = U_m \sin \omega t$ və $q = C \cdot u = C \cdot U_m \sin \omega t$.	
$i = q' = \omega C \cdot U_m \cos \omega t$ və ya $i = I_m \cos \omega t = I_m \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right)$.	
Kondensator qoşulan dəyişən cərəyan dövrəsində cərəyan şiddətinin rəqsləri gərginliyin rəqslərini fazaca $\frac{\pi}{2}$ qədər qabaqlayır.	
Sonuncu ifadədən görünür ki:	$I_m = \omega C \cdot U_m$. (1)
Belə dövrə üçün Om qanunu:	$I_m = \frac{U_m}{X_C}$. (2)
(1) və (2)-nin müqayisəsindən tutum müqaviməti üçün alınır: $X_C = \frac{1}{\omega C}$.	
Tutum müqaviməti dövrədə istilik ayırmadığından reaktiv müqavimət adlanır.	
Kondensator qoşulan dəyişən cərəyan dövrəsində cərəyan şiddətinin amplitud qiyməti və tutum müqaviməti dəyişən cərəyan mənbəyinin tezliyindən asılıdır. Dəyişən cərəyan dövrəsi yalnız kondensatordan ibarətdirsə, bu dövrədə orta güc sıfırdır, çünki:	
$\varphi_0 = \frac{\pi}{2}$ və $\cos \frac{\pi}{2} = 0 \Rightarrow \bar{P} = IU \cos \varphi_0 = 0$.	
Belə dövrədə mənbədən alınan enerji daxili enerjiyə çevrilir, kondensator ilə generator arasında enerji mübadiləsi olur.	
Xarakteristikaların qrafiki	
	
Qrafikdən görünür ki, ani güc bir period ərzində iki müsbət və iki mənfi hissəyə malikdir, yəni belə dövrəyə verilən enerji bütövlükdə cərəyan mənbəyinə qaydır.	

Sarğac qoşulan dəyişən cərəyan dövrəsi. Dəyişən cərəyan dövrəsi yalnız sarğacdən ibarət olarsa, nə baş verər?

ARAŞDIRMA 2

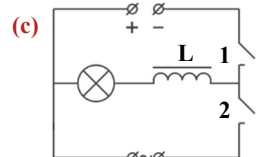
Sarğac qoşulan dövrənin tədqiqi.

Təchizat: dəmir içlikli sarğac ($L = 5 \text{ Hn}$), lampa (4V), sabit cərəyan mənbəyi, dəyişən cərəyan mənbəyi, açar (2 əd.), birləşdirici naqillər.

İşin gedişi: 1. Sxemə əsasən elektrik dövrəsi yığın (c). 2. 1 açarını qapayın və L induktivli sarğac qoşulan dövrə hissəsini sabit gərginlik mənbəyinə birləşdirin. Lampa nın işıqlanmasına diqqət yetirin.

3. Sonra 1 açarını açıb 2 açarını qapamaqla dövrə hissəsini dəyişən cərəyan mənbəyinə qoşun və müşahidənizi davam etdirin.

Nəticənin müzakirəsi: • Lampa və sarğacdən ibarət dövrə hissəsini hansı cərəyan mənbəyinə qoşduqda daha parlaq yandı? • Təcrübədən hansı nəticəyə gəlmək olar?



Araşdırmadan məlum oldu ki, induktiv sarğac və lampadan ibarət dövrə hissəsini dəyişən cərəyan mənbəyinə birləşdirdikdə lampanın parlaqlığı kəskin azalır. Bu da, öz növbəsində, sarğac dolaqlarının müəyyən *müqavimətə* malik olduğunu göstərir. Sarğacın malik olduğu həmin müqavimət *induktiv müqavimət* adlanır və X_L simvolu ilə işarə edilir.

İnduktiv müqavimətli dəyişən cərəyan dövrəsini xarakterizə edən kəmiyyətlər arasındakı münasibəti 3.5 cədvəlindəki kimi göstərmək olar.

Cədvəl 3.5. İnduktiv müqavimət qoşulmuş dəyişən cərəyan dövrəsi.

Xarakteristikalar arasındakı münasibət	
Belə dövrədən dəyişən cərəyan keçdikdə öz-özünə induksiya EHQ yaranır:	
$\varepsilon_{\text{öz}} = -L \frac{\Delta i}{\Delta t} = -Li'.$	
Öz-özünə induksiya EHQ ilə dəyişən cərəyan mənbəyinin uclarındakı gərginliyin ani qiyməti arasındakı münasibət $u = -\varepsilon_{\text{öz}}$ olduğundan: $u = Li'.$	
Cərəyan şiddəti $i = I_m \sin \omega t$ qanunu ilə dəyişərsə, gərginliyin ani qiyməti:	
$u = \omega L I_m \cos \omega t = U_m \cos \omega t \text{ və ya } u = U_m \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right).$	
İnduktiv sarğac qoşulan dəyişən cərəyan dövrəsində gərginliyin rəqsləri cərəyan şiddətinin rəqslərini fəzaca $\frac{\pi}{2}$ qədər qabaqlayır. Belə dövrədə orta güc sıfıra bərabərdir. Sonuncu ifadədən görünür ki:	
$U_m = \omega L \cdot I_m. \quad (3)$	
Bu halda, Om qanununa görə:	
$I_m = \frac{U_m}{\omega L} = \frac{U_m}{X_L}. \quad (4)$	
Beləliklə, induktiv müqavimət:	
$X_L = \omega L.$	
Bu müqavimət də reaktiv müqavimətdir, çünki o, dövrədə istilik miqdarı ayırmır.	
Dəyişən cərəyan dövrəsi yalnız sarğacdən ibarətdirsə, bu dövrədə də orta güc sıfırdır və dəyişən cərəyan dövrəsində istilik miqdarı ayrılır. İnduktiv müqavimət yalnız dəyişən cərəyanın şiddətini məhdudlaşdırır.	
Xarakteristikaların dəyişmə qrafiki	
The figure contains two graphs. The left graph plots voltage u (blue curve) and current i (pink curve) against time t. The voltage curve is a cosine wave, and the current curve is a sine wave, showing a phase lead of $\pi/2$. The right graph plots instantaneous power p against time t. The power curve (blue) oscillates between positive and negative values, with its average value being zero, indicating no net energy dissipation.	

İnduktiv müqavimət dəyişən cərəyan şiddətinə necə təsir edir?

Məsələ. Rəqs tezliyi 50 Hs və gərginliyi 240 V olan dəyişən cərəyan dövrəsinə aktiv müqaviməti çox kiçik olan sarğac qoşulmuşdur. Bu sarğacın induktivliyinin 0,5 Hn olduğunu bilərək təyin edin ($\pi = 3$; $\sqrt{2} = 1,4$):

- sarğacın induktiv müqavimətini;
- sarğac dövrəsindən keçən dəyişən cərəyanın təsiredici qiymətini;
- cərəyan şiddətinin amplitud qiymətini.

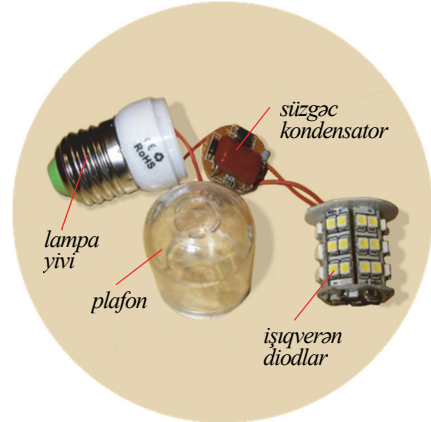
Nəticənin müzakirəsi:

- Dəyişən cərəyan dövrəsində rəqs tezliyinin 50 Hs və gərginliyin 240 V olması nə deməkdir?
- Sarğacın induktiv müqaviməti nədən asılıdır? O, sarğac dövrəsindən keçən cərəyan şiddətinə necə təsir edir: onu artırır, yoxsa azaldır?

HƏYATLA ƏLAQƏLƏNDİRİN

LED (ışıq verən diodlar) lampaları yüksək enerji qənaətinə görə bütün işıqlandırma sistemlərində geniş tətbiq olunur. LED lampası 220 V dəyişən gərginlik dövrəsinə qoşulmasına baxmayaraq onun işıq verən diodları çox zəif sabit cərəyanla işləyir. Onları sabit cərəyanla lampanın gövdəsində yerləşdirilən yarımkeçirici diod və tranzistor, sarğac, rezistor və kondensatorlarla təchiz edilmiş mikroelektrik dövrəsi təmin edir.

- LED lampası birbaşa sabit cərəyan mənbəyinə qoşularsa, o işıqlanarmı? Niyə?



ÖZÜNÜZÜ QIYMƏTLƏNDİRİN

№	Suallar	Bilirəm		
		zəif	orta	yaxşı
1	Dəyişən cərəyan dövrəsindəki rezistorun müqaviməti aktiv, induktiv və tutum müqavimətləri isə reaktiv müqavimət adlanır. Niyə?			
2	Dəyişən cərəyan dövrəsinin tezliyi 50 Hs-dən 5 kHs-ə qədər yüksəldilərsə, induktivliyi 0,1 Hn olan sarğacın induktiv müqaviməti necə dəyişər?			
3	Dəyişən cərəyan dövrəsinin tezliyi 50 Hs-dən 5 kHs-ə qədər yüksəldilərsə, tutumu 5 mKf olan kondensatorun tutum müqaviməti necə dəyişər?			
4	Dəyişən cərəyan dövrəsinin tezliyi 50 Hs-dən 5 kHs-ə qədər yüksəldilərsə, müqaviməti 20 Om olan rezistorun müqaviməti necə dəyişər?			

NƏ ÖYRƏNDİNİZ? İş vərəqində “Rezistor, kondensator və sarğac qoşulmuş dəyişən cərəyan dövrəsi” mövzusunun anlayış xəritəsini qurun.

3.5. AKTİV, İNDUKTİV VƏ TUTUM MÜQAVİMƏTLƏRİNİN ARDICIL BİRLƏŞDİRİLDİYİ DƏYİŞƏN CƏRƏYAN DÖVRƏSİ ÜÇÜN OM QANUNU

• KEÇDİKLƏRİNİZİ XATIRLAYIN •

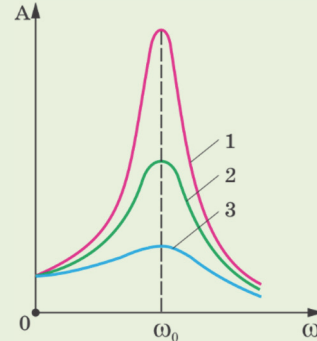
Fizika – 10 və 11

Tam dövrə üçün Om qanunu belə ifadə olunur:

- Tam dövrədəki cərəyan şiddəti EHQ ilə düz, dövrənin tam müqaviməti ilə tərs mütənasibdir: $I = \frac{\varepsilon}{R_t} = \frac{\varepsilon}{R+r}$.

Rəqs sistemində məcburi rəqslərin amplitudu məcburedici qüvvənin tezliyindən asılıdır. Belə ki, məcburedici qüvvənin dəyişmə tezliyinin qiyməti sistemin məxsusi rəqs tezliyinin qiymətinə yaxınlaşdıqca məcburi rəqslərin amplitudu artır. Nəticədə sistemdə rezonans hadisəsi baş verir:

- Rezonans – məcburedici qüvvənin dəyişmə tezliyinin qiymətinin sistemin sərbəst rəqs tezliyinin qiymətinə bərabər olduğu hadisədir: ($\omega = \omega_0$). Bu zaman məcburi rəqslərin amplitudunun kəskin artması baş verir.
- Rezonans əyrisinin maksimumunun kəskinliyi sür-tünmə qüvvəsindən asılıdır. Belə ki, 1 əyrisi kiçik sür-tünmə qüvvəsinə (maksimum kəskinlik), 2 əyrisi nisbətən böyük, 3 əyrisi isə daha böyük sür-tünmə qüvvəsinə uyğundur.



- Bəzən yay aylarında elektrik soyuducu sistemlərindən intensiv istifadə edən iri müəssisələrin yüksək gərginlik xətlərinin izolyasiyasında dəşilmə baş verir. Nəticədə izolyasiya qatında zəhərli tüstülənmə yaranır və o alovlanaraq yanğın qəzası törədir.

Mütəxəssislərin belə fəvqəladə hallarda gəldikləri nəticə, adətən, belə olur: “Dövrədə elektrik rezonansı baş vermişdir!”

- **Elektrik rezonansı nədir?**
O hansı şəraitdə yaranabilir?

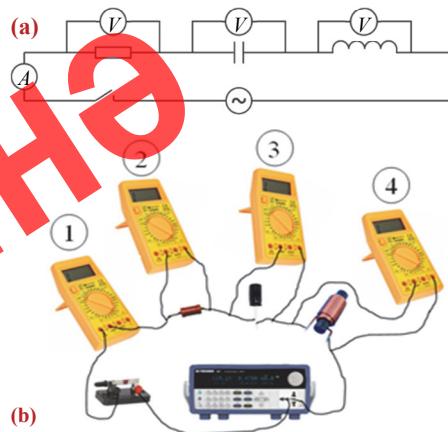
ARAŞDIRMA 1

Dəyişən cərəyan dövrəsində Om qanunu ödənildimi?

Təchizat: tezliyi dəyişdirilə bilən gərginlik mənbəyi, rezistor ($1k\Omega$), kondensator ($100\mu F$), dəmir içlikli sarğac ($5H$), rəqəmsal multimetr M-3900 (4 əd.)

İşin gedişi:

1. Verilən sxemi iş vərəqinə çəkin (a) və ona uyğun elektrik dövrəsini yığın (b).
2. Multimetrlər dəyişən cərəyan şiddətinə (1-multimetri) və dəyişən gərginliyə (2-4 multimetrləri) köklənir.
3. Açıq qapayıb multimetrlərin göstəricilərini 3.6 cədvəlinin uyğun xanalarında qeyd edin.



4. Cərəyan mənbəyinin EHQ-nin rəqslərinin verilən tezliyə görə X_L və X_C müqavimətlərini hesablayıb cədvəldə qeyd edin.

Cədvəl 3.6.

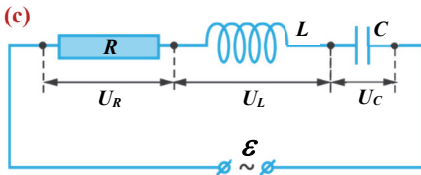
Nö	ν, Hz	I, mA	U_R, V	U_L, V	U_C, V	R, Om	X_L, Om	X_C, Om
1						1000		
2						1000		
3						1000		

5. Cədvəl qiymətlərindən istifadə edərək Om qanununa əsasən rezistor, sarğac və kondensatordan keçən cərəyan şiddətini hesablayın. Alınan qiymətləri 1 multimetrimin göstəricisi ilə müqayisə edin. 6. EHQ-nin rəqs tezliyini artırmaqla təcrübəni daha 2 dəfə təkrarlayın. 7. Dövrədən rezistoru açıb aktiv müqaviməti kəskin azaldın ($R \rightarrow 0$) və bu halda cərəyan şiddətinin amplitud qiymətinin necə dəyişdiyini izləyin.

Nəticənin müzakirəsi:

- Dəyişən cərəyan mənbəyinin EHQ-nin rəqs tezliyinin artması ilə dövrədəki cərəyan şiddəti və hər bir qurğuya (rezistor, kondensator və sarğaca) düşən gərginlik necə dəyişdi?
- Dövrədə aktiv müqaviməti kəskin azaltdıqda (rezistoru çıxarmaqla) dəyişən cərəyan şiddətinin amplitud qiyməti necə dəyişdi? Niyə?
- Dəyişən cərəyan dövrəsində Om qanunu ödənildimi?

Əvvəlki dərisdə dəyişən cərəyan dövrəsinin xüsusi, demək olar, ideallaşdırılmış hallarını araşdırdınız. Real dəyişən cərəyan dövrələri isə eyni zamanda rezistor,



sarğac və kondensatorlar sistemindən ibarət olur. Fərz edək ki, bu hissələrdən ibarət ardıcıl dövrə EHQ-si harmonik $\varepsilon = \varepsilon_m \sin \omega t$ qanunu ilə dəyişən cərəyan mənbəyinə qoşulmuşdur (c). Belə dövrədən $i = I_m \sin(\omega t - \varphi_0)$ qanunu ilə dəyişən cərəyan keçəcəkdir. Burada φ_0 – dövrədəki cərəyan şiddəti ilə mənbəyin uclarındakı ümumi

gərginlik (EHQ) rəqsləri arasında mövcud olan müəyyən faza sürüşməsidir.

Om qanununa görə, dəyişən cərəyan şiddətinin və EHQ-nin (və ya dəyişən cərəyan dövrəsinin uclarındakı ümumi gərginliyin) amplitud qiymətləri bir-biri ilə əlaqəlidir:

$$I_m = \frac{\varepsilon_m}{Z} \text{ və ya } I_m = \frac{U_m}{Z}. \quad (1)$$

Burada U_m – dəyişən cərəyan dövrəsinin uclarındakı ümumi gərginliyin amplitud qiyməti, Z – dəyişən cərəyan dövrəsinin tam müqavimətidir.

• Dəyişən cərəyan dövrəsinin tam müqaviməti – dövrənin uclarındakı ümumi gərginliyin amplitud qiymətinin dəyişən cərəyan şiddətinin amplitud qiymətinə nisbətənə bərabər olan fiziki kəmiyyətdir:

$$Z = \frac{U_m}{I_m}.$$

Sonuncu bərabərliyin sürət və məxrəcini $\sqrt{2}$ -yə bölsək, Om qanununun dəyişən cərəyan şiddəti və gərginliyin (EHQ) təsiredici qiymətləri üçün də ödənilirdiyi alınar: $I = \frac{U}{Z}$.

Ardıcıl birləşdirilmiş aktiv, tutum və induktiv müqavimətli dövrənin tam müqaviməti həmin müqavimətlərdən asılıdır:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}. \quad (2)$$

Burada $\omega L - \frac{1}{\omega C} = X$ dəyişən cərəyan dövrəsinin reaktiv müqavimətidir.

(2)-ni (1)-də nəzərə alsaq, dəyişən cərəyan dövrəsi üçün Om qanununu belə də yazmaq olar:

$$I_m = \frac{U_m}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}. \quad (3)$$

Qeyd. Yuxarıdakı ifadələri cərəyan şiddəti ilə gərginlik arasındakı faza fərqi nəzərə almaqla dəyişən cərəyan dövrəsinin hissələrindəki gərginliklərin vektor diaqramına əsasən almaq olar **(d)**. Diaqramdan görünür ki:

$$U_m = \sqrt{U_{R,m}^2 + (U_{L,m} - U_{C,m})^2}.$$

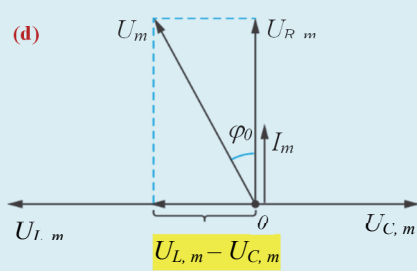
(2) ifadəsində aşağıdakı uyğun gərginlik düşkünlərini nəzərə alaq:

$$U_{R,m} = I_m \cdot R; \quad U_{L,m} = I_m \cdot X_L; \quad U_{C,m} = I_m \cdot X_C.$$

$$U_m = \sqrt{(I_m \cdot R)^2 + (I_m \cdot X_L - I_m \cdot X_C)^2} = I_m \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2},$$

Vektor diaqramından istifadə edərək güc əmsalı təyin edilə bilər:

$$\cos \varphi_0 = \frac{U_{R,m}}{U_m} = \frac{R}{Z}.$$

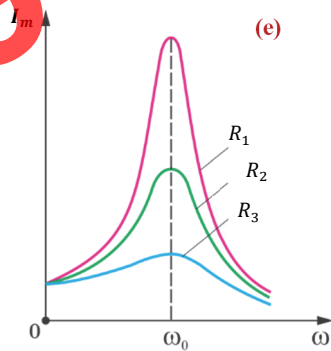


Şəkildə rezistorun müqavimətinin üç qiyməti üçün dəyişən cərəyan şiddətinin amplitud qiymətinin EHQ-nin tezliyindən asılılıq qrafiki təsvir edilmişdir **(e)**. Qrafikdən görünür ki, aktiv müqavimət azaldıqca ($R_1 < R_2 < R_3$) cərəyan şiddəti rəqslərinin amplitud qiyməti artır. Cərəyan şiddətinin amplitud qiyməti o zaman kəskin artır ki, dövrənin tam müqaviməti minimum olsun, yəni:

$$\omega L - \frac{1}{\omega C} = 0 \Rightarrow X_L = X_C.$$

Bu zaman dəyişən cərəyan şiddətinin və mənbəyin EHQ-nin rəqslərinin tezliyi (ω) dövrənin sərbəst məxsusi rəqslərinin tezliyi (ω_0) ilə üst-üstə düşür – rezonans hadisəsi baş verir:

$$\omega = \omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC}}.$$



Məsələ. Verilən dəyişən cərəyan dövrəsindəki elementlərin xarakteristikalarına görə təyin edin:

- X_L və X_C müqavimətlərini;
- dövrənin tam müqavimətini;
- dəyişən cərəyan şiddətinin amplitud və təsiredici qiymətini;
- dövrənin güc əmsalını.

Nəticənin müzakirəsi:

- Əgər dəyişən elektrik mənbəyi sabit cərəyan mənbəyi ilə əvəz olunarsa, eyni hesablamaları aparmaq olarmı? Niyə?

HƏYATLA ƏLAQƏLƏNDİRİN

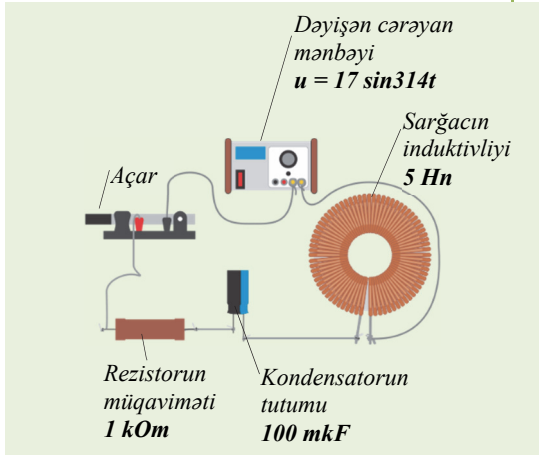
Elektriklər dəyişən cərəyan dövrəsində cərəyan şiddəti ilə gərginlik rəqsləri arasındakı faza sürüşməsinə artırmaq üçün dövrənin böyük induktiv müqavimətə malik elementlərinə (elektrik mühərriki, transformator və s.) ardıcıl olaraq kondensator qoşurlar.

- Elektriklər dəyişən cərəyan dövrəsində cərəyan şiddəti ilə gərginlik rəqsləri arasındakı faza sürüşməsinə niyə artırırılar?

ÖZÜNÜZÜ QIYMƏTLƏNDİRİN

№	Suallar	Bilirəm		
		zəif	orta	yaxşı
1	Dəyişən cərəyan dövrəsində ardıcıl birləşdirilən elementlərdə cərəyan şiddətlərinin eyni fazada rəqs etdikləri qəbul olunur. Niyə?			
2	Ardıcıl birləşdirilmiş elementlərdən ibarət dəyişən cərəyan dövrəsində tam müqavimət nəyə bərabərdir?			
3	Kondensator və sarğacın uclarındakı gərginliyin rəqslərinin dövrədəki dəyişən cərəyan şiddətinin rəqslərinə nisbətən faza sürüşməsi nə qədərdir?			
4	Dəyişən cərəyan dövrəsi ardıcıl birləşdirilmiş rezistordan ($R = 1 \text{ kOm}$), tutumu $0,1 \text{ mkF}$ olan kondensatordan və induktivliyi $0,5 \text{ Hn}$ olan sarğacdən ibarətdir. Dövrə tezliyi $\nu = 1 \text{ kHs}$ olan mənbəyə birləşdirilmişdir. Təyin edin: a) dəyişən cərəyan dövrəsinin tam müqavimətini; b) dövrənin reaktiv müqavimətinin sıfıra bərabər olduğu ν_0 tezliyini.			

NƏ ÖYRƏNDİNİZ? İş vərəqində "Dəyişən cərəyan dövrəsi üçün Om qanunu" mövzusunda əsse yazın.



3.6. ELEKTRİK ENERJİSİNİN ÖTÜRÜLMƏSİ. TRANSFORMATOR

• KEÇDİKLƏRİNİZİ XATIRLAYIN •

Fizika – 8

- Tam dövrə üçün enerjinin saxlanması qanununa görə, tərpənməz metal naqildən elektrik cərəyanı keçdikdə, o iş görür. Bu iş onun daxili enerjisinin artmasına – naqildən istilik ayrılmasına sərf olunur:

$$A = Q = IUt.$$

- Cərəyanlı naqildə ayrılan istilik miqdarı cərəyan şiddətinin kvadratı, naqilin müqaviməti və cərəyanın keçmə müddətinin hasilinə bərabərdir:

$$Q = I^2 Rt.$$

Kəmiyyətlər arasındakı bu münasibəti təcrübi olaraq ilk dəfə ingilis alimi C.Coul və rus alimi E.Lens müəyyən etdiyindən o, Coul–Lens qanunu adlandırılmışdır.

- Paralel birləşdirilmiş naqillərdə gərginlik eyni olduğundan onlarda ayrılan istilik miqdarları bu naqillərin müqavimətləri ilə tərs mütənəsbidir (gərginlik dəyişmədiyindən):

$$Q = \frac{U^2}{R} t.$$

- Müasir nəhəng elektrik stansiyalarında elektrik enerjisi bir neçə min volt gərginlik altında hasil olunur. Lakin bu enerjini uzaq məsafələrdəki məntəqələrə ötürmək üçün onun gərginliyi daha yüksək gərginliyə qədər yüksəldilir. Elektrik enerjisi lazımı yerə çatdırıldıqdan sonra isə onun gərginliyi yenidən azaldılır.

- Elektrik enerjisi böyük məsafələrə niyə yüksək gərginlik altında ötürülür?
- Elektrik enerjisi lazımı yerə çatdırıldıqdan sonra gərginlik niyə yenidən azaldılır?
- Gərginliyin artırılıb-azaldılması necə həyata keçirilir?

Elektrik enerjisinin ötürülməsi

Dəyişən cərəyan generatorundan alınan elektrik enerjisini naqillər vasitəsilə uzaq məsafələrə ötürdükdə onlarda istilik ayrılması şəklində enerji itkisi baş verir. Ayrılan istilik miqdarı Coul–Lens qanununa əsasən müəyyən edilir:

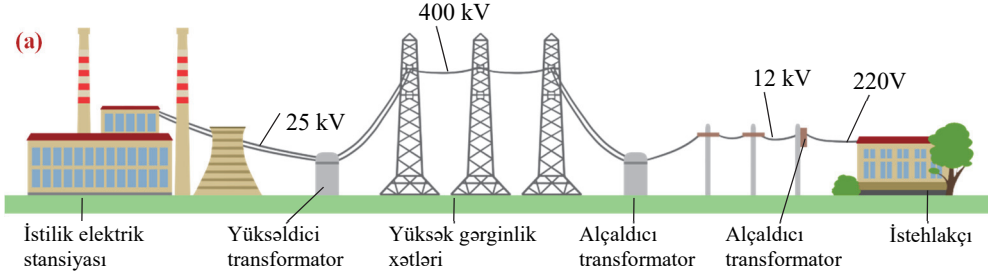
$$Q = I^2 Rt = I^2 \cdot \rho \frac{l}{S} \cdot t. \quad (1)$$

(1) düsturundan göründüyü kimi, enerji itkisinin azaldılması üsullarından biri naqillərin en kəsiyinin sahəsini (S) artırmaqdır. Lakin bu üsul praktik cəhətdən əlverişli deyildir, çünki belə olduqda naqillərin kütləsi xeyli artar və onları saxlaya bilən nəhəng dirəklər hazırlamaq lazım gəlir.

Enerji itkisinin azaldılmasının ən səmərəli üsulu dəyişən cərəyanın gücünü sabit saxlayıb gərginliyi artırmaqdır:

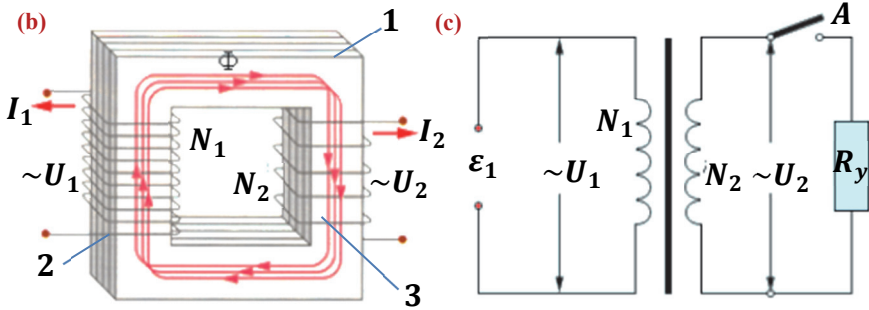
$$Q = \frac{P^2}{U^2} \cdot R \cdot t. \quad (2)$$

Ona görə də elektrik stansiyalarında istehsal olunan 12÷25 kV gərginlikli dəyişən cərəyanı uzaq məsafələrə ötürmək üçün onun gərginliyi yüzlərcə kilovolta qədər yüksəldilir. Belə cərəyan yüksək gərginlik xətləri ilə lazımı məntəqəyə çatdırıldıqdan sonra isə o, yenidən aşağıaldırlaraq istehlakçıya (istifadəçiyə) verilir. Deməli, elektrik enerjisinin ötürülməsində gərginliyi artırıb-azalda bilən zəruri elementsiz – transformatorsuz keçinmək olmur (a).



Transformator

• *Transformator* (lat. “*transformatio*” – çevirirəm) – *dəyişən cərəyanın gücünü və tezliyini sabit saxlamaqla onun gərginliyini azaldıb-artıra bilən elektromaqnit qurğusudur*. Transformatorun sxematik təsviri və elektrik dövrəsində şərti işarəsi şəkildə təsvir edilmişdir (b və c). O, iki sarğacı olan qapalı polad lövhələrdən ibarət içlikdən (1) ibarətdir. Birinci sarğac (2) *giriş sarğacı* adlanır və dəyişən cərəyan mənbəyinə, ikinci sarğac isə (3) *çıxış sarğacı* adlanır və ümumi müqaviməti R_y olan işlədici ilə yüklənir.



Dəyişən cərəyan birinci sarğacdən keçəndə polad içliyi və onunla birlikdə ikinci sarğacı qapayan dəyişən maqnit seli yaranır. Hər iki sarğacdən eyni maqnit seli keçdiyindən onların hər bir dolağında $\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ -yə bərabər olan induksiya EQQ yaranır. Əgər birinci sarğacda N_1 dolaq, ikinci sarğacda N_2 dolaq olarsa, sarğaclarda yaranan induksiya EQQ uyğun olaraq:

$$\mathcal{E}_1 = -N_1 \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad \text{və} \quad \mathcal{E}_2 = -N_2 \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}.$$

Sarğaclarda yaranan induksiya EQQ-nin nisbətində bərabər olan kəmiyyət *transformasiya əmsalı* (K) adlanır:

$$\frac{\mathcal{E}_1}{\mathcal{E}_2} = \frac{N_1}{N_2} = K. \quad (3)$$

Transformator boş-boşuna işlədikdə, yəni çıxış sarğacı açıq olduqda ($I_2 = 0$) həmin sarğacın uçlarındakı gərginlik $|U_2| = |\mathcal{E}_2|$ olur. Bu zaman giriş sarğacında da cərəyan şiddəti sıfıra yaxınlaşır: $I_1 \rightarrow 0$. Ona görə də giriş sarğacının uçlarındakı gərginlik $|U_1| = |\mathcal{E}_1|$ olur. Beləliklə, transformasiya əmsalı üçün alınır ki:

$$K = \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}. \quad (4)$$

(4) ifadəsindən görünür ki, əgər $N_1 > N_2$ və $K > 1$ olarsa, bu halda $U_2 < U_1$ olur – transformatorun çıxışındakı gərginlik girişdəki gərginlikdən kiçik olur. Belə transformator *alçaldıcı transformator* adlanır.

Əgər $N_2 > N_1$ və $K < 1$ olarsa, bu halda $U_2 > U_1$ olur – transformatorun çıxışındakı gərginlik girişdəki gərginlikdən böyük olur. Belə transformator *yüksəldici transformator* adlanır.

Transformatorun aktiv müqaviməti sıfıra yaxın olduğundan o, normal yüklənmə rejimində işlədikdə giriş və çıxış sarğaclarının dövrələrindəki güc təqribən bərabər olur: $P_1 \approx P_2$. Belə olduqda məlum olur ki, transformator sarğaclarındakı dəyişən cərəyan şiddəti onların uclarındakı gərginliklə tərs mütənəsidir:

$$I_1 U_1 \approx I_2 U_2 \text{ və ya } \frac{U_1}{U_2} \approx \frac{I_2}{I_1} = K. \quad (5)$$

Deməli, transformatorun aşağı gərginlikli sarğacında cərəyan şiddəti yüksək, yuxarı gərginlikli sarğacında isə cərəyan şiddəti alçaq olur. Bu səbəbdən dolaqlarının sayı az olan alçaq gərginlikli sarğacdakı naqilin en kəsiyi yüksək gərginlikli sarğacın naqilinə nisbətən daha qalın olmalıdır.

Transformatorun FİƏ-si belə təyin olunur:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100\% = \frac{I_2 U_2}{I_1 U_1} \cdot 100\%. \quad (6)$$

Qeyd. Transformatorun çıxış sarğacı işlədiciyə qoşularsa, transformasiya əmsali:

$$K = \frac{U_1}{U_2 + I_2 r_2}. \quad (7)$$

Burada r_2 – ikinci sarğacın müqavimətidir.

TƏTBİQETMƏ ARAŞDIRMA

Hansı transformatorun işini yoxladınız?

Təchizat: universal transformator: laboratoriya dəsti (d).

İşin gedişi:

1. U şəkilli polad içliyin bir qoluna elektrik çəngəli olan giriş sarğacını, digər qoluna isə elektrik qaynaq sarğacını (çıkış sarğacı) yerləşdirin. İçliyi qapayıb sıxaqlarla bərkidin.
2. Giriş sarğacını ~220 V gərginlikli şəbəkəyə birləşdirin və qaynaq sarğacının dəstəyini sıxmaqla onun sıxaqlarına bərkidilən polad mismarların uclarını bir-birinə toxundurun. Baş verən hadisə üzərində müşahidə aparın.



3. Giriş sarğacını şəbəkədən ayırın, elektrik qaynaq sarğacını içliyin qolundan çıxarın. İçliyin boş qoluna uclarına lampa bağlanmış kiçik dolaqlı sarğacı daxil edib birinci sarğacı yenə şəbəkəyə qoşun. Baş verən hadisə üzərində müşahidə aparın.

Nəticənin müzakirəsi:

- “Elektrik qaynağı” modelində hansı növ transformatorun (azaldıcı, yoxsa yüksəldici) işini müşahidə etdiniz?
- Lampalı sarğacla hansı transformatorun işini yoxladınız?
- İkinci dolaqda elektrik cərəyanının yaranması hansı fiziki hadisəyə əsaslanır?

HƏYATLA ƏLAQƏLƏNDİRİN

Transformatorların içlikləri aralarında xüsusi dielektrik təbəqə olan çoxlu sayda nazik polad lövhələrdən ibarətdir. Çox güclü transformatorların həm içlikləri, həm də sarğacları içərisi transformator yağı doldurulmuş dar divarlı çən, yaxud radiatorlarla əhatə olunur (e).

- Niyə transformatorların içlikləri çoxlu sayda nazik polad lövhələrdən ibarət olur?
- Güclü transformatorların içlik və sarğacları niyə içərisi transformator yağı doldurulmuş çən, yaxud radiatorlarla əhatə olunur.



ÖZÜNÜZÜ QIYMƏTLƏNDİRİN

№	Suallar	Bilirəm		
		zəif	orta	yaxşı
1	Transformator nədir, o elektrik enerjisi istehsal edirmi?			
2	Şəkilə təsvir edilən transformatorlardan hansının yüksəldici, hansının isə alçaldıcı olduğunu təyin edin (bax: f və g). (f)  (g) 			
3	Dəyişən cərəyanı böyük məsafələrə ötürməyin ən səmərəli üsulu nədir?			
4	Transformasiya əmsali 0,2 olan transformatorun birinci sarğacında gərginlik 220 V-dur. İkinci sarğacdakı gərginliyi təyin edin.			

NƏ ÖYRƏNDİNİZ? İş vərəqində “Elektrik enerjisinin ötürülməsi. Transformator” mövzusunda esse yazın.

3.7. ELEKTROMAQNİT DALĞALARI

• KEÇDİKLƏRİNİZİ XATIRLAYIN •

Fizika – 7 və 10

Dalğa – rəqslərin zaman keçdikcə fəzada yayılma prosesidir.

- Dalğa – mühitdə maddə daşınması deyil, enerji daşınması prosesidir.

- Mexaniki dalğa – mexaniki rəqslərin mühitdə yayılma prosesidir. O, vakuumda yayılmaz. Mexaniki dalğalar elastik mühitdə (bərk cisim, maye və qazlarda) yayılır.

Dalğanın iki növü var: eninə və uzununa dalğa.

- Eninə dalğada mühitdəki zərrəciklərin rəqsi dalğanın yayılma istiqamətinə perpendikulyar olur. Eninə dalğalar yalnız bərk cisimlərin və mayələrin səthində yayıla bilər. Eninə dalğalar mühitdə bir-birini əvəz edən qabarıqlar və çöküklər formasında yayılır.

- Uzununa dalğada mühitdəki zərrəciklərin rəqsi dalğanın yayılma istiqamətinə paralel olur. Uzununa dalğalar bütün mühitlərdə (bərk cisim, maye və qazlarda) yayıla bilər. Uzununa dalğalar mühitdə bir-birini əvəz edən sıxlaşmalar və seyrəkləşmələr formasında yayılır.

Mexaniki dalğaların mühüm növlərindən biri səs dalğaları və ya sadəcə, səsidir. O da rəqslərin elastik mühitdə yayılmasıdır.

- Dalğa tezliyi (periodu) – dalğa yaradan mənbəyin rəqs tezliyidir (periodudur).

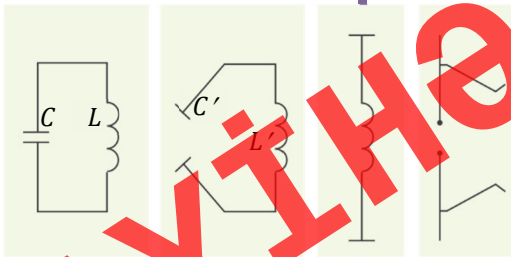
- Dalğa uzunluğu – bir rəqs perioduna bərabər müddətdə ($t = T$) dalğanın yayıldığı məsafədir: $\lambda = v T = \frac{v}{\nu}$.

- Dalğa sürəti – rəqslərin mühitdə yayılma sürətidir: $v = \frac{\lambda}{T} = \lambda \nu$.

Dalğa sürəti onun tezliyindən və periodundan asılı deyildir. Dalğa sürəti mühitin xassəsindən və aqrekat halından asılıdır. Dalğa uzunluğu isə bir cins mühitdə rəqs periodundan düz, rəqs tezliyindən tərs mütənəşib asılıdır. Bir mühitdən digərinə keçdikdə dalğanın tezliyi və periodu dəyişmir, lakin müxtəlif mühitlərdə dalğa sürəti fərqli olduğundan onun dalğa uzunluğu dəyişir.

■ Kondensator və induktivlikli sarğacın ardıcıl birləşdirilməsindən əmələ gələn elektrik dövrəsinin niyə rəqs konturu adlandığını, bu konturda hansı hadisələrin baş verdiyini öyrəndiniz.

• Rəqs konturu “açılarsa”, yəni konturdakı kondensatorun lövhələrinin sahəsi kiçildilib aralarındakı məsafə artırılsa və eyni zamanda sarğacın induktivliyi azaldılarsa, nə baş verər?



Dövrədə elektrik cərəyanı yaradan nədir?

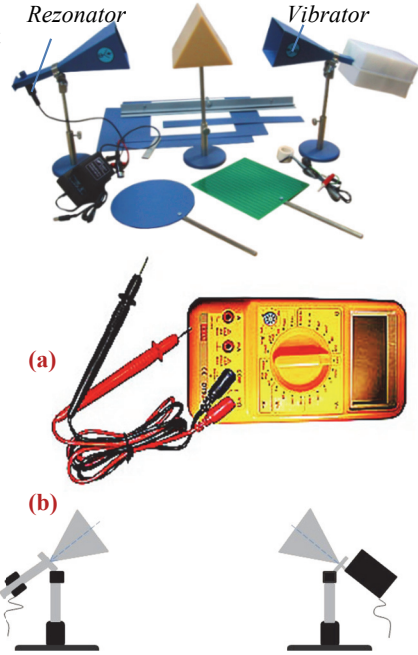
Təchizat: santimetrlik dalğalar vibratoru, qəbul-edici rezonator (fizika kabinetinin “Elektromaqnit dalğaları” nümayiş dəstindən), rəqəmsal voltmetr (a).

İşin gedişi:

1. Vibratoru dəyişən cərəyan şəbəkəsinə qoşun, rezonatoru isə voltmetrə birləşdirin. Cihazları rüporlarını üfüqi vəziyyətdə qarşı-qarşıya olmaqla bir-birindən 1–1,5 m məsafədə yerləşdirin.
2. Vibratoru işə salın və baş verən hadisəni izləyin.
3. Cihazlar arasındakı məsafəni dəyişmədən onların rüporlarını tədricən yuxarı qaldıraraq üfqlə 45° bucaq altında yerləşdirin (b). Müşahidələrinizi davam etdirin.

Nəticənin müzakirəsi:

- Təcrübənin hansı gedişində voltmetr rezonator dövrəsində gərginliyin yarandığını aşkarladı?
- Heç bir cərəyan mənbəyinə birləşdirilməyən rezonatorda elektrik cərəyanı yaradan nədir?



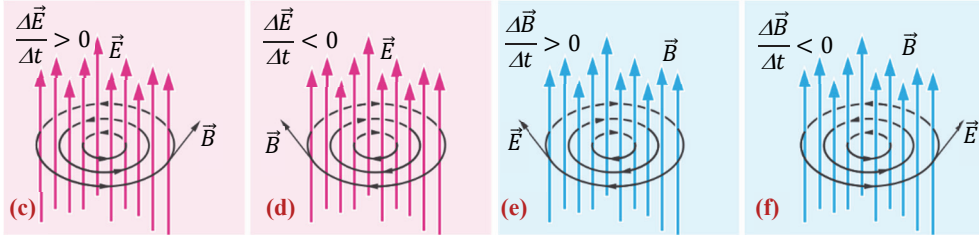
Elektromaqnit dalğası. Elektromaqnit induksiya hadisəsi və öz-özünə induksiya hadisəsi göstərdi ki, zamana görə dəyişən maqnit sahəsi fəzada burulğanlı dəyişən elektrik sahəsi yaradır. İngilis alimi Ceyms Klerk Maksvel (1831–1879) 1873-cü ildə nəşr etdirdiyi məşhur “Elektrik və maqnetizm üzrə traktat” adlı əsərində belə bir fərziyyəni əsaslandırdı ki, burulğanlı elektrik sahəsi də fəzada dəyişən maqnit sahəsi yaradır. Bu zaman dəyişən maqnit və elektrik sahələrinin qüvvə xətləri biri digərini əhatə edir. Sahələrin qüvvə xətləri arasındakı münasibət belə olur:

a) əgər elektrik sahəsinin intensivliyi artırsa ($\frac{\Delta \vec{E}}{\Delta t} > 0$), yaranan maqnit sahəsinin induksiya vektoru elektrik sahə intensivlik vektoruna nəzərən sağ yivli burğu təşkil edir (c);

b) əgər elektrik sahəsinin intensivliyi azalırsa ($\frac{\Delta \vec{E}}{\Delta t} < 0$), yaranan maqnit sahəsinin induksiya vektoru elektrik sahə intensivlik vektoruna nəzərən sol yivli burğu üzrə yönəlir (d);

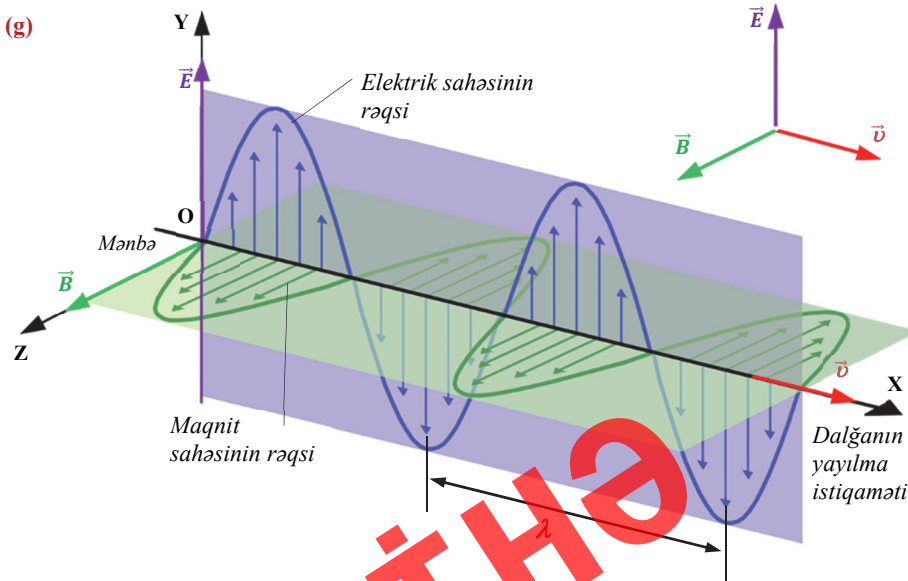
c) əgər maqnit sahəsinin induksiya artırsa ($\frac{\Delta \vec{B}}{\Delta t} > 0$), yaranan burulğanlı elektrik sahəsinin intensivlik vektoru maqnit induksiya vektoruna nəzərən sol yivli burğu üzrə yönəlir (e);

d) əgər maqnit sahəsinin induksiya azalırsa ($\frac{\Delta \vec{B}}{\Delta t} < 0$), yaranan burulğanlı elektrik sahəsinin intensivlik vektoru maqnit induksiya vektoruna nəzərən sağ yivli burğu üzrə yönəlir (f).



Beləliklə, sürətlə dəyişən elektrik sahəsi fəzanın həmin hissəsində dəyişən maqnit sahəsinin, o isə öz növbəsində yenidən burulğanlı elektrik sahəsinin yaranması ilə nəticələnir və s. Dəyişən elektrik və maqnit sahələri biri digərini yaratmaqla sonlu sürətlə yayılaraq fəzanın yeni-yeni hissələrini əhatə edir – fəzada *elektromaqnit dalğası* şəklində yayılır.

• *Elektromaqnit dalğası* – dəyişən elektromaqnit sahəsinin fəzada yayılmasıdır. Elektromaqnit dalğası *eninə dalğa* olub elektrik sahə intensivliyi ($\vec{E}$) və maqnit sahə induksiya ($\vec{B}$) vektorlarının fəzada qarşılıqlı perpendikulyar dəyişməsini xarakterizə edir (**g**).



Elektromaqnit dalğasının bəzi xassələri. Bunlar aşağıdakılardır:

• *Elektromaqnit dalğası eninə dalğadır.* Belə ki, elektromaqnit dalğasında elektrik sahəsinin intensivlik vektoru ($\vec{E}$), maqnit sahə induksiya vektoru ($\vec{B}$) və dalğanın sürət vektoru ($\vec{v}$) *həmişə* qarşılıqlı perpendikulyardır (bax: **g**). Bu dalğanın yayıldığı fəzanın ixtiyari nöqtəsində intensivlik vektorunun modulunun dəyişməsi induksiya vektorunun modulunun dəyişməsi ilə mütənasibdir.

• Elektromaqnit dalğası həm vakuumda, həm də mühitdə yayıla bilər. Onun vakuumda yayılma sürəti işığın vakuumdakı sürətinə bərabərdir:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}} = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}. \quad (1)$$

Burada ε_0 və μ_0 – uyğun olaraq elektrik və maqnit sabitidir.

Elektromaqnit dalğasının mühitdə sürəti işığın mühitdə yayılma sürətinə bərabər olub mühitin xassəsindən asılıdır:

$$v = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon \mu}} = \frac{c}{n}. \quad (2)$$

Burada ε və μ – uyğun olaraq mühitin dielektrik və maqnit nüfuzluğu, n – mühitin sındırma əmsalıdır.

• Elektromaqnit dalğasının vakuumda dalğa uzunluğu:

$$\lambda_0 = \frac{c}{\nu} = cT. \quad (3)$$

Elektromaqnit dalğasının mühitdə dalğa uzunluğu vakuumdakına nisbətən n dəfə kiçikdir:

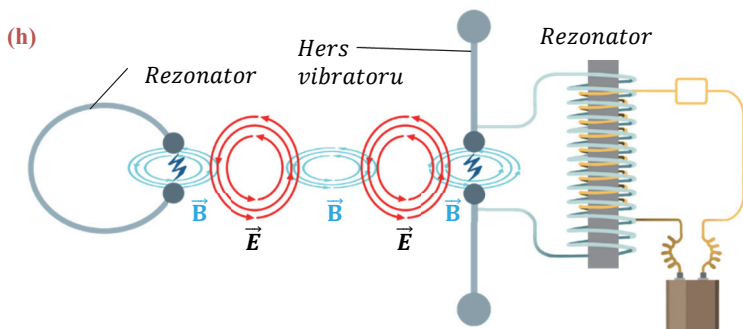
$$\lambda = \frac{\lambda_0}{n}. \quad (4)$$

• Elektromaqnit dalğası enerjiyə malikdir. Bu dalğalar keçirici naqilə çatdıqda enerjinin bir hissəsi udulur və orada sürətlə dəyişən elektrik cərəyanı yaradır.

• Elektromaqnit dalğası iki mühitin ayrılma sərhədindən qayıtma və sınma xassəsinə malikdir.

• Elektromaqnit dalğası fəzada səpilmə, suda udulma xassəsinə malikdir və s.

Elektromaqnit dalğasının şüalanması – açıq rəqs konturu. Adı rəqs konturunda dəyişən elektrik və maqnit sahələrinin enerjisinin bir-birinə qarşılıqlı çevrilməsi baş verir, lakin bu çevrilmə kondensator və sarğacda uyğun sahənin enerjisinin növbə ilə cəmlənməsi prosesi ilə nəticələnir. Ona görə də rəqs konturundan kənarda, demək olar, elektromaqnit dalğası qeydə alınmır, yəni kontur elektromaqnit dalğası şüalandırmır. Elektromaqnit dalğasının şüalanmasına nail olmaq üçün onu yaradan elektromaqnit rəqslərinin məxsusi tezliyini yüksəltmək lazımdır. Konturda yaranan elektromaqnit rəqslərinin məxsusi tezliyi $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ olduğundan rəqslərin tezliyini artırmaq üçün ya induktivliyi, yaxud da tutumu azaltmaq lazımdır. Bu sadə qanunauyğunluğu nəzərə alan alman alimi Henrix Rudolf Hers (1857–1894) rəqs konturunun formasını dəyişməklə 1886-cı ildə elektromaqnit dalğasının şüalandırılmasına nail oldu. O, rəqs konturundan sarğacı aradan götürür, kondensatorun lövhələrinin sahəsini kiçildir və onları bir-birindən uzaqlaşdırır. Nəticədə qapalı kontur açıq kontura çevrilir. Hers vibratoru adlanan belə kontura periodik olaraq enerji verməklə aparılan təcrübədə onun kondensator konduktorları (lövhələri) arasında qığılcım boşalması formasında yüksək tezlikli elektromaqnit rəqsləri yarandı. Eyni anda məsafədə 1–2 m vibratora paralel yerləşdirilmiş və heç bir enerji mənbəyinə qoşulmayan qəbuledici konturun – rezonatorun konduktorları arasında da həmin qığılcım boşalması yarandı. Deməli, açıq rəqs konturunda yaranan yüksək tezlikli elektromaqnit rəqsləri daşdığı enerjiyi elektromaqnit dalğaları formasında fəzaya yaymış və bu dalğalar həmin an rezonator tərəfindən qəbul olunmuşdur (h).



TƏTBİQETMƏ

ARAŞDIRMA

2

Elektromaqnit dalğasının mühitdə uzunluğu nə qədərdir?

Məsələ. Elektromaqnit dalğası bircins mühitdə $2 \cdot 10^8 \frac{m}{san}$ sürətlə yayılır. Elektromaqnit dalğasının mühitdəki uzunluğunu təyin edin. Onun vakuumda yayılma tezliyi 1 MHS-dir.

Nəticənin müzakirəsi:

- Elektromaqnit dalğasının vakuumda tezliyi və mühitdə yayılma sürəti məlumdursa, onun mühitdə dalğa uzunluğunu necə təyin etmək olar?

HƏYATLA ƏLAQƏLƏNDİRİN

Bakı televiziya qülləsi iki daşıyıcı dalğa şüalandırır: şüalanma tezliyi 94 MHS olan təsvir dalğası daşıyan şüa və modulyasiya olunmuş 95 MHS tezlikli elektromaqnit dalğası daşıyan şüa. Bu tezliklərə uyğun şüaların dalğa uzunluğunu təyin edin.

ÖZÜNÜZÜ QIYMƏTLƏNDİRİN

№	Suallar	Bilirəm		
		zəif	orta	yaxşı
1	Burulğanlı elektrik sahəsinin mənbəyi nədir?			
2	Elektromaqnit dalğası nədir?			
3	Niyə qapalı rəqs konturu elektromaqnit dalğası şüalandırmır?			
4	Elektromaqnit dalğasının sürət vektoru elektrik sahəsinin intensivlik və maqnit sahəsinin induksiya vektorlarına nəzərən necə yönəlir?			
5	Elektromaqnit dalğası vakuumdan mühitə keçdikdə dalğa uzunluğu 9 dəfə azaldı. Bu zaman onun yayılma sürəti necə dəyişər?			

NƏ ÖYRƏNDİNİZ? İş vərəqində "Elektromaqnit dalğası" mövzusunda esse yazın.

3.8. ELEKTROMAQNİT DALĞASININ ENERJİSİ. ELEKTROMAQNİT DALĞALARI ŞKALASI (Təqdimat dərsləri)

Təqdimatın aşağıda verilən təqribi plan əsasında hazırlanması tövsiyə edilir. Bu məqsədlə təqdim olunan elektron resurslardan və nəzəri məlumatlardan istifadə edilə bilər.

- Plan:**
1. Elektromaqnit dalğasının enerjisi.
 2. Elektromaqnit dalğaları şkalası: **a)** radiodalğalar; **b)** mikrodalğalar; **c)** infraqırmızı dalğalar; **d)** görünən dalğalar; **e)** ultrabənövşəyi dalğalar; **f)** rentgen şüalanması; **g)** γ -şüalanma.

Sonuncu problemə dair təqdimat hazırlayarkən bu suallara cavab verməyə çalışın: şüalanmanın aşkar olunma tarixi, xarakteristikası, xassəsi, tətbiqi, insan orqanizminə təsiri.

1. Elektromaqnit dalğasının enerjisi. Elektromaqnit dalğası özü ilə enerji daşıyır. Bu enerji aşağıdakı fiziki kəmiyyətlərlə xarakterizə olunur.

• Elektromaqnit şüalanması selinin sıxlığı (J) – ixtiyari Δt zaman fasiləsində şüanın yayılma istiqamətinə fəqətən perpendikulyar qoyulmuş ixtiyari səthin S sahəsindən keçən ΔW elektromaqnit enerjisinin bu səth ilə Δt zamanı hasilinə olan nisbətində bərabər fiziki kəmiyyətdir:

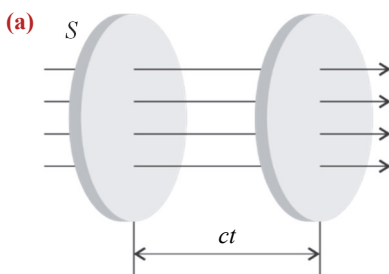
$$J = \frac{\Delta W}{S \cdot \Delta t}. \quad (1)$$

Əgər $S = 1 \text{ m}^2$ və $\Delta t = 1 \text{ san}$ olarsa, (1) ifadəsindən alınır ki, $J = \Delta W$: elektromaqnit şüalanması selinin sıxlığı vahid səthdən vahid zamanda keçən enerjiyə bərabərdir. Şüalanma selinin sıxlığına bəzən dalğanın intensivliyi də deyilir.

Şüalanma seli sıxlığının BS-də vahidi:

$$[J] = \frac{[\Delta W]}{[S] \cdot [\Delta t]} = 1 \frac{C}{m^2 \cdot \text{san}} = 1 \frac{Vt}{m^2}.$$

• Elektromaqnit dalğasının enerji sıxlığı – vahid həcmdəki elektromaqnit sahəsinin enerjisində bərabərdir:



$$w = \frac{\Delta W}{\Delta V}. \quad (2)$$

Enerji sıxlığının BS-də vahidi: $[w] = \frac{[\Delta W]}{[\Delta V]} = 1 \frac{C}{m^3}$.

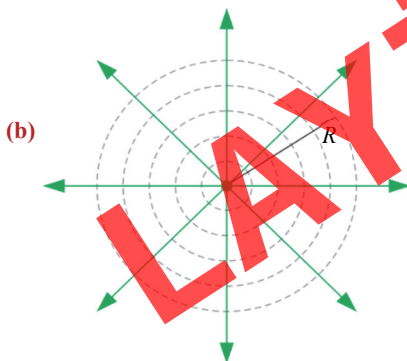
Elektromaqnit dalğası fəzada c işıq sürəti ilə yayıldığından o, ədədi qiymətcə fəzada fəqətən götürülmüş və doğurarı $c \cdot \Delta t$ olan silindrin daxilindəki elektromaqnit enerjisində bərabərdir (a). Həmin enerji fikri silindrin həcmi ilə ($\Delta V = c \Delta t S$) enerji sıxlığının (w) hasilinə bərabərdir:

$$\Delta W = w \cdot c \cdot \Delta t \cdot S. \quad (3)$$

(3) ifadəsini (1)-də nəzərə alsaq məlum olur ki, şüalanma selinin sıxlığı (intensivliyi) elektromaqnit enerjisinin sıxlığı ilə onun yayılma sürətinin hasilinə bərabərdir.

$$J = \frac{w \cdot c \Delta t S}{S \cdot \Delta t} = w \cdot c. \quad (4)$$

Elektromaqnit dalğalarını şüalandıran ən sadə mənbə nöqtəvi mənbədir. Belə mənbə bütün istiqamətlərdə eyni intensivlikli dalğalar şüalandırır və mənbəyin ölçüləri onun təsirini öyrəndiyimiz məsafəyə nisbətən çox kiçikdir (b).



Mərkəzi nöqtəvi mənbədə olan R radiuslu sferanın səthinin sahəsi $S = 4\pi R^2$ olduğundan (1) ifadəsindən alınır ki, elektromaqnit şüalanma selinin sıxlığı nöqtəvi mənbədən olan məsafənin kvadratı ilə tərs mütənasibdir:

$$J = \frac{\Delta W}{4\pi R^2 \cdot \Delta t} = \frac{\Delta W}{4\pi \Delta t R^2}. \quad (5)$$

Nəzərə alınsa ki, elektromaqnit dalğalarını təcillə hərəkət edən yüklü zərrəciklər şüalandırır, elektrik sahəsinin intensivliyi və maqnit sahəsinin induksiya bu zərrəciklərin təcili ilə, təcil isə rəqs tezliyinin kvadratı ilə düz mütənasibdir:

$$E \sim a \sim \omega^2 \text{ və } B \sim a \sim \omega^2.$$

Enerji sıxlığı vahid həcmə düşən elektromaqnit sahəsinin enerjisi kimi elektrik və maqnit sahələrinin enerjiləri cəminə bərabərdir:

$$w = \frac{W}{V} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon E^2}{2} + \frac{B^2}{2\mu_0 \mu}$$

$$w \sim (E^2 + B^2) \sim \omega^4.$$

Şüalanma selinin sıxlığı (intensivliyi) enerji sıxlığı ilə mütənasib olduğundan o da şüalanma tezliyinin dördüncü tərtibi ilə düz mütənasibdir:

$$J \sim w \sim \omega^4 \sim \frac{1}{\lambda^4}.$$

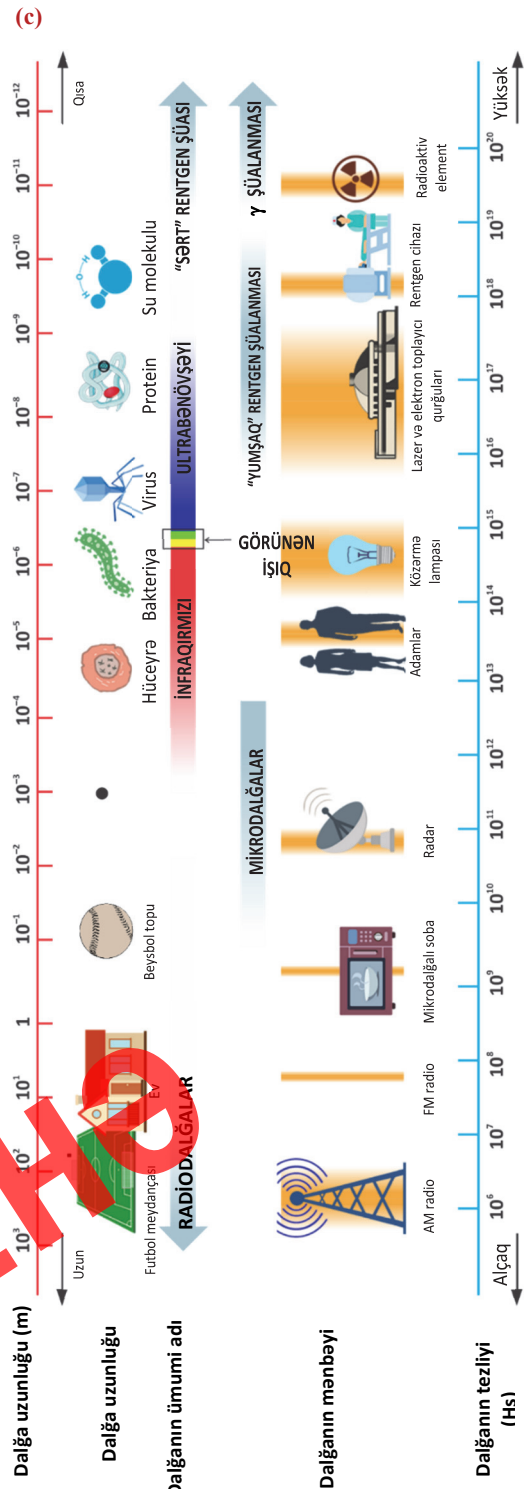
• Nöqtəvi mənbəyin elektromaqnit şüalanmasının gücü:

$$P = J \cdot S = J \cdot 4\pi R^2 = \frac{\Delta W}{\Delta t}. \quad (6)$$

2. Elektromaqnit dalğaları şkalası. Bu mövzuya aid bəzi məlumatları şəkildən əldə etmək olar (bax: c).

Elektron resurslar:

1. https://az.wikipedia.org/wiki/Elektromaqnit_dal%C4%9Falar%C4%B1
2. <http://salamnews.org/az/news/read/192714>
3. <http://idol.az/site/bizi-ehate-eden-radiodalgalər-ziyandirmi/>
4. file:///C:/Users/VIP/Downloads/d_pdf_kurs_ekolo885.pdf
5. <http://www.turansam.org/makale.php?id=9423>
6. <https://www.youtube.com/watch?v=7gP8Axfic48>
7. https://az.wikisource.org/wiki/Maqnit_sah%C9%99l%C9%99ri_v%C9%99_elektromaqnit_dal%C4%9Falar%C4%B1n%C4%B1n_qan_d%C3%B6vr%C4%B1_sistemin%C9%99_v%C9%99_daxili_orqanlar%C4%B1na_olan_z%C9%99r%C9%99rlit%C9%99sirinin_mexani_zmi_v%C9%99_m%C3%BCalic%C9%99si



8. file:///C:/Users/VIP/Downloads/d_pdf_kurs_ekolo_886.pdf
9. https://www.google.az/search?q=elektromagnit+dalgaları&rlz=1C1CHZL_ru_AZ757AZ757&tbn=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=0ahUKEwiZ_eTck8DWAhVB7xQKHxz_CUEQsAQIVA&biw=1920&bih=925
10. https://az.wikipedia.org/wiki/Rentgen_%C5%9F%C3%BCalar%C4%B1
11. http://musavat.com/news/yasham/komputer-tomografiyasi-xerceng-yaradir_67356.html
12. <https://az.wikipedia.org/wiki/%C5%9E%C3%BCalanma>
13. https://az.wikipedia.org/wiki/%C4%B0nfaq%C4%B1rm%C4%B1z%C4%B1_%C5%9F%C3%BCalanma
14. https://az.wikipedia.org/wiki/Ultrab%C9%99n%C3%B6v%C5%9F%C9%99yi_%C5%9F%C3%BCalanma
15. <http://www.anl.az/down/meqale/zaman/2014/may/369962.htm>
16. file:///C:/Users/VIP/Downloads/d_pdf_refe_tibbb_5363.pdf

3.9. RADİORABİTƏNİN PRİNSİPLƏRİ

• KEÇDİKLƏRİNİZİ XATIRLAYIN •

Fizika – 7

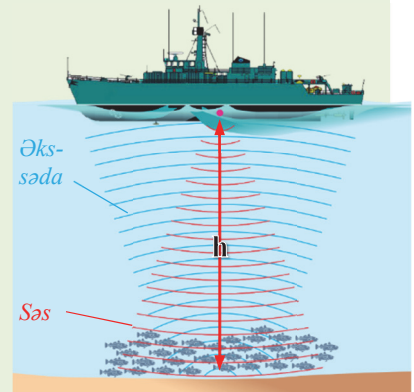
Mexaniki dalgaların ən sadə növü **səs dalgalarıdır**.

- Elastik mühitdə yayılan və səs duyğusu yaradan mexaniki dalgalar səs dalgalarıdır.

İnsan qulağı yalnız 16 Hs ilə 20 000 Hs arasında olan səs dalgalarını qəbul edə bilər. Bu dalgalar eşidilə bilən səs dalgalarıdır. Səs dalgalarının mühüm xassəsi onların qarşısına çıxan maneədən qayıtmasıdır. Səs dalgaları vasitəsilə obyektlərin yerini müəyyən etmə üsulu səs lokasiyası adlanır. Dəniz və okeanların dərinliyini ölçmək, balıqların çox topladığı yerləri aşkar etmək üçün işlədilən və *exolot* adlanan cihazın işi səs lokasiyasına (əks-səda hadisəsinə) əsaslanmışdır. Gəmilərin altında yerləşən səs mənbəyi qısamüddətli səs siqnalları verir. Dənizdəki obyektlərdən əks olunan səs siqnalı gəmidə yerləşən həssas cihazla – səs-qəbuledicisi ilə (exolotla) tutulur.

Səsin suda yayılma sürətini, siqnalın göndərilmə və qəbul olunma anları arasındakı vaxtı nəzərə alıqda sudakı obyektə qədər olan məsafə asanlıqla hesablanır:

$$h = \frac{vt}{2}$$



ABŞ müdafiə nazirliyinin sifarişləri ilə Massachusetts Texnologiya Universiteti 1961–1963-cü illərdə üç kosmik gəmi vasitəsilə “Vestford” layihəsini həyata keçirdi. Bu layihə əsasında Yerətrafi kosmik fəzaya hər birinin uzunluğu 2 sm olan 480 milyon mis iynə çıxarıldı. İynələr Yer ətrafında səpələnərək onun səthindən 3500–3800 km məsafədə “iynə sferası” əmələ gətirdi. Həmin sferanın qalıqları indi də mövcuddur.

- Yer kürəsi ətrafında “iynə sferası”nın yaradılmasında məqsəd nə idi?

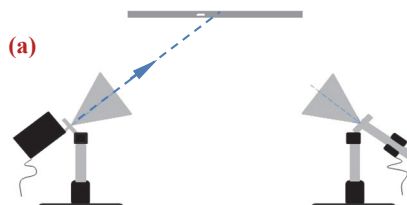


Təchizat: santimetrlik dalğalar vibratoru, qəbuledici rezonator, metal lövhə (fizika kabinetinin “Elektromağnit dalğaları” nümayiş dəstindən), rəqəmsal voltmetr.

İşin gedişi. 1. Vibratoru dəyişən cərəyan şəbəkəsinə, rezonatoru isə voltmetrə birləşdirin. Cihazları bir-birindən aralı yerləşdirin və ruporlarını üfqlə müəyyən bucaq altında yuxarı qaldırın. 2. Vibratoru işə salın və baş verən hadisəni izləyin. 3. Metal lövhəni yuxarı qaldırılmış ruporlar arasında müəyyən məsafədə üfqi olaraq tədricən sağa-sola hərəkət etdirməklə baş verən hadisəni müşahidə edin (a).

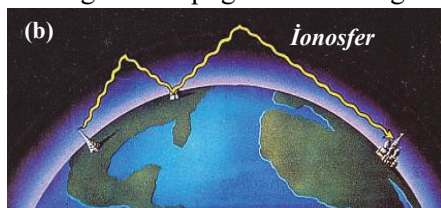
Nəticənin müzakirəsi:

- Voltmetr hansı halda rezonator dövrəsində gərginliyin yarandığını aşkar etdi?
- Təcrübə nəticəsində hansı fiziki hadisəni müşahidə etdiniz? Təcrübənin sxemini iş vərəqinə çəkin.



Radiatorabitənin prinsipləri. Hersin apardığı təcrübələr dünya alimlərini elektromağnit dalğalarının radioteleqraf və radiotelefon rabitəsinin həyata keçirilməsinin tədqiqinə sövq etdi.

Radiatorabitə vasitəsilə məlumatın Morze əlifbasının hərfləri ilə ötürülməsini ilk dəfə rus alimi Aleksandr Stepanoviç Popov (1859–1905) 7 may 1895-ci il tarixində nümayiş etdirir (bu tarix Rusiyada indi də “Radio günü” kimi qeyd edilir). 1896-cı ildə isə italyan alimi Qulyelmo Markoni (1874–1937) özünün hazırladığı verici qurğudan radiodalğalarla Morze əlifbasının bir neçə hərfini 3 km məsafədə yerləşdirilən aparatla qəbulunu nümayiş etdirir. O, 1901-ci ildə radiodalğaların Yer atmosferinin ionosfer qatından qayıtmaqla İngiltərədən verilən məlumatın Atlantik okeanının diametral əks tərəfinə – ABŞ-dakı qəbuledici aparata çatdırılmasını reallaşdırır (b).



• *Radiatorabitə – informasiyaların (səs və təsvir) elektromağnit dalğaları vasitəsilə verilməsi və qəbul olunmasıdır.*

Radiatorabitədə elektromağnit dalğalarının iki diapazonundan istifadə olunur:

1) aşağı tezlikli dalğalar – fəzada pis yayılır, lakin informasiya daşıyır; 2) yüksək tezlikli dalğalar – fəzada çox böyük məsafələrə yayıla bilər, lakin informasiya daşımır.

Radiatorabitənin əsasını verici stansiya və qəbuledici stansiya təşkil edir.

Vericidə üç əsas proses baş verir: 1) yüksək tezlikli rəqslərin generasiyası; 2) yüksək tezlikli rəqslərin zəruri gücə qədər gücləndirilməsi; 3) yüksək tezlikli rəqslərin parametrlərindən birinin (amplitudunun, tezliyinin və ya fazasının) ötürülən informasiyaya uyğun dəyişdirilməsi.

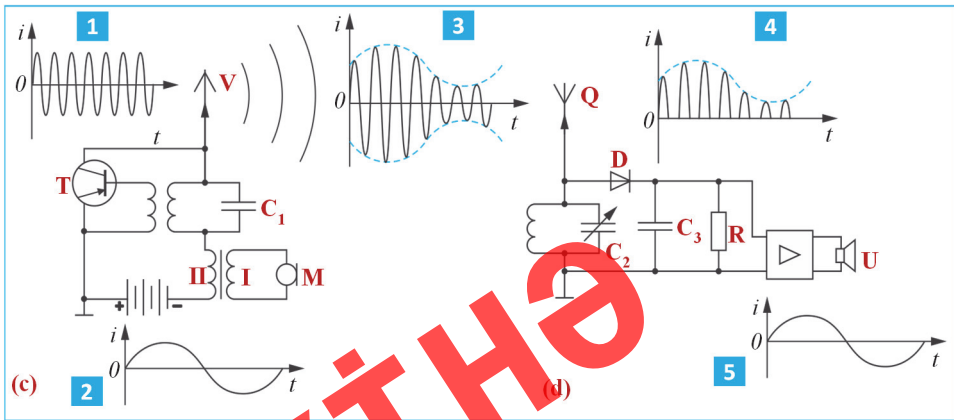
Verici stansiyanın sadələşdirilmiş sxemində əsasən o, tranzistorlu (T) generatordan, rəqs konturundan, mikrofon (M) dövrəsindən və verici antendən (V) ibarətdir (c). Generator sönməyən yüksək tezlikli elektromağnit rəqsləri yaradır (bax: c, 1). Sonra həmin rəqslər mikrofondan daxil olan səs tezlikli elektromağnit rəqsləri (2) ilə modullaşdırılır (3).

• *Modullaşma – yüksək tezlikli elektromaqnit dalğalarının amplitudunun (tezliyinə və ya fazasına) alçaq tezlikli səs dalğalarının amplituduna (tezliyinə və ya fazasına) uyğun olaraq dəyişdirilməsidir.*

Dalğaların amplitud modullaşmasını icra etmək üçün verici stansiya dövrəsinə qoşulan transformatorun I dolağı mikrofon dövrəsinə, II dolağı isə tranzistorlu generator dövrəsinin cərəyan mənbəyinə qoşulur. Nəticədə stansiyanın rəqs konturundakı yüksək tezlikli elektromaqnit rəqsləri səs tezlikli siqnallarla modullaşdırılır. Alınan modullaşmış rəqslər verici anten vasitəsilə fəzaya şüalandırılır (bax: **c, 3**).

Qəbuledici stansiyanın sadələşdirilmiş sxeminə əsasən onun əsas hissələri qəbuledici anten (Q), dəyişən tutumlu kondensatoru (C_2) olan rəqs konturu, yarımkeçirici diod – detektor (D), elektrik siqnalını hamarlayıcı kondensator (C_3) və telefondan (yaxud səsgücləndirən) (U) ibarətdir (**d**). Antenin qəbul etdiyi elektromaqnit dalğaları onun rəqs konturunda induksiya dəyişən cərəyanı yaradır. Konturdakı kondensatorun tutumunu dəyişməklə onun məxsusi tezliyi qəbul olunmuş elektromaqnit dalğalarının tezliyi ilə bərabərləşdirilir. Bu zaman konturda yaranan cərəyanın rəqslərinin amplitudu kəskin artır – rezonans hadisəsi baş verir. Nəticədə lazımı siqnal digər siqnallardan seçilərək gələn dalğaları qəbul etməyə köklənir. Daha sonra qəbul edilən yüksək tezlikli modullaşmış rəqslərin alçaq tezlikli rəqslərə çevrilməsi prosesi – *demodulyasiya* (və ya *detektətmə*) həyata keçirilir.

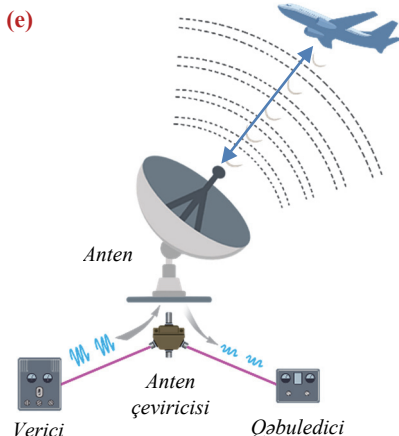
Demodulyasiya detektor (yarımkeçirici diod) vasitəsilə reallaşdırılır. Birtərəfli keçidə malik detektordan keçən cərəyan *döyünən cərəyan* (bax: **d, 4**) olur. Bu cərəyan C_3 kondensatoru (süzgəc) vasitəsilə hamarlanır. Hamarlanan elektrik siqnalı telefonun (radionun) səsgücləndirəndə eşidilə bilən səs tezlikli rəqslərə çevrilir (**5**).



Radiolokasiya. Araşdırma 1-də müəyyən etdiniz ki, elektromaqnit dalğaları metal (keçirici) lövhədən qayır. *Radiolokasiyanın fiziki əsasını da məhz elektromaqnit dalğalarının bu xassəsi təşkil edir.*

- *Radiolokasiya – radiodalğaların köməyi ilə müxtəlif obyektləri aşkar etməkdir.*
- *Radiodalğalar vasitəsilə obyektə qədərki məsafənin müəyyən olunmasına xidmət edən qurğu radiolokator (və ya radar) adlanır.*

• Radiolokator – ultraqısa tezlikli dalğalar şüalandıran radioverici və onu qəbul edən radioqəbuledicidən ibarət qurğudur (e).



Radiolokator radiodalğaları qısa impulslar şəklində şüalandırır. Hər iki ardıcıl impuls arasındakı zaman fasiləsində lokator avtomatik olaraq obyektədən qayıdan siqnalları qəbul edən antenə çevrilir. Beləliklə, radiodalğaların əks etdiyi obyektə qədərki məsafə (l) asanlıqla təyin edilir:

$$l = \frac{c\Delta t}{2}.$$

Burada Δt – lokatorun göndərdiyi və qəbul etdiyi siqnal arasındakı zaman fasiləsi, c – işığın vakuumdakı sürətidir.

TƏTBİQETMƏ

ARAŞDIRMA

2

Məsələ. Rəqs konturundakı sarğacın induktivliyi 3 mkHn -dir, kondensatorun tutumu isə $50 \text{ pF} - 500 \text{ pF}$ intervalında dəyişə bilər. Təyin edin:

- konturdakı rəqslərin məxsusi tezliyinin dəyişmə sərhədini;
- anten dövrəsində belə konturu olan qəbuledicinin hansı uzunluqlu radiodalğaları qəbul edə biləcəyini.

Nəticənin müzakirəsi:

- Rəqs konturundakı rəqslərin tezliyi nədən asılıdır?
- Qəbuledici anten dövrəsindəki rəqs konturu hansı uzunluq intervalındakı radiodalğaları qəbul edə bilər? Bunu necə təyin edirsiniz?

HƏYATLA ƏLAQƏLƏNDİRİN

Bəzən televizora baxarkən qəfildən ekranda verilişin görüntüsünün pozulması, səsin isə kənar səslərlə qarışması baş verir. Elə bu zaman yaşayış məntəqəsinin üzərindən uçan təyyarənin səsi eşidilir.

- Müşahidə olunan hadisənin səbəbini necə izah edərdiniz?

ÖZÜNÜZÜ QIYMƏTLƏNDİRİN

№	Suallar	Bilirəm		
		zəif	orta	yaxşı
1	Radiorabitə nədir və onun əsasını nə təşkil edir?			
2	Verici stansiyanın rəqs konturunda cərəyan şiddətinin zamandan asılılığının şəkildə təsvir olunan forması necə əldə edilir?			
3	Şəkildə radioqəbuledicinin sadələşdirilmiş sxemi təsvir edilmişdir. Təyin edin: a) dalğanın lazımı tezliyə hansı element vasitəsilə kökləndiyini; b) rəqsləri detektə edən qurğunu; c) elektrik siqnallarını səs siqnalına çevirən qurğunu.			
4	Yer səthindəki lokatordan planetlərarası kosmik gəmiyə göndərilən siqnal 4 dəqiqədən sonra yenidən həmin lokator tərəfindən qəbul edildi. Kosmik gəmi Yerdən hansı uzaqlıqdadır?			

NƏ ÖYRƏNDİNİZ? İş vərəqində “Radiorabitənin prinsipləri” mövzusunda esse yazın.

Layihə. “Radiodalğaların tətbiqləri” mövzusunda elektron təqdimat hazırlayın.

3.10. İŞIĞIN DALĞA TƏBİƏTİ. İŞIĞIN DISPERSİYASI

• Layihənin müzakirəsi •

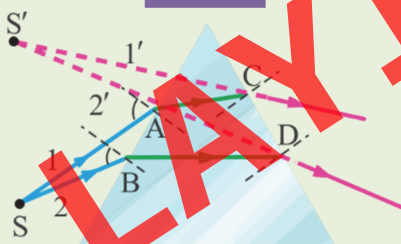
Qruplar üzrə

- Televiziya verilişləri hansı prinsipə əsaslanır?
- Radiorele rabitəsi nədir?
- Kosmik radiorabitə necə həyata keçirilir və onun fiziki əsası nədir?
- Fototeleqraf (faksimile) rabitə nədir və o necə həyata keçirilir?
- Radioteleskop nədir, onun iş prinsipi nəyə əsaslanır və hansı məqsədlər üçün istifadə olunur?

“Radiorabitənin tətbiqləri” mövzusunda hazırlanan elektron təqdimatın müzakirəsi:

• KEÇİDKLƏRİNİZİ XATIRLAYIN •

Fizika – 9



- Mühitin vakuuma nəzərən sındırma əmsalı həmin mühitin *mütləq sındırma əmsalı* adlanır. Mütləq sındırma əmsalı işığın verilən mühitdəki sürətinin vakuumdakı sürətindən neçə dəfə kiçik olduğunu göstərir:

$$n = \frac{c}{v}$$

- Cisimdən prizmanın üzərinə düşən şüalar istiqamətlərini prizmanın oturmaçına doğru dəyişir.

■ Alimlər bir neçə əsr işığın təbiətinə aid biri digərini inkar edən iki müxtəlif fərziyyəni əsaslandırmağa çalışmışlar. Bunlar biri işığın fəzada dalğa formasında, digəri isə zərrəciklər seli formasında yayılması fərziyyəsidir.

● **İşığın təbiətinə aid hansı fərziyyə doğrudur?**

■ Bəzən günəşli gündə yağan yağışdan sonra arxası günəşə tərəf durduqda göyqurşağını müşahidə etmək olur.

● **Göyqurşağındakı rənglərin düzlüşündə hansısa bir qanunauyğunluq varmı?**

● **Niyə göyqurşağını hər zaman görmək olmur?**



ARAŞDIRMA

1

Ağ işıq neçə rəngdən ibarətdir?

Təchizat: ağ işıq mənbəyi (“Optik şayba” dəstindən), şüşə prizma, kağız vərəq (A4 formatda, boz), “Fizika” dərsliyi.

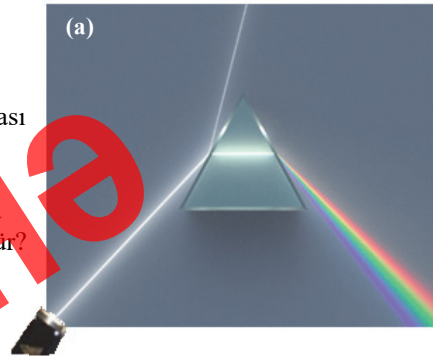
İşin gedişi:

1. Masanın üzərindəki dərsliyin səthini boz vərəqlə örtün. Prizmanı yan tərəfi üzrə vərəqin ortasında yerləşdirin.
2. Işıq mənbəyini işə salıb onu dərsliyin kənarında elə yerləşdirin ki, dar işıq şüası vərəqin səthi ilə yayılaraq prizmanın səthə toxunan tilinin üzərinə şəkildə təsvir edildiyi kimi düşsün (a).

Bu zaman alınan mənzərəni diqqətlə müşahidə edin.

Nəticənin müzakirəsi:

- Təcrübədə nə müşahidə etdiniz?
- Şüşə prizmadan keçən ağ işığın rənglərə ayrılması onun tərkibi haqqında hansı nəticəyə gəlməyə əsas verir?
- Bu tərkib üzərində diqqətlə müşahidə apardıqda onun neçə rəngli şüalardan ibarət olduğu görünür? Onlar hansılardır?
- Hansı rəngli şüa şüşə prizmada daha çox, hansı isə daha az sınımaya məruz qalır? Niyə?



İşığın təbiəti. Bir neçə əsr işığın təbiətinə aid iki müxtəlif təsəvvür yer almışdır: *ışığın korpuskulyar və dalğa təbiəti*.

İşığın korpuskulyar təbiətə malik olması təsəvvürünün banisi İ.Nyutondur. O hesab edirdi ki, işıq zərrəciklər (korpuskul) selidir. Bu təsəvvürə görə işığın düzxətli yayılma və qayıtma qanunları asanlıqla izah olunurdu.

İşığın dalğa təbiətinə malik olması təsəvvürünün banisi isə holland alimi Xristian Hüygensdir (1629–1695). Bu təsəvvürün yaranmasının başlıca səbəbi işıq şüalarının da dalğalar kimi bir-birinin içərisindən keçərək yayıla bilməsidir. XIX əsrdə ingilis alimi Tomas Yunq (1773–1829) apardığı təcrübələrlə işığın dalğa təbiətini təsdiq edən çoxsaylı faktlar aşkarladı. Elektromaqnit sahə nəzəriyyəsinin banisi C.Maksvell işığın elektromaqnit dalğa təbiətinə malik olduğunu nəzəri cəhətdən əsaslandırdı. Müasir təsəvvürlərə görə isə işıq və digər elektromaqnit dalğaları ikili – zərəcik və dalğa təbiətinə malikdir.

İşığın dispersiyası. İşığın dalğa təbiətli olduğunu sübut edən hadisələrdən biri *ışığın dispersiyasıdır*.

• *İşığın dispersiyası – mühitin sındırma əmsalının düşən işıq tezliyindən (dalğa uzunluğundan) asılı olmasıdır.*

Bu hadisəni ilk dəfə ingilis alimi İsaak Nyuton tədqiq etmişdir. O, pəncərəni tam örtən qara pərdədə açılan kiçik dəlikdən keçən nazik günəş şüasının qarşısında üçüzlü şəffaf şüşə prizma yerləşdirir. Günəş şüası prizmadan keçdikdə görünən 7 rəngli tərkib hissəyə ayrılır. Dispersiya *spektri* adlanan bu hissələrdə rənglərin ardıcılığı eyni olur: **qırmızı, narıncı, sarı, yaşıl, mavi, göy, bənövşəyi**.

Monoxromatik (bırrəngli) şüa adlandırılan rəngli şualardan ən çox sınaq bənövşəyi, ən az sınaq isə qırmızı şüadır (bax: **a**). Hadisənin səbəbi işıq dalğa təsəvvürü əsasında izah edilir. Belə ki, mühitin mütləq sındırma əmsalı işıq verilən mühitdəki sürətinin vakuumdakı sürətindən neçə dəfə kiçik olduğunu göstərir:

$$n = \frac{c}{v} = \frac{\lambda_0}{\lambda}.$$

Burada λ_0 – işıqın vakuumda dalğa uzunluğu, λ – işıqın mühitdə dalğa uzunluğudur. Deməli, ən az sınımaya məruz qalan qırmızı işıq üçün mühitin sındırma əmsalı da ən kiçikdir. Bu isə o deməkdir ki, qırmızı işıq ən böyük dalğa uzunluğuna (və ya ən kiçik tezliyə) malikdir. Bənövşəyi şüa üçünə əksinə, mühitin sındırma əmsalı ən böyükdür və bənövşəyi işıq ən kiçik dalğa uzunluğuna (və ya ən böyük tezliyə) malikdir. Sonralar aparılan təcrübələrdən müəyyənəşdirilir ki, görünən işıqın dispersiya spektri elektromaqnit dalğalar şkalasında $\lambda_q = 7,6 \cdot 10^{-7} m$ -dən (qırmızı) $\lambda_b = 3,8 \cdot 10^{-7} m$ -dək (bənövşəyi) hissəsini əhatə edir.

Nəticə. Beləliklə, dispersiya hadisəsi ağ işıqın mürəkkəb tərkibə – müxtəlifrəngli monoxromatik işıq şüalarına malik olduğunu aşkar etdi. Monoxromatik şüaların hər biri məxsusi tezlik və dalğa uzunluğuna malikdir. Ona görə də monoxromatik şüa şüşə prizmadan keçdikdə o yalnız sınımaya məruz qalmış və istiqamətini dəyişmişdir. Görünən spektrin bütün monoxromatik şüalarını toplayıb prizmadan keçirdikdə yenidən ağ işıq alınmışdır.

Rənglər fizikasına görə, qırmızı, yaşıl və göy rənglər biri digər ikisinin qarışığından alın bilmir. Lakin *əsas rəng* adlandırılan bu üç rəngdən qalan digər rəngləri və onların çalarlarını almaq mümkündür.

Ətraf aləmin çoxçalarlı rənglərlə görünməsi işıqın udulması, sınması və əks etməsi ilə izah olunur. Məsələn, vərəq ona görə ağ görünür ki, o, səthinə düşən ağ işığı tamamilə əks etdirir. Əgər cisim işığı tam udursa, o, qara görünür, məsələn, his.

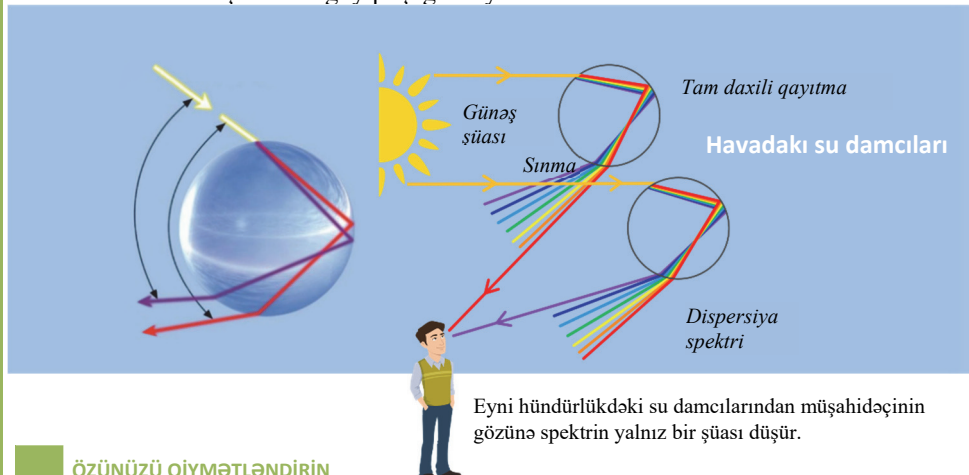
Məsələ 1. Ağ işığın dispersiya spektrindəki şüaları şüşə prizmada yayılma sürətlərinə görə artan ardıcılıqla düzün.

Nəticənin müzakirəsi:

- Ağ işığın dispersiya spektrindəki hansı şüa şüşə prizmada ən böyük, ən kiçik sürətlə yayılır? Cavabınızı əsaslandırın.

HƏYATLA ƏLAQƏLƏNDİRİN

Verilən sxemləri araşdırın və göyqurşağının yaranma səbəbini izah edin.



ÖZÜNÜZÜ QIYMƏTLƏNDİRİN

№	Suallar	Bilirəm		
		zəif	orta	yaxşı
1	Niyə şüşə prizma ağ işığı spektral tərkib hissələrinə ayırır?			
2	İşığın dispersiyası onun dalğa təbiətli olduğunu necə əsaslandırır?			
3	Otun yaşıl rəngdə olması rəng fizikasına görə necə izah olunur?			
4	Dispersiya spektrindəki qırmızı işığın dalğa uzunluğu tezliyi 100 MHz olan radiodalğanın uzunluğundan neçə dəfə kiçikdir?			
5	Dispersiya spektrindəki bənövşəyi işığın dalğa uzunluğu tezliyi 10^{18} Hz olan rentgen şüalarının dalğa uzunluğundan neçə dəfə böyükdür?			

NƏ ÖYRƏNDİNİZ? İş vərəqində "İşığın dispersiyası" mövzusunda öyrəndiyiniz əsas anlayışları və onların təriflərini qeyd edin.

3.11. DALĞALARIN İNTERFERENSİYASI. İŞIĞIN İNTERFERENSİYASI

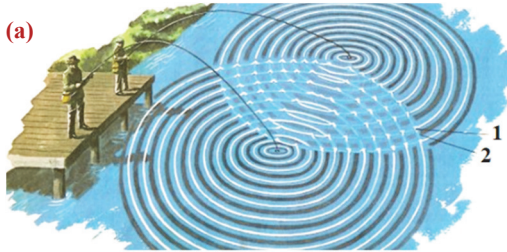
• KEÇDİKLƏRİNİZİ XATIRLAYIN •

Fizika – 7 və 10

■ Təbiətdə ən çox rast gəldiyimiz rəqslər bağlı rəqs sistemlərinin rəqsidir. Bağlı rəqs sistemlərində rəqs bir sistemdən digərinə ötürülür. Məsələn, durğun suya daş atdıqda onun düşdüyü nöqtədən konsentrik su halqalarının yayıldığı görünür. Bizə elə gəlir ki, ətrafa qabarıqlar və çöküklər formasında yayılan sudur.

- Suda dalğanı hansı bağlı rəqs sistemləri yaradır?
- Dalğanın yayıldığı mühitdə hansı hadisələr baş verir?

■ Balıqçı tilovlarının durğun su səthində yaratdığı dalğaların mənzərəsinə diqqət yetirin (a). Dalğalar bir-biri ilə qarşılaşdıqda onların toplanması baş verir. Nəticədə dalğalar müəyyən yerdə bir-birini gücləndirir (a, 1), digər yerdə isə zəiflədir (a, 2).



• Görüşən dalğalar hansı halda bir-birini gücləndirə, hansında – zəiflədə bilər?

Niyə?

• İki müxtəlif mənbədən şüalanan işıq dalğaları da görüşəndə bir-birini qarşılıqlı gücləndirib və ya zəiflədə bilərmi?

ARAŞDIRMA 1

Dalğalar toplandıqda bir-birini söndürür?

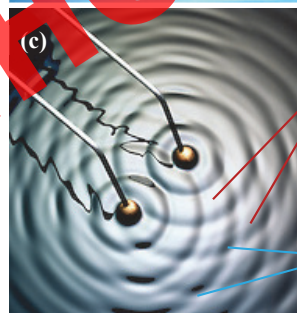
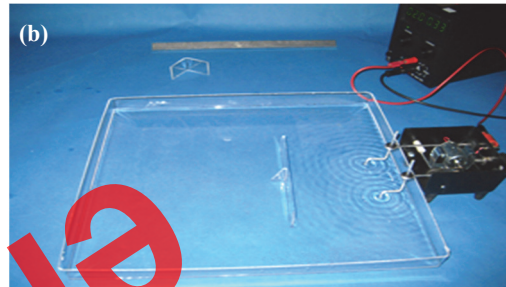
Təchizat: “Dalğa vannası” dəsti (dayaz laboratoriya vannası, iki nöqtəvi mənbə ilə təchiz edilmiş dalğa generatoru), su (200 ml), fotokamerası olan cib telefonu.

İşin gedişi:

1. Suyu vannaya tökün və generatorun çubuqlarını elə tənzimləyin ki, onun uclarındakı kürəciklər suyun səthində toxunsun (b).
2. Generatoru işə salın və su səthində yaranan dalğaların toplanma mənzərəsinə diqqətlə izləyin. Müşahidə olunan mənzərənin fotosəklini çəkin (c).

Nəticənin müzakirəsi:

• Su səthində iki dalğanın toplanmasından yaranan mənzərədə hansı qeyri-adi qanunauyğunluğu müşahidə etdiniz? Onu nə ilə izah etmək olar?



Toplanaraq güclənən dalğalar

Toplanaraq sönmə dalğalar

Dalğaların interferensiyası. Araşdırmada dalğa generatorunun harmonik və eyni tezlikli rəqsə gətirdiyi kürəciklərin su səthində yaratdığı *koherent dalğaları* müşahidə etdiniz.

• *Koherent dalğa* – müxtəlif mənbələrdən yayılan, dalğa uzunluqları (tezlikləri) eyni olan və fazalar fərqi zamandan asılı olmayaraq sabit qalan dalğalara deyilir.

Koherent dalğalar görüşdükdə onların mənbədən görüş nöqtəsinə qədər keçdikləri yollar fərqiindən asılı olaraq yekun rəqslər ya güclənir, ya da zəifləyir – *dalğaların interferensiyası* baş verir.

• *Dalğaların interferensiyası* (lat. “inter” – qarşılıqlı, “ferio” – vuraram) – koherent dalğaların toplanması nəticəsində yekun rəqslərin amplitudunun güclənməsi və zəifləməsidir.

Toplanan dalğaların bir-birini gücləndirməsi və ya söndürməsi interferensiyanın maksimum və minimum şərti ilə müəyyən olunur.

İnterferensiyanın maksimumluq şərti. İnterferensiya maksimumu suyun (fəzanın) elə nöqtələrində müşahidə olunur ki, həmin nöqtələrdə toplanan dalğaların maksimumları biri digərinin üzərinə düşür. O, dalğaların toplanma nöqtələrinə qədərki yollar fərqiindən asılıdır.

• *Toplanan dalğaların yollar fərqi sıfır və ya cüt sayda yarımdalğa uzunluğuna (fazalar fərqi sıfırdır və ya cüt sayda π -dir) bərabər olan nöqtələrdə interferensiya maksimumu alınır (d):*

$$\Delta d = \frac{\lambda}{2} \cdot 2k. \quad (1)$$

Burada $\Delta d = d_2 - d_1$ – koherent dalğaların toplanma nöqtələrinə qədərki yollar fərqi, k – maksimumun tərtibi olub $k = 0, 1, 2, \dots$ tam ədədlərdir.

Koherent dalğaların fazalar fərqi ilə yollar fərqi arasında belə bir əlaqə vardır:

$$\Delta \varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \Delta d. \quad (2)$$

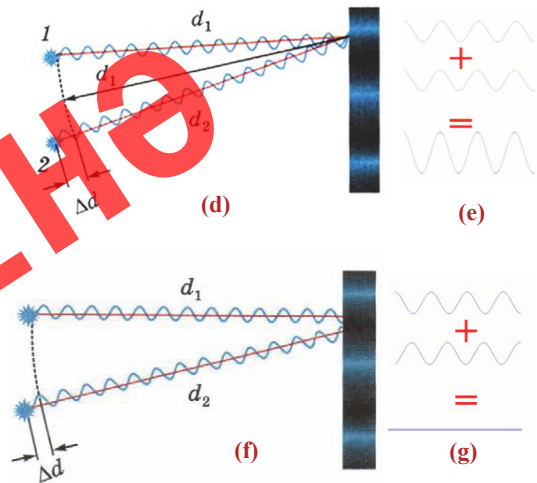
(2)-də (1) ifadəsini nəzərə alsaq, interferensiya maksimumunu fazalar fərqi üçün belə yazmaq olar:

$$\Delta \varphi = \pi \cdot 2k. \quad (3)$$

Bu halda əgər dalğaların amplitudları eynidirsə, onların toplanması nəticəsində yekun rəqsin amplitudu toplanan rəqslərin amplitudları cəminə bərabər olur (e):

$$x_{max} = A + A = 2A. \quad (4)$$

İnterferensiyanın minimumluq şərti. İnterferensiya minimumu fəzanın elə nöqtələrində müşahidə olunur ki, toplanan dalğalar həmin nöqtələrə əks fazalarda gəlir. Belə halda bir dalğanın maksimumu digərinin minimumu üzərinə düşür. Nəticədə bu dalğalar bir-birini zəiflədir.



• *Toplanan dalğaların yollar fərqi tək sayda yarım dalğa uzunluğuna (fazalar fərqi tək sayda π -yə bərabərdir) bərabər olan nöqtələrdə interferensiya minimumu alınır (f):*

$$\Delta d = \frac{\lambda}{2} \cdot (2k + 1); \quad (5)$$

$$\Delta \varphi = \pi \cdot (2k + 1). \quad (6)$$

Bu halda əgər dalğaların amplitudları eynidirsə, onların toplanması nəticəsində yekun rəqsin amplitudu sıfıra bərabər olana qədər zəifləyəcək (g):

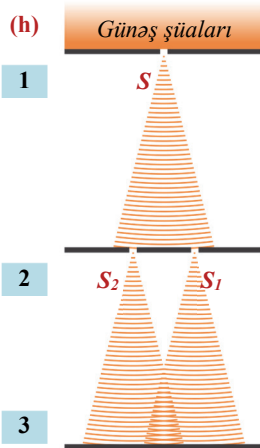
$$x_{\min} = A + (-A) = 0. \quad (7).$$

İşığın interferensiyası. İnterferensiya bütün növ dalğalar, o cümlədən işıq dalğaları üçün xarakterik olan ümumi xassədir. Belə ki, fəzada iki işıq dəstəsi toplanıqda onlar bir-birini gücləndirə və ya zəiflədə bilər, hətta belə də ola bilər:

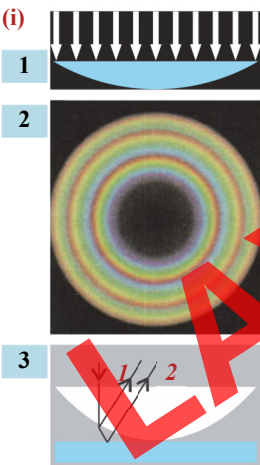
ışıq + işıq = zülmət.

• *İşığın interferensiyası – koherent işıq dalğalarının toplanması nəticəsində fəzanın müəyyən nöqtələrində işıq rəqslərinin güclənməsi, digər nöqtələrində isə zəifləməsi hadisəsidir.*

Koherent işıq dalğalarının alınma üsulu uzun illər məlum olmadığından işığın da interferensiya edə bilmək xassəsini uzun illər sübut etmək mümkün olmamışdır. Yalnız XIX əsrin əvvəllərində Tomas Yunq sadə qurğu vasitəsilə təcrübə olaraq işığın interferensiyasını müşahidə edə bildi (h).



Qurğuda işığın interferensiyası belə alınır: Günəş şüaları qeyri-şəffaf 1 ekranını işıqlandırır. Işıq dar S dəliyindən keçərək 2 ekranına düşür. Bu ekrandakı dar S_1 və S_2 dəliklərindən artıq iki koherent işıq dalğası çıxır. Həmin dalğalar bir-birinin üzərinə toplanmaqla 3 ekranında işığın interferensiya zolaqlarını əmələ gətirir. Ekranın mərkəzi hissəsində bir-birini əvəz edən rəngli və qaranlıq zolaqlar müşahidə olunur. Mərkəzdən uzaqlaşdıqca bu zolaqlar zəifləyir. Yunq bu təcrübədə interferensiyanın maksimumluq şərtindən istifadə etməklə (1) düsturuna əsasən işığın interferensiya zolaqlarındakı müxtəlifrəngli şüaların dalğa uzunluğunu ölçə bilmişdir.



Qəribə də olsa, işığın interferensiyasına aid ilk təcrübəni onun dalğa təbiətli olduğunu qətiyyətlə inkar edən İ.Nyuton aparmışdır. O, müstəvi-qabarıq linzani qabarıq tərəfi aşağı olmaqla şüşə lövhə üzərində yerləşdirir və onu yuxarıdan işıqlandırır (i, 1). Nyuton linzaya yuxarıdan baxdıqda bir-birini əvəz edən işıqlı və qaranlıq konsentrik dairələr müşahidə edir (i, 2). Lakin nə Nyuton, nə də bu maraqlı təcrübəni 100 ildən çox ıçra etmiş digər alimlər “Nyuton halqaları” adlandırılan işığın bu sirrini izah edə bilmədilər.

Yalnız 1802-ci ilə T.Yunq “Nyuton halqaları”nın sirrini belə izah etdi: Linzanın müstəvi səthinə düşən işıq şüası qismən onun alt sferik səthindən qayıdır (1 şüası), qismən isə linzanın yerləşdiyi şüşə lövhənin səthindən qayıdır (2 şüası; bax: i, 3). Işıq şüasının belə çoxsaylı qayıtmasından iki koherent şüa

əmələ gəlir. Bu şüalar toplanaraq interferensiyanın maksimumluq və minimumluq şərtlərinə uyğun olaraq interferensiya mənzərəsi – işıqlı və qaranlıq konsentrik halqalar mənzərəsi yaranır.

İşığın dalğa uzunluğunun təyini. Fərz edək ki, S_1 və S_2 koherent dalğa mənbələri arasındakı məsafə mənbədən ekrana qədərki məsafədən çox-çox kiçikdir (j): $l \ll L$. Belə halda S_1 və S_2 mənbələrindən şüalanan işıq dalğaları koordinatı y_m olan ekrandakı m nöqtəsinə, demək olar, paralel gəlir. Bu şüalar arasındakı yollar fərqi:

$$\Delta d = d_2 - d_1 = l \cdot \sin \alpha.$$

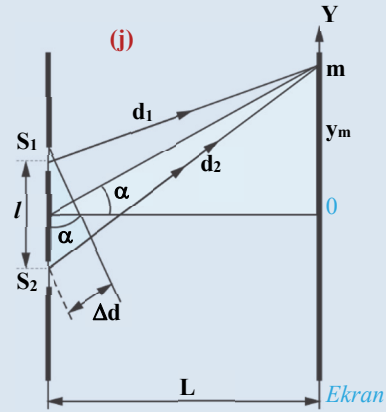
α bucağı kiçik olduğundan: $\sin \alpha \approx \tan \alpha = \frac{y_m}{L}$.

Bu hal üçün interferensiya maksimumu alınır:

$$l \cdot \frac{y_m}{L} = k\lambda.$$

Buradan işığın dalğa uzunluğu üçün alırıq:

$$\lambda = \frac{l}{L} \cdot \frac{y_m}{k}.$$



TƏTBİQETMƏ

ARAŞDIRMA

2

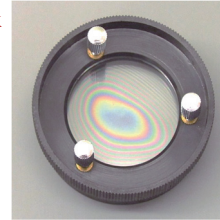
“Nyuton halqaları”nı müşahidə edək.

Təchizat: “Nyuton halqaları” cihazı, ağ vərəq (A5 formatlı), cib telefonu.

İşin gedişi:

1. Cihazı sıxacları yuxarıda olmaqla üfqi masanın səthində, ağ vərəqin üzərində yerləşdirin. Belə olduqda linzanın müstəvi üzü sizə tərəf olacaq və onun səthinə düşən işıq şüalarını paralel qəbul etmək olar (k).

(k)



2. Linzanı yuxarıdan müşahidə edin və gördüyünüz mənzərənin fotosəklini çəkin.

Nəticənin müzakirəsi:

- Nə müşahidə etdiniz?
- “Nyuton halqaları”nın ortası tutqun böyük dairəvi ləkədən, kənarlarının isə konsentrik rəngli və tutqun halqalardan ibarət olduğunu nə ilə izah etmək olar?

HƏYATLA ƏLAQƏLƏNDİRİN

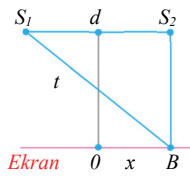
Yəqin ki, balaca olarkən üfürdüyünüz sabun qovuqlarını xatırlayırsınız. Havada süzən bu qovuqların səthi bir-birini əvəz edən rəngli halqalarla əhatə olunur (l).

- Sabun qovuğunun səthində belə halqaların yaranmasını necə izah edərdiniz?

(l)



ÖZÜNÜZÜ QIYMƏTLƏNDİRİN

№	Suallar	Bilirəm		
		zəif	orta	yaxşı
1	Koherent dalğalar nəyə deyilir? Koherent işıq dalğaları necə alınır?			
2	Monoxromatik şüanın iki dalğası $\Delta d = 0,3\lambda$ yollar fərqi ilə fəzanın müəyyən nöqtəsində interferensiya edir. Bu dalğaların fazalar fərqi təyin edin.			
3	S_1 və S_2 mənbələrindən ekrana koherent ağ işıq dalğaları düşür. Ekranda hansı interferensiya mənzərəsi müşahidə olunur? Bu mənzərə harada daha parlaq olar? Niyə?			
4	İki koherent dalğanın yollar fərqi $\Delta d = 5\lambda$ olan nöqtədə alınan interferensiyanın maksimum tərtibini hesablayın.			

NƏ ÖYRƏNDİNİZ? İş vərəqində “İnterferensiya hadisəsi” mövzusunda esse yazın.

LAYİHƏ. “İnterferensiyanın tətbiqləri” mövzusunda referat hazırlayın.

3.12. DALĞALARIN DİFRAKSİYASI. İŞIĞIN DİFRAKSİYASI

• KEÇDİKLƏRİNİZİ XATIRLAYIN •

Fizika – 7 və 10

• Işıq şüası – işıq enerjisinin yayıldığı xətdir.

Işıq şüaları paralel, divergent (haçalanan) və konvergent (yaxınlaşan) ola bilər. Çox böyük uzaqlıqda yerləşən mənbələrdən, məsələn, Günəş və ulduzlardan Yer səthinə düşən işıq paralel işıq şüaları qəbul edilir.

• Işıq vakuuma və bircins mühitdə düz xətt boyunca yayılır.

• Bircins mühit – bütün həcmi boyu eyni fiziki xassəyə malik olan mühitdir.

Cisimlərin kölgələrinin alınması işığın düz xətt boyunca yayılmasının nəticəsidir.

■ Təbiətin qoynunda gəzintidə olduqda, yaqın ki, hörümçək toruna diqqət yetirmisiniz. Bəzən o, spektr rəngləri ilə diqqəti özünə cəlb edir.



• Hörümçək torunda ağ işığın spektrinin alınmasını işığın hansı xassəsi ilə izah edərdiniz?

• Mənzərənin işığın dalğa təbiəti ilə nə əlaqəsi ola bilər?

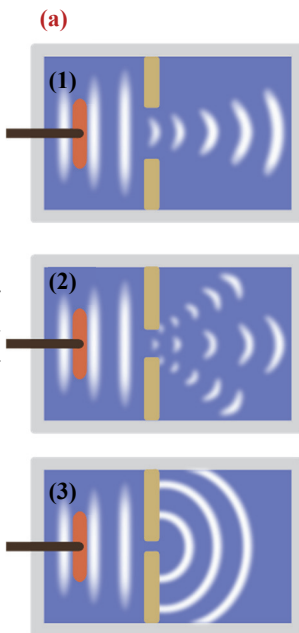
Dalğalar maneəyə rast gəldikdə nə baş verir?

Təchizat: “Dalğa vannası” dəsti (dayaz laboratoriya vannası, üfqi çubuqla təchiz edilmiş dalğa generatoru, müstəvi lövhələr), su (200 ml), fotokamerası olan cib telefonu.

İşin gedişi: 1. Generatoru işə salın və çubuğun su səthində yaratdığı dalğaları müşahidə edin. 2. Yayılan dalğaların yolu üzərində iki müstəvi lövhəni elə yerləşdirin ki, onların kənarları arasında kəsik əmələ gəlsin (a). Bu zaman kəsikdən keçən dalğaların necə yayıldığına diqqət yetirin (a, 1). 3. Lövhələr arasındakı kəsiyi tədricən daraldın və dalğaların yayılma formasının necə dəyişdiyini izləyin (a, 2 və 3). Kəsikdən sonra su səthində yayılan dalğaların fotoşəkillərini çəkin

Nəticənin müzakirəsi:

- Üfqi çubuğun rəqsi hərəkəti su səthində hansı formada dalğa yaratdı?
- Bu dalğaların yayılma yoluna kəsiyi olan maneə yerləşdirdikdə nə müşahidə etdiniz?
- Kəsik daraldıqca ondan keçən dalğaların forması necə dəyişdi?
- Təcrübədən dalğaların xassəsinə aid nə nəticəyə gəlmək olar?



Dalğa səthi və dalğa cəbhəsi. İxtiyari növ dalğanın müxtəlif mühitlərdə yayılma qanunauyğunluğu universal xarakterə malikdir. Məsələn, durğun su səthinə düşən damcının düşmə nöqtəsində yaratdığı rəqslər zaman keçdikcə bütün istiqamətlərə eyni sürətlə yayılaraq mühitin müəyyən hissəsini əhatə edir (b). Zaman keçdikcə dalğa yayılmaqda davam edərək su səthinin daha çox hissəsini həyəcanlandırır. Deməli, dalğa yayılarkən su səthi (mühit) dalğanın yayıldığı və hələ yayılmadığı iki hissədən ibarət olur. Verilmiş anda bu hissələri bir-birindən ayıran təmas xətti *dalğa səthidir*.

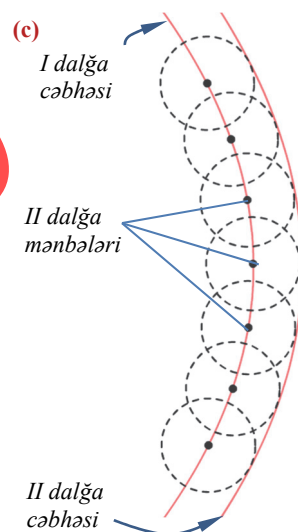


• *Dalğa səthi* – verilməmiş anda dalğaların çatdığı nöqtələrin həndəsi yeridir.

Dalğa yayılan mühitdə müəyyən nöqtələr toplusu eyni faza ilə rəqs edir. Belə nöqtələrdən keçən səth üzərində faza eyni bir qiymətə malik olduğundan həmin səthlər *bərabər fazalı səth*, yaxud *dalğa cəbhəsi* adlanır.

• *Dalğa cəbhəsi* – eyni fazada rəqs edən nöqtələrin həndəsi yeridir.

Dalğa cəbhəsi həndəsi məfhum olub eyni fazada rəqs edən nöqtələrdən keçən səth təsəvvürü yaradır (c). Mühitdə dalğa yayılarkən onun ardıcıl gələn müxtəlif nöqtələrində fazanın qiyməti müxtəlif ola bildiyinə görə həmin mühitdə sonsuz sayda dalğa cəbhəsi mövcud ola bilər.



Dalğa cəbhəsi müstəvi olan dalğa *müstəvi dalğa*, sferik və silindrik olan dalğalar isə müvafiq olaraq *sferik və silindrik dalğa* adlanır.

- *Müstəvi dalğa müəyyən bir istiqamətdə – müstəvi dalğa səthinə perpendikulyar istiqamətdə yayılan dalğadır.*

Dalğaların difraksiyası. Huygens prinsipi. Bütün növ dalğaların malik olduğu ümumi xassələrdən biri də onların difraksiyasıdır.

- *Dalğaların difraksiyası – maneəyə rast gəldikdə dalğaların həndəsi yayılma istiqamətlərindən kənara çıxma (maneəni aşaraq onun arxasına keçmə) hadisəsidir.*

Dalğa uzunluğu ilə onun rast gəldiyi maneənin ölçüsü arasındakı nisbətdən asılı olaraq dalğa həmin maneəni aşaraq onun arxasına keçə bilər. Başqa sözlə, difraksiya hadisəsi o vaxt aydın görünür ki:

$$l \geq \frac{D^2}{\lambda}$$

şərti ödənsin. Burada λ – dalğa uzunluğu, D – dalğanın difraksiyaya uğradığı maneənin (və ya dəliyin) ölçüsü, l – maneədən difraksiya müşahidə olunduğu yerə qədərki məsafədir.

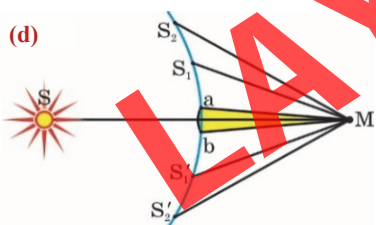
Difraksiya hadisəsi keyfiyyətcə 1690-cı ildə Huygensin formalaşdırdığı prinsip əsasında izah edilə bilər. *Huygens prinsipinə görə – dalğa cəbhəsinin çatdığı hər bir nöqtə tezlikləri dalğanın tezliyinə bərabər yarımşferik dalğa mənbəyinə çevrilir. Bu yarımşferik dalğaların (onlar ikinci dalğalar adlanır) qurşayanı verilmiş an üçün yeni dalğa cəbhəsini verir (bax: c).*

Dalğanın yayılma istiqaməti dalğa cəbhəsinə perpendikulyar olduğundan hər sonrakı anda dalğanın yayılma istiqaməti – *şüa* müəyyən oluna bilər.

- *Şüa – verilən nöqtədə dalğa cəbhəsinə çəkilmiş normaldır.*

Beləliklə, Huygens prinsipinə görə difraksiya hadisəsi belə izah edilir: fərz edək ki, kəsiyi olan maneə üzərinə perpendikulyar olaraq müstəvi dalğa düşür. Dalğa maneəyə çatdıqda kəsiyin hər bir nöqtəsi yarımşferik dalğa mənbəyinə çevrilir. Həmin dalğaların qurşayanı yanlardan əyildiyindən kəsikdən keçən dalğa da qismən ilk yayılma istiqamətindən kənarlara doğru meyil edərək maneənin arxasına tərəf yayılır – difraksiya hadisəsi baş verir. Lakin Huygens prinsipi yalnız dalğa cəbhəsinin yayılma istiqaməti ilə bağlı məsələləri həll etməyə imkan verdi, o, müxtəlif istiqamətlərə yayılan dalğaların amplitudlarının və deməli, intensivliklərinin necə dəyişdiyini izah edə bilmədi. Bu problem yalnız 1819-cu ildə *ışığın difraksiyasını* müəyyən və izah edən fransız fiziki Ogüsten Jan Frenel (1788–1827) tərəfindən həll olundu.

Huygens–Frenel prinsipi. Işığın difraksiyası. Huygens prinsipini inkişaf etdirən Frenelə görə, dalğa cəbhəsinin səthində yerləşən bütün ikinci mənbələr (S_1, S_2, S'_1, S'_2 və s.) *koherent dalğa mənbələridir*. Ona görə də *ışığın difraksiyası* bu *koherent mənbələrdən* gələn *koherent* dalğaların fəzanın hər hansı M nöqtəsində toplanmasının – interferensiyanın nəticəsidir (d).

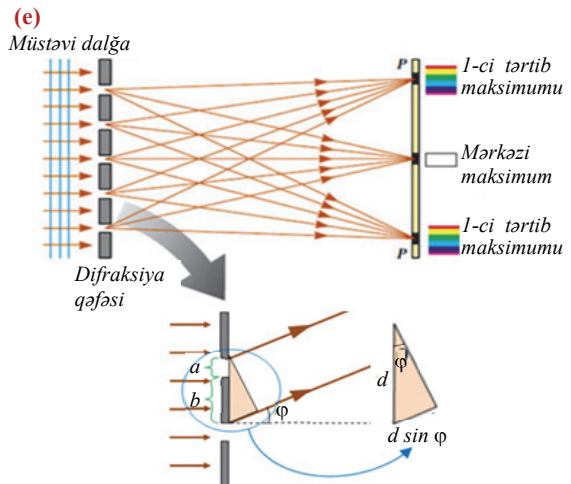


- *Işığın difraksiyası – ışığın düz xətt boyunca yayılma qanunundan kənara çıxaraq maneənin həndəsi kölgə sahəsinə daxil olması hadisəsidir.* Beləliklə, interferensiya prinsipi ilə Frenel tərəfindən tamamlanmış Huygens prinsipi *Huygens-Frenel prinsipi* adlanır.

Bu prinsip işığın difraksiyasını kəmiyyətcə izah etməyə imkan verdi. İşığın dalğa uzunluğu çox kiçik olduğundan onun difraksiyası da çox kiçik dəlikləri olan qeyri-şəffaf ekranda və ya cisimlərin sərhədində müşahidə oluna bilər. Ona görə də işığın difraksiyasını müşahidə etmək və kəmiyyətcə araşdırmaq üçün *difraksiya qəfəsi* adlanan xüsusi qurğudan istifadə olunur (e).

• *Difraksiya qəfəsi* – işığı spektrə ayıran və işığın dalğa uzunluğunu ölçməyə imkan verən optik qurğudur.

Difraksiya qəfəsi çox kiçik məsafədə yerləşən N sayda qeyri-şəffaf cizgilərdən və onlar arasındakı şəffaf zolaqlardan ibarətdir (adətən, qurğunun 1mm hissəsində $500 \div 1200$ -ə qədər belə cizgi olur). Difraksiya qəfəsinə perpendikulyar düşən işıq şüaları zolaqlardan φ bucağı altında meyil edərək çıxır. Koherent dalğa mənbəyi olan bu zolaqlardan keçən şüaların interferensiyası nəticəsində ekranda difraksiyanın maksimum və minimumları alınır (bax: e).



Difraksiya qəfəsində maksimum şərti belədir:

$$d \cdot \sin \varphi = k \lambda. \quad (1)$$

Burada d – difraksiya qəfəsinin sabiti (və ya periodu) adlanır: $d = a + b$. a və b – uyğun olaraq şəffaf zolaq və qeyri-şəffaf cizgilərin enidir, φ isə k tərtib maksimum verən şüanın meyil bucağıdır. k -nın maksimal qiyməti $\varphi = 90^\circ$, $\sin 90^\circ = 1$ olduqda alınır:

$$k_{\max} = \frac{d}{\lambda}. \quad (2)$$

Difraksiya qəfəsindən keçən ağ işığın bütün maksimumları (mərkəzi sıfırıncı istisna olmaqla) rəngli alınır. Mərkəzdən başlayaraq hər bir maksimum bənövşəyidən qırmızıya qədər 7 görünən rəng əks etdirir. Buna *difraksiya spektri* deyilir. Difraksiya spektrində alınan şüalardan, dispersiya spektrindən fərqli olaraq ən çox meyil edən qırmızı, ən az meyil edən isə bənövşəyi rəngli şüadır.

TƏTBİQETMƏ

ARAŞDIRMA

2

Spektrdəki şüaların dalğa uzunluqları arasında hansı münasibət var?

Məsələ. Şəkilə ağ işığın difraksiya qəfəsində difraksiyası nəticəsində ekranda alınan interferensiya mənzərəsinin müəyyən hissəsi təsvir edilmişdir. Şəklə əsasən təyin edin:

a) sol hissədə ağ zolağın nə demək olduğunu;

b) interferensiya maksimumlarının hansı ardıcılıqla göründüyünü;

c) difraksiya spektrində görünən müxtəlifrəngli işığın dalğa uzunluqları arasında hansı münasibətin olduğunu.



Nəticənin müzakirəsi: • Difraksiya qəfəsində ağ işığın difraksiyası nəticəsində ekranda mərkəzi maksimum necə görünür? • Şəkildə ağ işığın difraksiyası nəticəsində ekranda neçə interferensiya maksimumu təsvir olunmuşdur? • Difraksiya və dispersiya spektrlərində şüaların dalğa uzunluqlarına görə meyiletmə ardıcılıqları necə fərqlənir?

HƏYATLA ƏLAQƏLƏNDİRİN

Yəqin ki, diqqət yetirmisiniz: binanın küncündə durduqda hərəkət edən avtomobilin mühərrikinin səsi “əyilərək” bizə çatır və onu eşidirik, lakin avtomobildən əks edən işıq şüalarını, yəni avtomobili görmürük. Niyə?

ÖZÜNÜZÜ QIYMƏTLƏNDİRİN

№	Suallar	Bilirəm		
		zəif	orta	yaxşı
1	Difraksiya hadisəsinin mahiyyəti nədən ibarətdir?			
2	İşığın dispersiyasında həndəsi optikanın hansı qanunu pozulur?			
3	Niyə işığın difraksiyasını difraksiya qəfəsində müşahidə etmək əlverişlidir?			
4	Difraksiya qəfəsi üzərinə düşən ağ işıq ekranda bir-birini əvəz edən rəngli və qaranlıq maksimum və minimumlar yaradır. Niyə?			
5	Difraksiya qəfəsində $\varphi = 45^\circ$ və $d = \sqrt{2}\lambda$ olarsa, onun maksimum tərtibini təyin edin.			

NƏ ÖYRƏNDİNİZ? İş vərəqində “İşığın difraksiyası” mövzusunda esse yazın.

3.13. İŞIĞIN POLYARLAŞMASI

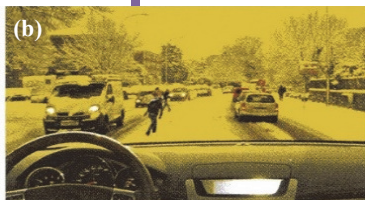
• KEÇDİKLƏRİNİZİ XATIRLAYIN •

Fizika – 10

- Dalğanın yayılması nəticəsində mühitdə aşağıdakı hadisələr baş verir:
- a) dalğanın yayıldığı mühitin zərrəciklərinin rəqsi hərəkəti: mühitin zərrəcikləri yalnız öz tarazlıq vəziyyətləri ətrafında rəqsi hərəkət edir və dalğada maddə daşınması baş vermir;
 - b) mühitin zərrəciklərinin qonşu zərrəciklərlə qarşılıqlı təsiri: zərrəciklər arasındakı qarşılıqlı təsirlər enerji daşınması ilə nəticələnir.
- Eninə dalğa – mühitin zərrəciklərinin rəqsi hərəkət istiqamətinə perpendikulyar yayılan dalğadır. Eninə dalğalar yalnız bərk cisimlərdə və mayələrin səthində yayıla bilər. Eninə dalğalar mühitdə bir-birini əvəz edən qabarıqlar və çöktüklər formasında yayılır.

- Sürücüləri qışda, çovğunlu gündə qardan əks olunan, gecə isə qarşadan gələn avtomobilin faralarından düşən gözqamaşdırıcı parıltılar çox narahat edir (a). Bəzən belə parıltılar fəlakətli nəticələnən yol-nəqliyyat hadisələrinə səbəb olur. Ona görə də həmin vaxtlar sürücülərə polyaroid eynəkdən istifadə etmək məsləhət görülür, çünki bu eynəklər ətrafın normal görüntüsünü təmin edir (b).

- Polyaroid eynək digər eynəklərdən hansı optik xüsusiyyəti ilə fərqlənir?



Təchizat: “İşığın dalğa xassələri” dəstindən iki polyaroid, proyektor (ışığı mənbəyi), ekran və altlıq.

İşin gedişi:

1. Projektor və ekranı altlığın diametral əks kənarlarında, polyaroidin birini isə onlar arasında yerləşdirin.
2. Projektoru işə salıb işıq şüasını polyaroidin üzərinə yönəldin və polyaroidi sağanaq içərisində gah bu, gah da digər istiqamətə fırladın (c). Ekranda alınan işıqlı dairənin parlaqlığının dəyişib-dəyişmədiyini izləyin.
3. Polyaroid ilə ekran arasında ikinci polyaroidi elə yerləşdirin ki, onların hər ikisinin dəstəyi şaquli yuxarıya yönəlmiş olsun. Sonra ikinci polyaroidi sağanaqda tədricən sağa (və ya sola) fırlatmaqla ekrandakı işıqlı dairə üzərində müşahidə aparın (d).



Nəticənin müzakirəsi:

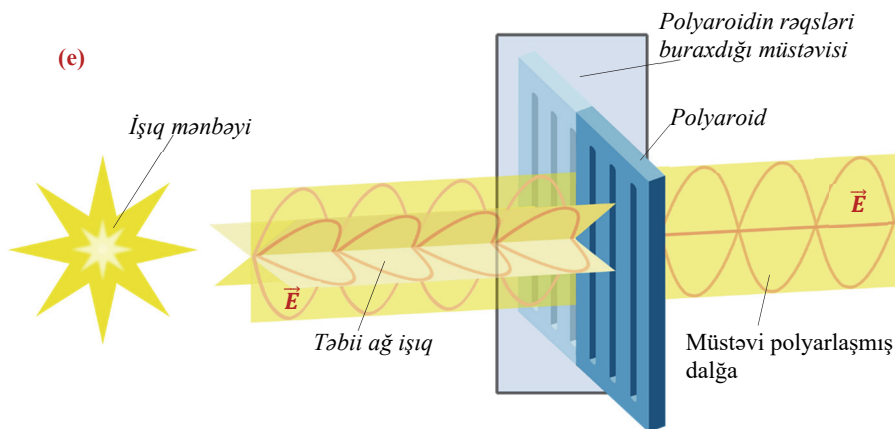
- Bir polyaroid ilə apardığınız təcrübədə işığın parlaqlığında müəyyən dəyişiklik müşahidə et-dinizmi?
- İki polyaroidlə apardığınız təcrübədə qeyri-adi nə müşahidə olundu? Həmin hadisənin başver-mə səbəbini necə izah etmək olar?

Maksvell nəzəriyyəsinin mühüm nəticələrindən biri işığın eninə elektromaqnit dalğası olmasıdır. Bu nəzəriyyəyə görə, elektromaqnit təbiətli işıq dəyişən elektrik və maqnit sahələrinin $\vec{E}$ və $\vec{B}$ vektorlarının fəzada yayılan rəqsidir. Həmin rəqslər təbii işıq dalğalarında həm bir-birinə, həm də yayılma sürətinə perpendikulyar müstəvilər üzrə bütün istiqamətlərdə yayılır (e); məsələn, Günəşin şüalandırdığı ağ işıq təbii işıq dalğasıdır.

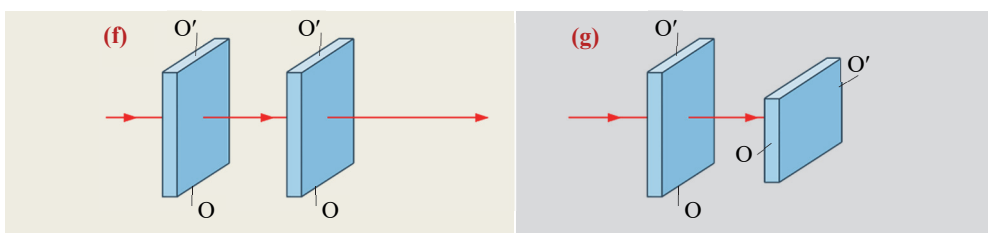
İnterferensiya və difraksiya hadisələri həm eninə, həm də uzununa dalğalarda müşahidə edildiyindən işıq dalğasının eninə olduğunu təcrübi olaraq müəyyən etmək mümkün deyildir. Lakin elə optik hadisə vardır ki, onun köməyi ilə işıq dalğasının eninə elektromaqnit dalğası olduğu müəyyən edilə bilər. Həmin hadisə işığın *polyarlaşması*dır.

• *Polyarlaşmış işıq təbii işığın tərkibindən xüsusi qurğu vasitəsilə ayrılmış və müəyyən müstəvidə $\vec{E}$ vektorunun rəqslərinin üstünlük təşkil etdiyi hissəsidir* (bax: e).

İşığı polyarlaşdıran həmin qurğulardan biri turmalin kristalıdır. Turmalin lövhə-lər ilə aparılan təcrübələrdən biri belədir: lövhənin səthinə perpendikulyar istiqamət-də ağ işıq şüası yönəldilir. İlk baxışdan elə görünür ki, ondan keçən işıq dəyişmir. Əslində isə turmalin kristalı elə işıq dalğasını keçirir ki, onun $\vec{E}$ vektoru müəyyən M müstəvisində rəqs edir (bax: e). Deməli, kristal lövhədən müstəvi polyarlaşan işıq şüası keçir. Belə lövhə *polyaroid* adlanır. İşığın həqiqətən polyarlaşdığını yoxlamaq üçün polyaroiddən keçən işığın qarşısına ikinci belə lövhə – *analizator* qoyulur.



Məlum olur ki, polyaroidlə analizatorun OO' oxları paralel olduqda işıq hər iki lövhədən tam keçir (f). Lövhələrin oxları arasındakı bucaq $0^\circ < \alpha < 90^\circ$ arasında dəyişərsə, onlardan keçən işığın intensivliyinin azaldığı – işığın qismən keçdiyi müşahidə olunur. Lakin lövhələrin OO' oxları bir-birinə perpendikulyar olduqda işıq analizatordan keçmir (g).



TƏTBİQETMƏ

ARAŞDIRMA

2

Dalğaların polarlaşmasının modelləşdirilməsi

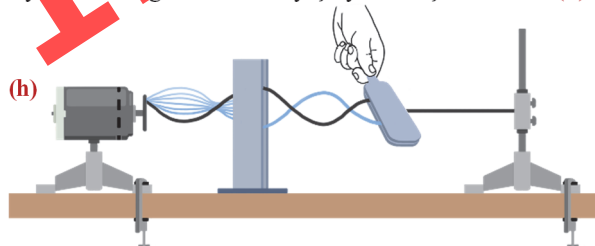
Təchizat: reduktorlu kiçik elektrik mühərriki, rezin qaytan, kəsiyi olan qutu (2 ədəd), ştativ.

İşin gedişi:

1. Rezin qaytanı kəsiyi olan qutudan keçirib bir ucunu mühərrikin diskinə, digər ucunu isə ştativə bağlayın. Həm mühərriki, həm də ştativi masaya bərkidin.
2. Mühərriki işə salın və qaytada yaranan müxtəlif istiqamətli rəqslərin kəsikdən – “polyaroid”dən necə keçməsinə diqqət yetirin.
3. Qaytada yaranan dalğanın yolu üstündə ikinci qutu – “analizator” yerləşdirin. Təcrübəni analizator ilə polyaroid kəsikləri arasında bucağı $0^\circ < \alpha < 90^\circ$ arasında dəyişməklə təkrarlayın. Qaytada yaranan dalğanın necə dəyişdiyini müşahidə edin (h).

Nəticənin müzakirəsi:

- “Polyaroid” qutudan qaytanın hansı rəqslərinin keçdiyini müşahidə etdiniz?
- İki qutu ilə apardığımız təcrübədən nə nəticəyə gəldiniz?



HƏYATLA ƏLAQƏLƏNDİRİN

Polyaroid filtri – fotoaparat və kinokameraların çox faydalı aksesuarıdır. Filtir peyzaj fotoqrafı üçün elə əhəmiyyətli vasitədir ki, demək olar, o, aparatın obyektivindən heç vaxt çıxarılmır. Polyaroid filtri ətraf mənzərənin parıltısını azaldır, su altındakı obyektlərin aydın görüntüsünü təmin edir.

- Polyaroid filtri mənzərənin aydın görüntüsünü necə təmin edir?
- Belə filtrlər daha harada tətbiq edilə bilər?



ÖZÜNÜZÜ QIYMƏTLƏNDİRİN

№	Suallar	Bilirəm		
		zəif	orta	yaxşı
1	Günəş şüası polyarlaşmış işıqdır mı? Niyə?			
2	Hansı işıq dalğaları polyarlaşmış işıq adlanır?			
3	Avtomobilin farasından çıxan işıq qaranlıqda sürücülərin gözünü qamaşdırmasın deyə həm faralar, həm də ön şüşə nazik polyaroid təbəqəsi ilə örtülür. Fara və ön şüşədəki polyaroidlərin polyarlaşma istiqamətinə görə necə səmtləşdirilir: eyni istiqamətdə, yoxsa bir-birinə nəzərən 90° bucaq altında?			
4	Əgər polyaroidlə aydın səmaya baxılarsa, polyaroidi fırlatmaqla ondan keçən işığın intensivliyinin azaldığını müşahidə etmək olar. Lakin polyaroidlə buluda baxılarsa, polyaroidin hər hansı istiqamətə fırladılmasında belə hadisə müşahidə olunmaz. Bunu nə ilə izah edərdiniz?			

NƏ ÖYRƏNDİNİZ? “İşıq dalğaları”nın anlayış xəritəsini qurun.

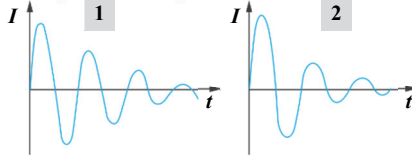
LAYIHƏ “Polyaroidlərin tətbiqi” mövzusunda referat yazın.

LAYIHƏ

3.1. Kondensator və sarğacdən ibarət sadə rəqs konturunda elektromaqnit rəqsləri alınmışdır. Konturdakı kondensatora elektrik tutumları eyni olan üç kondensator paralel birləşdirilərsə, dövrədəki elektromaqnit rəqslərinin periodu necə dəyişər?

3.2. Rəqs konturunda kondensatorun tutumu 2 mkF , sarğacın induktivliyi 80 mHn -dir. Konturda yaranan elektromaqnit rəqslərinin period və tezliyini təyin edin ($\pi = 3$).

3.3. Şəkildə iki sadə rəqs konturunda cərəyan şiddətinin rəqsləri verilmişdir. Hansı konturda məfillərin müqaviməti böyükdür?



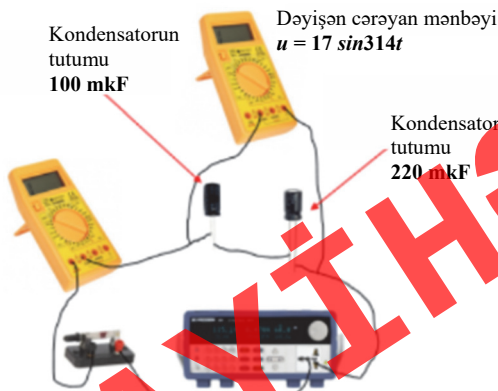
3.4. Rəqs konturunda yaranan elektromaqnit rəqslərinin tezliyi 50 kHs -dir. Kondensatorun lövhələri arasında məsafəni neçə dəfə böyütmək lazımdır ki, rəqs konturunda 120 kHs tezlikli rəqs yaransın?

3.5. Elektrik tutumu 5 mkF olan kondensatordan və induktivliyi 200 mHn olan sarğacdən ibarət sadə rəqs konturunda nə qədər müddətdən sonra elektrik enerjisi tamamilə maqnit enerjisinə keçər ($\pi = 3$)?

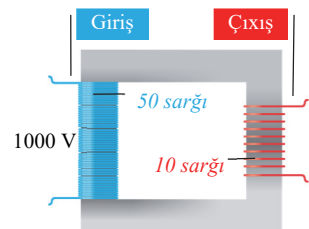
3.6. Dəyişən cərəyanın tezliyi 50 Hs , bu dövrədəki sarğacın induktivliyi $0,05 \text{ Hn}$, voltmetrin göstəricisi isə 210 V -dursa, dövrədəki cərəyan şiddəti nəyə bərabər olar ($\pi = 3$)?

3.7. İnduktivliyi $0,1 \text{ Hn}$ olan sarğac müqaviməti 25 Om olan rezistorla ardıcıl birləşdirilərək tezliyi 50 Hs olan dəyişən cərəyan mənbəyinə qoşulmuşdur. Sarğacın uclarında 120 V gərginlik olan anda ondan keçən cərəyan şiddətinin qiymətini təyin edin ($\pi = 3$).

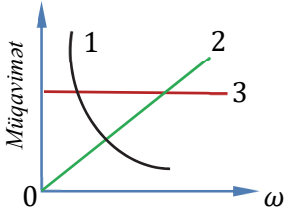
3.8. Şəkildə iki kondensator qoşulan dəyişən cərəyan dövrəsi verilmişdir. Şəklə əsasən multimetrlərin göstəricilərini və kondensatorlar sisteminin müqavimətini hesablayın.



3.9. Şəkildəki transformatorun çıxışında yaranan gərginliyi təyin edin.

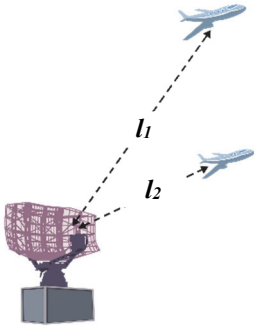


- 3.10. Şəkilə aktiv, tutum və induktiv müqavimətlərinin dəyişən cərəyan tezliyindən asılılıq qrafikləri təsvir edilmişdir. Bu asılılıqlar uyğun olaraq hansı rəqəmlə işarə edilmişdir.



- 3.13. İlk radio signalı 1895-ci ildə A.S.Popov tərəfindən 250 m məsafəyə göndərilmişdir. Göndərilən signal nə qədər müddətə həmin məsafəni qət etmişdir?

- 3.14. Radiolokator 1700 Hz tezlikli impuls rejimində işləyir. Hər bir impulsun davamətnə müddəti 0,8 mksan-dir. Radiolokator hansı ən böyük (l_1) və ən kiçik (l_2) məsafələrdə hədəfi təyin edə bilər?

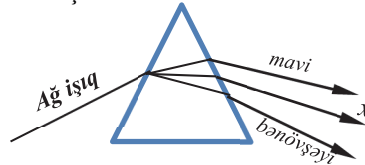


- 3.11. Ölkəmizdə istehsal olunan dəyişən cərəyanın tezliyi 50 Hz -dir. Su-elektrik stansiyalarında 24 cüt qütbü olan rotor dəqiqədə neçə dəfə fırlanmalıdır ki, həmin tezlik alınsın?

- 3.12. İnduktivliyi $0,1 \div 10 \text{ mHn}$ aralığında dəyişən sarğac və elektrik tutumu $50 \div 5000 \text{ pF}$ aralığında dəyişən kondensatordan ibarət olan radioqəbuledici hansı tezlik aralığında işləyir?

- 3.15. Bütün rənglər monoxromatik deyildir. Verilən rənglərdən monoxromatik olmayanı müəyyən edin: ağ, qırmızı, sarı, boz, göy, narıncı, qara, yaşıl.

- 3.16. Şəkilə x simvolu ilə hansı rəngli şüa işarə edilmişdir?



- 3.17. İki koherent dalğanın yollar fərqi 5λ olduğu nöqtədə alınan interferensiya maksimumunun tərtibini təyin edin.

- 3.18. Koherent dalğalar üçün düzgün ifadəni seçin:

- 1 – dalğa uzunluqları eynidir;
- 2 – tezlikləri fərqlidir;
- 3 – fazalar fərqi zamandan asılı olmayaraq sabitdir;
- 4 – dalğa uzunluqları fərqlidir;
- 5 – fazalar fərqi zamandan asılı olaraq dəyişir;
- 6 – tezlikləri eynidir.

- 3.19. Hər 1 mm məsafədə 500 cizgisi olan difraksiya qəfəsinin səthinə perpendikulyar olaraq dalğa uzunluğu 500 nm olan monoxromatik işıq düşür. Ekranı neçə tərtib spektr müşahidə olunur?

- 3.20. Difraksiya qəfəsinin görünən spektrinin ikinci və üçüncü tərtib dalğaları qismən bir-birini örtür. Üçüncü tərtib spektrdəki hansı uzunluqlu dalğa ikinci tərtib spektrdəki 700 nm uzunluqlu dalğaya uyğundur?

• ATOM FİZİKASI



- Optik disklərdə məlumatlar mikro dərinlikli spiralvarı cığırılara yazılır. Disk kompüterdə, yaxud lazer oxuducuda fırlanıqda lazer şüası həmin cığır üzrə sürüşür. Bu zaman cığırın səthindən qayıdan şüalar xüsusi qurğunun üzərinə düşür. Orada **fotoeffekt hadisəsi** baş verir – işıq şüası elektrik siqnallarına çevrilir. Həmin siqnallar kompüterdə yenidən görüntülü və səsli məlumatlara çevrilir. Fotoeffekt kosmik gəmilərdə, metroda və s. sahələrdə geniş tətbiq olunur.

- “Fotoeffekt hadisəsi” nədir?
- Bu hadisənin fizika elmi ilə nə əlaqəsi var?

- Yerin müəyyən ərazisində nüvə sınaqlarının keçirilib-keçirilmədiyini yoxlamaq üçün ən etibarlı üsul həmin ərazidə radioaktiv sezium $^{137}_{55}\text{Cs}$ və stronsium $^{90}_{38}\text{Sr}$ izotoplarından ibarət radioaktiv çirklənmənin aşkar edilməsidir. Bu izotoplar 1945-ci ildə nüvə silahı tətbiq edilənə qədər təbiətdə mövcud olmayıbdır. Məsələn, 1986-cı ildə Çernobil AES-də qəza partlayışının baş verməsi nəticəsində 200 000 km² ərazi – Belarus, Ukrayna və Rusiyanın 70% ərazisi radioaktiv çirklənməyə məruz qalmışdır.

Ən çox çirklənən meşələr oldu. Belə ki, radioaktiv sezium-137 izotopu meşələrdə fasiləsiz dövr etdiyindən indi də meşə məhsullarını – göbələk və giləmeyvələri, ov heyvanlarının ət və süd məhsullarını qəbul etmək təhlükəlidir.

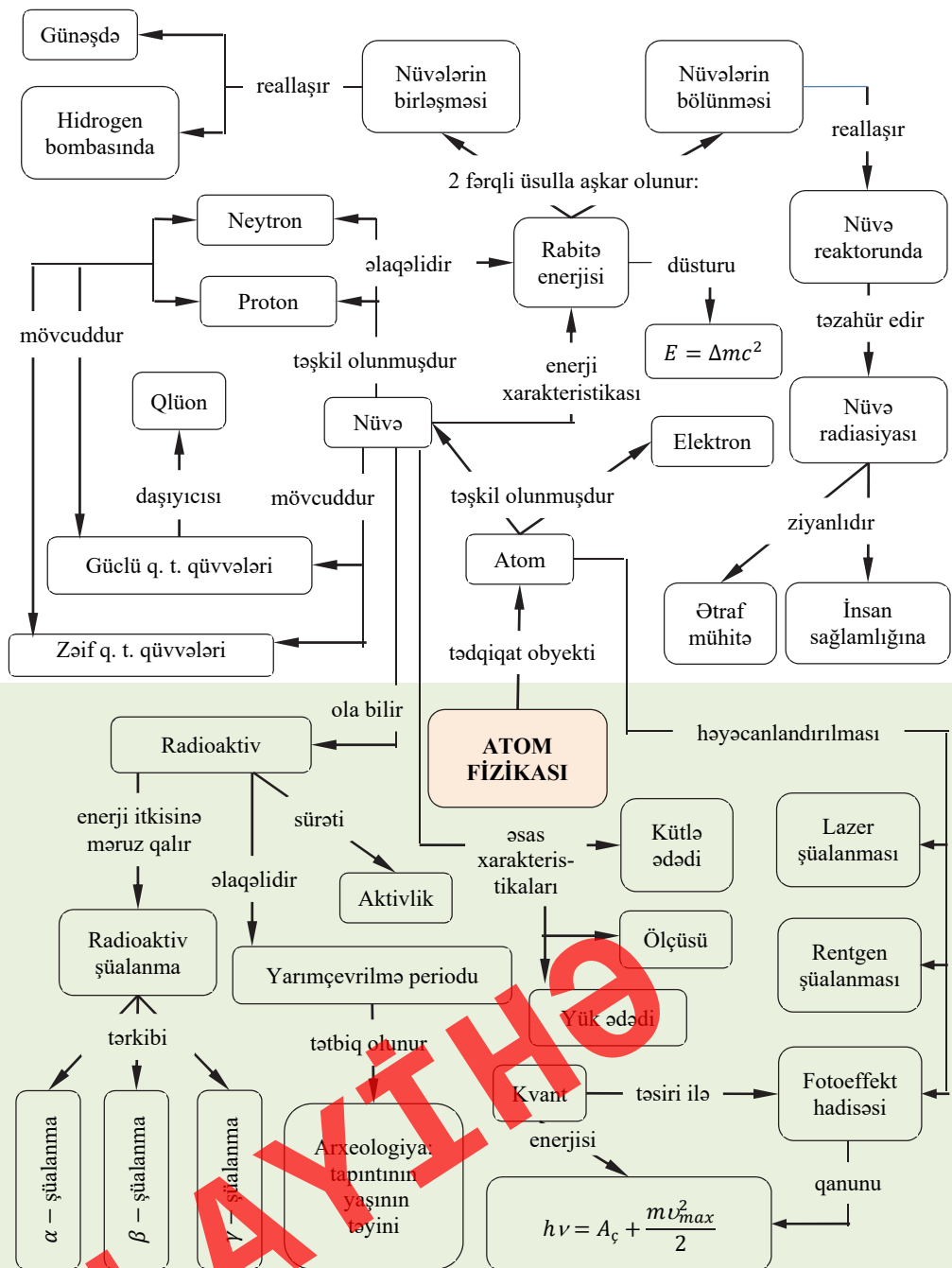
- Niyə nüvə sınaqlarından sonra ətraf ərazidə sezium-137 və stronsium-90 izotopları yaranır?



- 2008-ci ildə əsas halqasının uzunluğu 26,659 km olan Böyük adron kollayderinin (BAK) tikintisi başa çatdı. 10 milyard avroya başa gələn BAK-da ümumi enerjisi 7 TeV olan sürətləndirilmiş protonların toqquşdurulması həyata keçirildi. Nəticədə BAK daxilində temperaturu Günəş nüvəsindəki temperaturdan minlərcə dəfə böyük istilik almaq mümkün oldu.

- Niyə külli miqdarda vəsaitə başa gələn belə eksperiment aparılır?
- Alimlər bununla nəyə nail olmaq istəyirlər?

Fəslin "Anlayışlar xəritəsi"



4.1. ELEKTROMAQNİT ŞÜALANMASININ KVANT TƏBİƏTİ. FOTON

• KEÇDİKLƏRİNİZİ XATIRLAYIN •

Fizika – 8, 9 və 10

• *Cisim üzərində mexaniki iş görüldükdə onun daxili enerjisi artır, cisim özü iş gördükdə isə onun daxili enerjisi azalır.*

• *İstiliyin isti cisimdən (və ya cismin hissəsindən) soyuq cismə (və ya cismin hissəsinə) verilməsi prosesi **istilikvermə** adlanır.*

İstilikvermənin 3 növü var: *istilikkeçirmə, şüalanma və konveksiya*. Konveksiyada cismin hissələri arasında maddə və enerji daşınması baş verir. İstilikkeçirmə və şüalanma isə enerji daşınmasıdır.

• *Enerjinin cismin bir hissəsindən digər hissəsinə, yaxud bir-birinə toxunan bir cisimdən digərinə verilməsi prosesi **istilikkeçirmə** adlanır. Bu zaman iki cismin temperaturları bərabərləşdikdə deyil ki, onlar arasında istilik tarazlığı yaranır.*

• *Şüalanma – enerjinin bir cisimdən digərinə şüalar (görünən və ya görünməyən) vasitəsilə verilməsidir. Yer planeti üçün ən böyük təbii şüalanma mənbəyi olan Günəş həm işıq, həm də istilik şüalandırır.*

Cisimdən şüalanan enerji digər cisimlərin səthinə çatdıqda onun bir hissəsi həmin səth tərəfindən udulur, digər hissəsi isə əks olunur. Cisim şüalanan enerjini udduqda onun daxili enerjisi artır və o qızır. Tünd və açıqrəngli səthlər müxtəlif şüaudma qabiliyyətinə malikdir. Belə ki, tünd-qara rəngli səthlər enerji şüalarını daha yaxşı udur, açıqrəngli səthlər isə, əksinə, şüaları daha yaxşı əks etdirir. Cisimlərin şüalanması və şüaudması onların təşkil olunduqları atomun quruluşu ilə izah edilir. Atomun quruluşuna dair Rezerfordun təklif etdiyi planetar modelə görə, atomun mərkəzində müsbət yüklü nüvə yerləşir. Elektronlar isə nüvə ətrafında dairəvi orbitlər üzrə hərəkət edir. Lakin bu model atomun davamlı mövcud olmasını izah edə bilmədi, çünki klassik fizikaya görə, dairəvi orbitlər üzrə hərəkət edən elektron enerji şüalandırmalıdır. Bu halda elektron get-gedə aşağı orbitlərə keçməli və nəhayət, nüvə üzərinə düşməlidir – atomun varlığına son qoyulmalıdır. Əslində isə atom sistemi davamlı olaraq mövcuddur. Rezerfordun izah edə bilmədiyi bu çətin vəziyyətdən çıxış yolunu 1913-cü ildə dənizmarkalı alim Nils Bor iki postulatı ilə göstərdi:

Birinci postulat: *atomlar yalnız hər birinə müəyyən enerji uyğun gələn xüsusi stasionar hallarda və ya kvant hallarında ola bilər. Stasionar halda atom elektromagnit dalğaları şüalandırmır və udmur.*

İkinci postulat: *atom böyük enerjili stasionar haldan kiçik enerjili stasionar hala keçdikdə şüalanma baş verir. Bu zaman elektron uzaq orbitdən nüvəyə yaxın orbitə keçir. Əksinə, atom enerji udduqda kiçik enerjili stasionar haldan böyük enerjili stasionar hala keçir. Bu zaman elektron nüvəyə yaxın orbitdən uzaq orbitə keçir.*

■ Stəkana tökülən su ilk baxışdan kəsilməz formaya malikdir – o, şırımaq formasında axır və istənilən zaman bu axını dayandırmaq olur.

Bəs şəkər tozu necə, o da kəsilməzdirmi? İlk baxışdan bəli, çünki onu da su kimi istənilən qədər götürüb-boşaltmaq olur. Lakin əgər ayrı-ayrı şəkər kristallarını qarışqalar yuvalarına daşıyarsa, bu halda şəkər tozu diskretdir, yəni ayrı-ayrı kiçik hissələrdən ibarətdir. Deməli, ixtiyari cisim verilmiş şəraitdən asılı olaraq həm kəsilməz, həm də diskret ola bilər. Əslində, hamı bilir ki, bütün cisimlər, o cümlədən su da diskretdir – atom və molekullardan təşkil olunmuşdur.



• **Maraqlıdır, görə-sən, şüalanma prosesi kəsilməzdir, yoxsa diskret?**



Pərlərin öz-özünə fırlanmasına səbəb nədir?

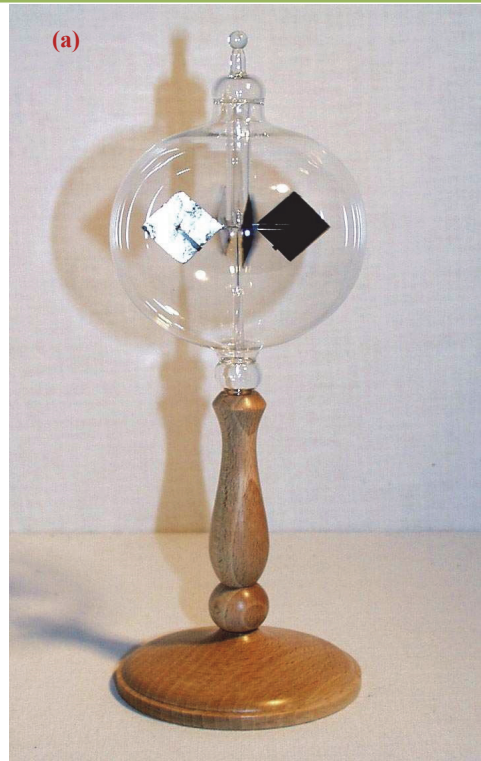
Təchizat: *Kruks radiometri* – o, havası çıxarılmış şüşə balondan ibarətdir. Balon iti ucluq üzərində sərbəst fırlana bilən 4 nazik və yüngül metal pərlə (lövhə ilə) təchiz edilmişdir (a).

İşin gedişi:

1. Radiometri sinifdə Günəş şüaları düşən pəncərədə yerləşdirin və baş verən hadisəni izləyin.
2. Radiometri pəncərədən kənarlaşdırıb Günəş şüaları düşməyən masa üzərində yerləşdirin və müşahidələrinizi davam etdirin.

Nəticənin müzakirəsi:

- Təcrübədə nə müşahidə etdiniz?
- Araşdırmadan hansı nəticəyə gəlmək olar?



Plank fərziyyəsi. Alimlər maddə ilə şüalanma arasında istilik tarazlığı şərtlərini araşdırdıqda nəzəriyyə ilə təcrübə arasında çox ciddi fərq aşkar etdilər. Belə ki, Maksvellin elektromaqnit nəzəriyyəsinə əsaslanan hesablamalar göstərdi ki, maddə ilə şüalanma arasında *istilik tarazlığı yalnız mütləq sıfır temperaturunda* (-273°C -də) *mövcud ola bilər*. Bu o deməkdir ki, əgər cismin temperaturu mütləq sıfırdan yüksəkdirsə, o, mütləq sıfıra qədər soyuyanaqədər öz daxili enerjisini fasiləsiz olaraq elektromaqnit sahəsinə verməlidir – elektromaqnit dalğası şüalandırılmalıdır. Əgər belə olsa idi, kainatdakı bütün cisimlər, o cümlədən Günəş çoxdan öz daxili enerjisini elektromaqnit sahəsinə verib -273°C -yə qədər soyumalı idi.

Təcrübə isə təkzibedilməz dəlillərlə sübut etdi ki, maddə ilə şüalanma arasında istilik tarazlığı bütün temperaturlarda *mövcuddur*. Belə tarazlıq cismin elektromaqnit dalğası şüalandırması və udması *nəticəsində yaranır*.

1900-cü ilin dekabrında alman alimi Maks Plank (1858–1947) “Almaniya Fizika Cəmiyyəti”ndə çıxış edərək irəli sürdüyü yeni fərziyyə ilə eksperimentə zidd olan nəzəriyyədə ciddi düzəliş etdi.

Plank fərziyyəsi belədir:

• *Atomun elektromaqnit enerji şüalandırması kəsilməz deyil, diskret xarakter daşıyır. Şüalanma kvantlarla* (lat. “quantum” – say, miqdar) – *kiçik porsiyalarla baş verir*.

*Kvantın (sonralar o, **foton** adlandırıldı) enerjisi şüalanma tezliyi ilə mütənasibdir:*

$$E = h\nu. \quad (1)$$

Burada mütənasiblik əmsalı h – *Plank sabiti* adlanır. Dünyəvi sabit olan Plank sabitinin ədədi qiyməti təcrübədən təyin olunmuşdur: $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{C} \cdot \text{san}$.

A.Eynşteyn bu fərziyyəni belə əsaslandırdı ki, *diskretlik şüalanma* (və ya *udulma*) mexanizmindən deyil, *şüalanmanın* (və ya *udulmanın*) özünün diskret quruluşundan – yəni şüalanmanın kvantlardan (porsiyalardan) ibarət olmasından irəli gəlir.

Fotonun (kvantın) xassələri. Foton müasir təsəvvürlərə görə aşağıdakı xassələrə malikdir:

1. Foton atomda sərbəst halda mövcud deyil, o, atomun enerji səviyyəsinin dəyişməsi zamanı yaranır.
2. Foton yaşama müddətinə görə davamlı zərrəcikdir.
3. Foton bölünməz zərrəcikdir – onun tərkib hissəsi müəyyən olunmayıbdır.
4. Foton elektrik cəhətdən neytraldır və onun digər fotonlarla qarşılıqlı təsiri aşkarlanmayıbdır.
5. Fotonun istənilən hesablama sistemində hərəkət sürəti sabit olub işığın vakuumdakı sürətinə bərabərdir: $c = \text{const} \approx 3 \cdot 10^8 \text{m/san}$.

Fotonun sürəti onun enerjisindən asılı deyildir.

6. Foton impulsa malikdir. Nisbilik nəzəriyyəsinə görə fotonun impulsu:

$$p = \frac{E}{c} = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}. \quad (2)$$

Bu düstur işığın ikili (dualist) xassəyə malik olduğunu “qanuniləşdirir”: yəni işıq həm impulsa malik zərrəciklər (foton) seli, həm də λ uzunluğuna malik elektromagnit dalğasıdır. Beləliklə, (2) ifadəsi materiyanın fundamental qanunauyğunluğunu – dalğa və zərrəcik dualizmini təsdiqləyir.

Fotonun impulsa malik olduğunu təcrübə şəkildə ilk dəfə ingilis fiziki və kimyaçısı Vilyam Kruks (1832–1919) hazırladığı vakuum tərəzində müşahidə etmişdir. “**Kruks radiometri**” adlandırılan bu cihaz işıq fotonlarının impulsunun təsiri nəticəsində işləyir (bax: **a**).

7. Foton maddə ilə qarşılıqlı təsir zamanı udula, səpilə və yeni fotonun yaranmasına səbəb ola bilər.

8. Foton nüvə sahəsində elektron və pozitron cütünə çevrilə bilər:

$$\gamma \rightarrow e^{-1} + e^{+1}.$$

Bu çevrilmə isə materiyanın digər fundamental qanunauyğunluğunu, maddə ilə fiziki sahə arasında qarşılıqlı əlaqənin mövcudluğunu təsdiqləyir.

TƏTBİQETMƏ

ARAŞDIRMA

2

Kvantın enerjisi nəyə bərabərdir?

Məsələ. Dalğa uzunluğu $\lambda_l = 6 \cdot 10^{-7} \text{m}$ olan görünən işıq kvantının enerjisi nəyə bərabərdir ($h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{C} \cdot \text{san}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{m/san}$)?

Nəticənin müzakirəsi:

- Kvantın enerjisi ilə dalğa uzunluğu arasında hansı münasibət var? Onu necə təyin etdiniz?

HƏYATLA ƏLAQƏLƏNDİRİN

Nəzrin ilə Əhməd dərstdə müəllimin təqdim etdiyi belə bir sualı müzakirə edirdilər: “*Göyqurşağında görünən spektrin hansı rəngində fotonun enerjisi, impulsu və şüalanmanın dalğa uzunluğu böyükdür?*”

Nəzrin bənövşəyi şüadakı fotonun enerjisi ilə impulsunun, qırmızı şüanın isə dalğa uzunluğunun böyük olduğunu söylədi. Əhməd tam əksini qeyd etdi: o, bənövşəyi şüanın dalğa uzunluğunun, qırmızıda isə fotonun enerjisi ilə impulsunun böyük olduğunu bildirdi.

- Kim doğru söyləyir: Nəzrin, yoxsa Əhməd? Niyə?



ÖZÜNÜZÜ QIYMƏTLƏNDİRİN

№	Suallar	Bilirəm		
		zəif	orta	yaxşı
1	Kvantının enerjisi $6,626 \cdot 10^{-21} \text{C}$ olan şüalanmanın tezliyini və dalğa uzunluğunu təyin edin.			
2	Tezliyi $3 \cdot 10^{16} \text{Hz}$ olan ultrabənövşəyi şüalanma kvantının enerjisi nəyə bərabərdir?			
3	Sistemin şüalandırdığı minimum enerji necə adlanır?			
4	Fotonun impulsu hansı istiqamətə yönəlir?			
5	Ağ işıq hansı şüalanmasının kvantı ən kiçik, hansı kvantı ən böyük enerjiyə malikdir?			

NƏ ÖYRƏNDİNİZ? “Fotonun anlayış xəritəsi”ni qurun.

LAYIHƏ

4.2. FOTOEFFEKT. FOTOEFFEKT NƏZƏRİYYƏSİ

• KEÇDİKLƏRİNİZİ XATIRLAYIN •

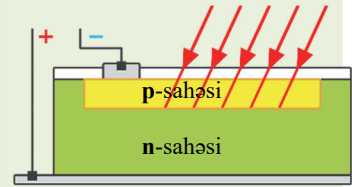
Fizika – 9 və 11

- Fotoelement – işıq enerjisini elektrik enerjisinə çevirən cihazdır.
- Yarımkəçirici fotoelement – tərkibinə aşqar əlavə edilməklə səthində p-tip keçiriciliyə malik sahə yaradılmış n-tip silisium kristalından ibarətdir.

p-n keçidinin kontaktlarında öz-özünə əks işarəli yüklər yaranır. Ona görə də bu kontaktlara qismüddətli cərəyan yaradan mənbə kimi baxmaq olar. Əgər p-n keçidi işıqlandırılırsa, orada yeni elektron-deşik cütləri yaranmaqla ekoloji təmiz cərəyan mənbəyi alınır; məsələn, günəş batareyası.

Qazı elektrik keçiricisi etmək üçün orada yükdaşıyıcılar – sərbəst elektronlar və ionlar yaradan mənbələr olmalıdır. Belə mənbələrdən biri ionlaşdırıcının təsiri ilə yaradılmış ionlardır. Müstəqil qaz boşalmasında güclü elektrik sahəsinin təsiri ilə böyük kinetik enerji alan bu ionlar katoda zərbələr endirərək onu öz səthindən elektronlar emissiya etməyə məcbur edir. Bu proses *zərbə ilə emissiya hadisəsi* adlanır. Beləliklə, müstəqil qaz boşalması zərbə ionlaşması və katodun səthindən elektronların emissiyası vasitəsilə baş verir.

Vakuum borusundakı katodun qızdırılması nəticəsində elektronların termoelektron emissiyası baş verir. Bu elektronlar anodla katod arasına verilən onlarca kilovolt gərginlik hesabına yaradılan sahənin təsiri ilə sürətləndirilir. Sürətlənmiş elektronlar anodla toqquşduqda onlar kəskin tormozlanır və bu zaman rentgen şüalanması (*X-ray radiation*) baş verir.



■ Metrokartda kifayət qədər balans olmadıqda turniket keçidi qapayır. Lakin balans kifayət etdikdə isə turniket keçidi açır və biz metroya daxil oluruz. Deyirlər ki, turniket və ona oxşar qurğuların elektrik dövrəsi işıq və kölgənin təsiri ilə qapanıb açıla bilər.



● Metro turniketi və ona oxşar qurğuların elektrik dövrəsinin işə düşməsinə işıq necə təsir edə bilər?

ARAŞDIRMA

1

İşıq şüasının təsiri ilə elektrik cərəyanı necə yaranır?

Təchizat: elektrik qövs boşaldıcısı, adi közərmə lampalı işıqlandırıcı, elektrometr, ebonit və şüşə çubuq, yun və ya ipək parça, sink və ya mis lövhə, şüşə lövhə (a).

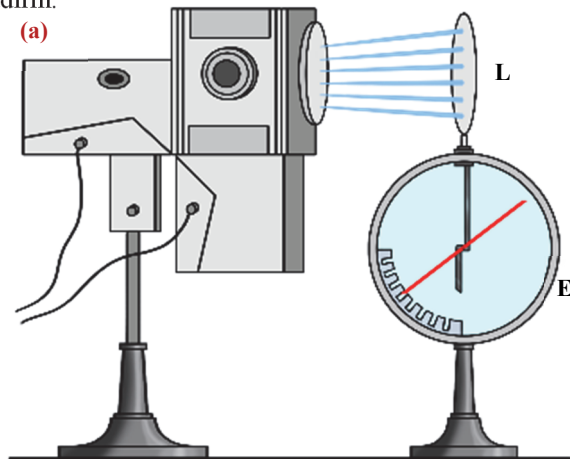
İşin gedişi:

1. Elektrometrin təchiz olunduğu sink lövhəni mənfəi yüklə elektricləndirin (yun parçaya sürülən ebonit çubuqla).
2. Qövs boşaldıcısının şüalarını lövhənin səthinə yönəldin və baş verən hadisəni müşahidə edin.

3. Sink lövhəni yenə mənfi yüklə elektricləndirin və onu tədricən boşaldıcıya yaxınlaşdırın. Müşahidənizi davam etdirin.
4. Boşaldıcının şüaları ilə mənfi yüklü sink lövhəsi arasında şüşə lövhə yerləşdirib təcrübəni və müşahidənizi davam etdirin.
5. Mənfi yüklənmiş sink lövhənin səthini adi közərmə lampası ilə işıqlandırın və müşahidənizi davam etdirin.
6. Sink lövhəni müsbət yüklə elektricləndirib (ipək parçaya sürtülən şüşə çubuqla) təcrübəni təkrarlayın və müşahidənizi davam etdirin.
7. Elektrometri mis lövhə ilə təchiz edib onu da mənfi yüklə elektricləndirməklə təcrübəni və müşahidənizi davam etdirin.

Nəticənin müzakirəsi:

- Mənfi və müsbət yüklə elektriclənən sink lövhənin səthini qövs boşaldıcısı ilə şüalandırıqda nə müşahidə etdiniz?
- Bu müşahidələrdən hansı nəticəyə gəlmək olar?
- Mənfi yüklü lövhəni adi görünən işıqla şüalandırıqda nə müşahidə olundu?
- Bəs bu müşahidədən hansı nəticəyə gəlmək olar?
- Mənfi yüklü lövhəni qövs boşaldıcısının şüşədən keçirilən şüaları ilə işıqlandırdıqda fərqli nə müşahidə etdiniz?
- Bu təcrübə nəyi sübut etdi?
- Mənfi yüklü lövhəni qövs boşaldıcısına yaxınlaşdırdıqda nə baş verdi?
- Gördüklərinizdən nə nəticəyə gəldiniz?
- Təcrübəni mis lövhə ilə təkrarladıqda nə müşahidə olundu?
- Bu təcrübədən nə nəticə çıxarmaq olar?



Fotoeffektin eksperimental təsdiqi. Araşdırmadan müəyyənləşdirdiniz ki, görünən işığın ultrabənövşəyi diapazonundakı şüaları (şüşə lövhə ultrabənövşəyi şüaları buraxmır) metaldan elektronları qopara bilmək xassəsinə malikdir. Bu araşdırmanı ilk dəfə 1887-ci ildə alman alimi Henrix Hers (1857–1894) apararaq *fotoeffekt hadisəsini* aşkar etmişdir.

• *İşığın təsiri ilə maddədən elektronların qopması hadisəsi fotoeffekt (və ya fotoelektrik effekti) adlanır.*

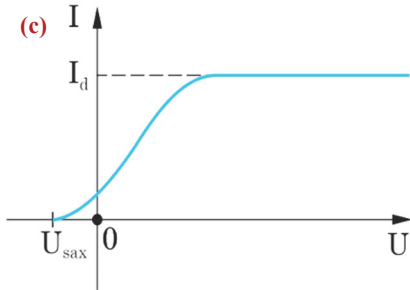
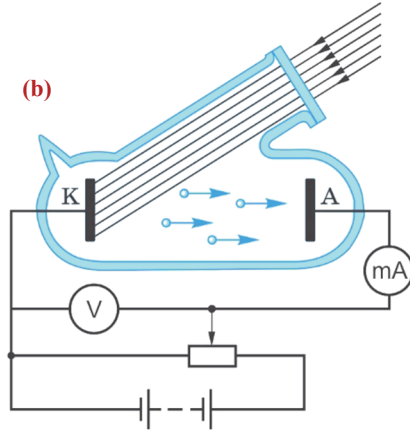
İşığın təsiri ilə maddənin (məsələn, metalın) səthindən qopan elektronlar *fotoelektronlar*, onların yaratdığı cərəyan isə *foto-cərəyan* adlanır.

Fotoeffektin bir neçə növü müəyyən olunmuşdur; bunlar *xarici, daxili, ventill* və s. *fotoeffektlərdir*.

• *Xarici fotoeffekt* – işığın təsiri ilə maddənin səthindən fotoelektronların xarici fəzaya çıxmasıdır.

• *Daxili fotoeffekt* – işığın təsiri ilə maddəni (yarımkeçirici və dielektrik) təşkil edən atomlardan elektronların qoparaq sərbəstləşməsi və beləliklə, maddə daxilində keçirici elektron və dəşiklərin yaranmasıdır.

• *Ventil fotoeffekt* – işığın təsiri ilə iki müxtəlif yarımkeçirici, yaxud yarımkeçirici-metal kontaktında EHQ-nin yaranmasıdır.



Fotoeffektin başvermə qanunauyğunluqlarını təcrübi olaraq 1888–1890-cı illərdə rus alimi Aleksandr Stoletov (1839–1896) *vakuum fotoelementinin* köməyi ilə müəyyən etdi (b). Vakuum fotoelementi – içərisindən havası çıxarılmış şüşə balondan ibarətdir. Balon katod (K) və anodla (A) təchiz edilmişdir. İşıq şüası katodun üzünə düşərək onun səthindən fotoelektronları qoparır. Qopan elektronların bəziləri anoda çataraq katodla anod arasında fotocərəyan yaradır. Fotocərəyan milliampermetrlə, elektrodlar arasındakı gərginlik isə voltmetrlə ölçülür (bax: b). Bu təcrübə nəticəsində vakuum fotoelementinin VAX-ı alınmışdır (c). Qrafikdən görünür ki, katodla anod arasındakı potensiallar fərqi müsbətdirsə və kifayət qədər böyükdürsə, fotocərəyan şiddəti də doyma qiymətinə (I_d) qədər artır. Deməli, bu halda fotoelektronların hamısı anoda çatır.

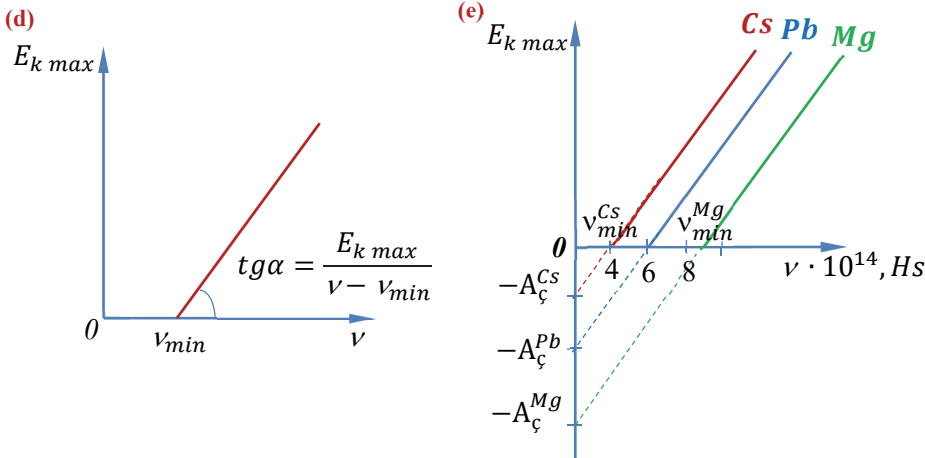
Əgər elektrodlar arasındakı potensiallar fərqi mənfidirsə (katodun cərəyan mənbəyinin müsbət, anodun isə mənfi qütbünə birləşdirildiyi hal) və modulca *saxlayıcı gərginlik* (U_{sax}) adlanan qiymətindən böyükdürsə, fotocərəyan şiddəti sıfıra bərabərdir. Bu onunla izah edilir ki, qopan fotoelektronların kinetik enerjisi mənfi qütblü anodun Kulon itələyici qüvvəsini dəf etməyə kifayət etmir. Belə halda enerjinin saxlanması qanununa və gərginliklə elektrik sahəsinin işi arasındakı əlaqəyə əsasən fotoelektronların maksimal kinetik enerjisi ilə saxlama gərginliyi arasında qanunauyğunluğu müəyyən etmək olar:

$$\frac{mv_{max}^2}{2} = eU_{sax}. \quad (1)$$

Aparılan çoxsaylı təcrübələrdən fotoeffektin aşağıdakı qanunları müəyyən edildi:

1. İşığın metalın səthindən bir saniyədə qopardığı fotoelektronların sayı işığın udulan enerjisi (intensivliyi) ilə mütənasibdir.
2. Fotoelektronların maksimal kinetik enerjisi düşən işığın tezliyinin artmasından asılı olaraq xətti artır və işığın intensivliyindən asılı deyildir (d).
3. Hər bir maddə üçün tezliyin minimum qiyməti (ν_{min}) mövcuddur ki, düşən işığın tezliyinin qiyməti bu qiymətdən kiçik olarsa, fotoeffekt baş vermir (bax: d).

Hər maddənin özünəməxsus ν_{min} tezliyi vardır. Həmin tezlik **fotoeffektin qırmızı sərhəd tezliyi** adlanır (verilmiş metal üçün qırmızı rəngə uyğun tezlik ən kiçik olduğu üçün belə adlandırılır).



Fotoeffektin nəzəriyyəsi. Fotoeffektin nəzəri izahını Plank fərziyyəsindən istifadə edərək A.Eynşteyn verdi. Eynşteynin ideyasına görə, fotoeffekt hadisəsində hər bir elektronu bir foton (ışq kvantı) qoparır. Belə ki:

• Elektron foton “udaraq” onun $E = h\nu$ enerjisini qəbul edir. Bu enerji elektronun metaldan çıxış işinə və ona maksimal kinetik enerjinin verilməsinə sərf olunur:

$$h\nu = A_{\text{ç}} + E_{k \max} \text{ və ya}$$

$$h\nu = A_{\text{ç}} + \frac{m\nu_{\max}^2}{2}. \quad (2)$$

Eynşteyn tənliyi fotoeffektin qanunlarını və hər maddə üçün qırmızı sərhədin mövcud olduğunu izah edir (**cədvəl 4.1**). Belə ki, çıxış işi maddənin növündən asılı olduğuna görə müxtəlif maddələr üçün qırmızı sərhəd tezliyi də müxtəlifdir (**e**):

$$\nu_{\min} = \frac{A_{\text{ç}}}{h}. \quad (3)$$

(1) düsturunda (2) və (3) ifadələri nəzərə alınarsa, hər bir metal üçün saxlayıcı gərginliyin tezlikdən asılılığını müəyyən etmək olar:

$$U_{\text{sax}}(\nu) = \frac{h}{e}(\nu - \nu_{\min}). \quad (4)$$

Beləliklə, fotoeffekt hadisəsi işığın korpuskulyar (zərrəcik) təbiətini təsdiq etdi. Məlum oldu ki, işıq yayılarda dalğavi təbiəti meydana çıxır – işığın dispersiya, difraksiya, interferensiya və polarlaşma hadisələri bunu sübut etdi. Lakin fotoeffekt hadisəsi sübut etdi ki, maddə ilə qarşılıqlı təsirdə olan işıq porsiyalarla – hər birinin enerjisi $h\nu$ olan kvantlarla udulur və şəalanır. Buna görə deyilir ki, işıq **dualizmə** – **dalğa və zərrəcik xassəsinə** malikdir.

A.Eynşteyn fotoeffekt qanunlarının nəzəriyyəsinin izahına görə 1921-ci ildə Nobel mükafatına layiq görülmüşdür.

Cədvəl 4.1. Bəzi maddələrin fotoelektrik xarakteristikası

Maddə	$A_{\text{çix}}, eV$	$\nu_{\text{min}} \cdot 10^{-14}, Hz$	λ_{max}, nm
Seziyum	1,9	4,6	650
Kalium	2,2	5,3	560
Natrium	2,3	5,6	540
Kalsium	2,7	6,5	460
Sink	3,7	8,9	340
Gümüş	4,3	10	260
Volfram	4,5	11	280
Nikel	5,0	12	250
Platin	5,3	13	230

TƏTBİQETMƏ

ARAŞDIRMA

2

Fotoeffektin qırmızı sərhəd dalğa uzunluğunu təyin edin

Məsələ 1. Elektronun müəyyən metaldan çıxış işi 4,76 eV-dir. Bu metal üçün fotoeffektin qırmızı sərhəd dalğa uzunluğu nəyə bərabərdir?

Nəticənin müzakirəsi:

- Fotoeffektin qırmızı sərhəd dalğa uzunluğunu necə təyin etdiniz?

HƏYATLA ƏLAQƏLƏNDİRİN

Məsələ 2. İnsan gözüne 1 san-də neçə foton düşər? Göz dalğa uzunluğu 0,5 mkm və gücü $1,8 \cdot 10^{-16} Vt$ olan işıq şüalarını hiss edir ($h = 6,6 \cdot 10^{-34} C \cdot san$).

İPUCU

1. Işığın korpuskulyar nəzəriyyəsinə görə N fotondan ibarət şüalanma enerjisi:
 $E = Nh\nu$.

2. Şüalanmanın gücü: $P = \frac{E}{t}$.

ÖZÜNÜZÜ QIYMƏTLƏNDİRİN

№	Suallar	Bilirəm		
		zəif	orta	yaxşı
1	Vakuum fotoelementində fotocərəyən hansı istiqamətdədir: katoddan anoda, yoxsa əksinə?			
2	Fotoeffekt üçün Eynşteyn tənliyindən fotoelektronun maksimal sürətinin hesablanma düsturunu yaza bilərsinizmi?			
3	Fotoeffekt üçün Eynşteyn tənliyinin enerjinin saxlanması qanununa əsaslandığını isbat edin.			
4	İsbat edin ki, Plank sabiti üçün $h = t g \alpha$ bərabərliyi doğrudur.			
5	Saxlayıcı gərginliyin fiziki mahiyyəti nədir və onun qiyməti nədən asılıdır?			

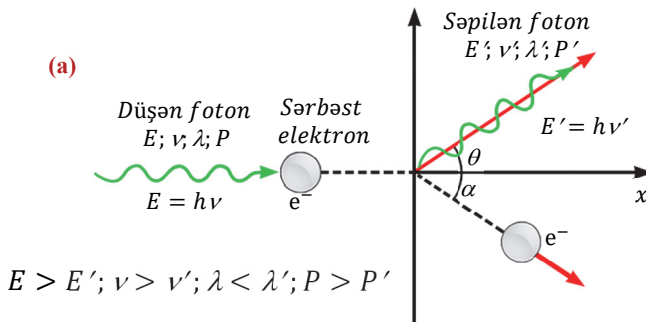
NƏ ÖYRƏNDİNİZ? "Fotoeffektin anlayış xəritəsi"ni qurun.

4.3. KOMPTON EFFEKTİ VƏ DE BROYL DALĞALARI (Təqdimat dərsləri)

Təqdimat üzərində işləyərkən aşağıda təqdim olunan qısa nəzəri materialdan və elektron ünvanlarından istifadə edə bilərsiniz.

1. Qısa nəzəri material.

1.1. Kompton effekti. ABŞ fiziki Artur Kompton (1892–1962) 1923-cü ildə işığın korpuskulyar təbiətə malik olduğunu və fotonların impulslarının varlığını təsdiqləyən bir fiziki hadisəni apardığı eksperimentlərdə aşkar etmişdir. O, yüksək enerjili rentgen şüalarının yüngül atomlardan (məsələn, hidrogen, karbon, bor, alüminium və s.) təşkil olunmuş maddələrdən səpilməsini tədqiq edərkən belə bir fakta diqqət yetirdi ki, səpilmə nəticəsində bu şüaların dalğa uzunluğu dəyişir. Belə ki, səpilən şüaların içərisində düşən λ dalğa uzunluqlu şualardan başqa, dalğa uzunluğu $\lambda' > \lambda$ olan şualar da mövcuddur **(a)**.



Kompton effekti adlanan bu hadisəni işığın elektromaqnit dalğa nəzəriyyəsinə əsasən izah etmək olmur. Belə ki, bu nəzəriyyəyə görə, sükunətdə olan sərbəst elektronun üzərinə düşən elektromaqnit dalğasının təsiri altında elektron həmin dalğanın tezliyinə bərabər tezliklə rəqsi hərəkətə başlamalıdır. Rəqsi hərəkət edən elektron isə, öz növbəsində, düşən dalğanın tezliyinə bərabər tezliklə məcburi rəqs edərək eyni tezlikli ikinci elektromaqnit dalğası şüalandırmalıdır.

Əgər işığın $E = h\nu$ enerjisində və $p = \frac{E}{c}$ impulsuna malik fotonlar selindən ibarət olduğu fərz edilərsə, bu halda işığın sərbəst elektronlardan səpilmə prosesi foton ilə elektronun toqquşmasının nəticəsi kimi izah olunur. Belə ki, bu toqquşma zamanı foton öz enerjisinin bir hissəsini elektrona verdiyindən o həm öz enerjisini, həm də istiqamətini dəyişir. Beləliklə, işığın zərrəciklər seli təsəvvürlərinə əsasən Kompton effektindən aşağıdakı nəticələr çıxarılır:

1. Foton sərbəst elektronla elastik toqquşmaya məruz qalaraq ondan səpilir.
2. Səpilən fotonun enerjisi azaldığından enerji tənliyinə görə, $\nu > \nu'$ və

$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$ ifadəsindən enerjinin azalması, səpilən fotonun dalğa uzunluğunun artmasına səbəb olur: $\lambda < \lambda'$.

3. İmpulsun saxlanması qanunu ödənilir:

$$\vec{p} = \vec{p}' + \vec{p}_{\text{elektron}}.$$

4. Fotonun elektrondan səpilməsi prosesində onun dalğa uzunluğunun dəyişməsi düşən şüanın dalğa uzunluğundan asılı deyil, o yalnız fotonun səpilmə bucağı ilə təyin olunur: $\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = \frac{h}{mc}(1 - \cos\theta)$.

Burada m – elektronun kütləsi, θ – fotonun səpilmə bucağıdır (bax: **a**).

1.2. De Broyl dalğaları. 1923-cü ildə fransız fiziki de Broyl (1892–1987) fotonun dalğa-korpuskul dualizm xassəsinin maddənin bütün zərrəciklərinə – elektron, proton, neytron və atomlara da xas ola bilmə fərziyyəsini irəli sürür. Onun ideyasına görə, əgər hər bir zərrəcik $E = h\nu$ enerjisinə və $p = \frac{E}{c}$ impulsuna malikdirsə, bu halda həmin zərrəciyin hərəkətinə tezliyi $\nu = \frac{E}{h}$ və dalğa uzunluğu $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$ olan dalğa kimi baxıla bilər.

De Broylun nəzəri əsaslandırıdığı bu fərziyyə 1927–1928-ci illərdə aparılan eksperimentlərdə təsdiqləndi. Maddə zərrəciyi olan elektronun dalğa xassəsini aşkarlamaq üçün elə cihaz tələb olunurdu ki, onun həndəsi parametrləri elektron dalğasının uzunluğu tərtibində olsun; məsələn, əgər elektron $v = 4 \cdot 10^6 \text{ m/san}$ sürətlə hərəkət edərsə, onun dalğa uzunluğu:

$$\lambda = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \text{ C} \cdot \text{san}}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kq} \cdot 4 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{san}}} \approx 1,8 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

alınır. Dalğa uzunluğunun bu qiyməti kristal qəfəslərdə atomlararası məsafə tərtibindədir. Ona görə də aparılan eksperimentlərdə kristal qəfəsdən keçən elektron dəstəsinin interferensiya və difraksiyası aşkar edildi. Beləliklə, təbiətin ən mühüm qanunlarından biri – materiyanın dalğa-korpuskul xassəsinə malik olması həm nəzəri, həm də eksperimental olaraq təsdiqləndi.

2. Təvsiyə olunan elektron ünvanlar:

1. https://tr.wikipedia.org/wiki/Compton_olay%C4%
2. <http://ebooks.azlibnet.az/book/KnMcQv8u.pdf>
3. <http://static.bsu.az/w27/Magmuh/fim/vli-fim6.pdf>
4. <http://www.nkfu.com/compton-olayi-konu-anlatimi/>
5. <http://www.bilgicik.com/yazi/compton-olayi/>
6. <https://www.youtube.com/watch?v=qpK79imhUDw>
7. <https://www.youtube.com/watch?v=CbQ5rRjht0>
8. <https://www.youtube.com/watch?v=eBq4P-QrAfU>
9. <http://www.fizik.net.tr/site/compton-olayi/>
10. http://www.fencebilim.com/fizik/konular/compton_olayi.pdf

4.4. ATOMUN QURULUŞU HAQQINDA BORUN KVANT POSTULATLARI. ATOMUN ENERJİ SƏVİYYƏLƏRİ

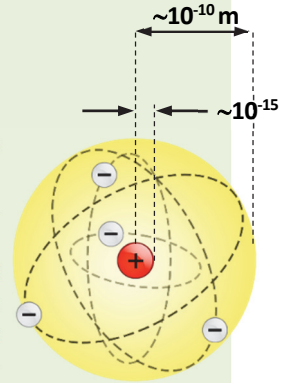
• KEÇDİKLƏRİNİZİ XATIRLAYIN •

Fizika – 9

Müsbət yük həmin kürənin bütün həcmi təşkil edir, mənfi yüklü elektronlar bu kürənin daxilində “keksdə kişmiş” kimi yerləşir. Lakin bu model radioaktivliyi, elektromaqnit hadisələrini və s.-ni izah edə bilmədi.

1910–1911-ci illərdə ingilis fiziki Ernest Rezerford (1871–1937) apardığı silsilə təcrübələrlə atomun tamamilə fərqli quruluşa malik olduğunu aşkar etdi. Rezerford modelinə görə, atom aşağıdakı quruluşa malikdir:

- Atomun, demək olar ki, bütün kütləsi ($\approx 99,96\%$) onun nüvəsində toplanmışdır. Nüvənin ölçüsü atomun ölçüsü ilə müqayisədə çox kiçikdir, onun diametri $\approx 10^{-15}$ m-dir.
- Atom nüvəsinin yükü $q_N = +Ze$ (e – elementar yükün kimyəvi elementlərin dövrü sisteminə Z sıra nömrəsi hasilinə bərabərdir).
- Nüvə ətrafında Kulon elektrik qüvvələrinin təsiri altında dairəvi orbitlər üzrə elektronlar hərəkət edir. Neytral atomda elektronların sayı Z olduğundan atomdakı elektronların ümumi yükü $q_e = -Ze$ -yə bərabərdir. Bu model Günəş sisteminə bənzədiyindən ona atomun planetar modeli də deyilir.



- Məlum olduğu kimi, elektrik yüklərinin ixtiyari təcillə hərəkəti elektromaqnit dalğalarının şüalanması ilə nəticələnir. Atomun quruluşuna aid Tomsonun “kişmişli keks” modelinə əsasən, elektron atomun bütün həcmi boyu rəqsi hərəkətdədir. Rezerfordun “planetar” modelinə əsasən, elektronlar nüvə ətrafında dövrə hərəkətdədir.

- Atomun hansı modelinə uyğun təsəvvürlərə görə o, elektromaqnit dalğası şüalandıra bilər?
- Təcillə hərəkət edən elektronların elektromaqnit şüalanması enerji daşınması ilə müşayiət olunduğu halda atom nə üçün dayanıqlıdır?
- Əgər atom sistemi dayanıqlı olmasaydı, enerji itkisi nəticəsində elektronlar necə hərəkət edərdi və nə baş verərdi?

ARAŞDIRMA

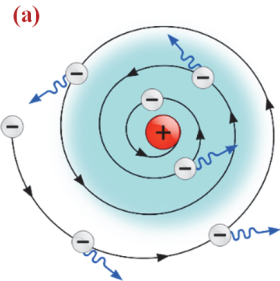
1

Atomun planetar modelinin çatışmayan cəhəti nədir?

Rezerford eksperimentə əsaslanan atomun planetar modeli haqqındakı ideyalarını 1911-ci ildə nəşr etdirməsinə baxmayaraq elm aləmi bu modeli ciddi qəbul etmədi. Səbəb də o idi ki, atomun Rezerford modelində elektronların hərəkət qanunu elektrodinamika qanunlarına ziddir. Bu ziddiyyətin əsas səbəbinin sxemi şəkildə təsvir edilmişdir (bax: a).

Nəticənin müzakirəsi:

- Təsviri diqqətlə nəzərdən keçirib bu ziddiyyəti müəyyən edin.



Borun kvant postulatları. 1913-cü ildə danimarkalı alim Nils Bor (1885–1962) Plankın işıq kvantları fərziyyəsinə əsaslanaraq atomun kvant nəzəriyyəsinə aid işlərini nəşr etdirdi. Bu nəzəriyyədə o, üç postulat əsasında atomun planetar modelinin çətinliklərini kvant təsəvvürləri əsasında aradan qaldırdı.

Borun birinci postulatında atomda elə halların mövcud olduğu əsaslandırılır ki, həmin hallarda təcillə hərəkət edən elektronlar elektromaqnit dalğaları şüalandırmır.

• **I postulat** – atom klassik fizika qanunlarına tabe olan hallarda deyil, xüsusi kvant (və ya stasionar) hallarda mövcud ola bilər. Hər bir kvant halı müəyyən E_n enerjisinə malikdir. Atom stasionar halında elektromaqnit dalğası şüalandırmır **(b)**.

Borun ikinci postulatında atomda işığın udulma və şüalanma prosesi izah edilir.

• **II postulat** – atom bir stasionar haldan digərinə keçdikdə enerjisi $h\nu_{mn}$ olan bir işıq kvantu şüalandırır və ya udur. Şüalanan və ya udulan kvantın enerjisi stasionar halların enerjiləri fərqiə bərabərdir:

$$h\nu_{mn} = E_m - E_n. \quad (1)$$

Buradan alınır ki, şüalanma tezliyi:

$$\nu_{mn} = \frac{(E_m - E_n)}{h} = \frac{E_m}{h} - \frac{E_n}{h}. \quad (2)$$

Atom böyük enerjili stasionar haldan kiçik enerjili stasionar hala keçdikdə şüalanma baş verir:

$$E_m < E_n.$$

Bu zaman elektron bir kvant şüalandıraraq uzaq orbitdən nüvəyə yaxın orbitə keçir **(c)**.

Atom bir işıq kvantu udduqda isə o, kiçik enerjili stasionar haldan böyük enerjili stasionar hala keçir:

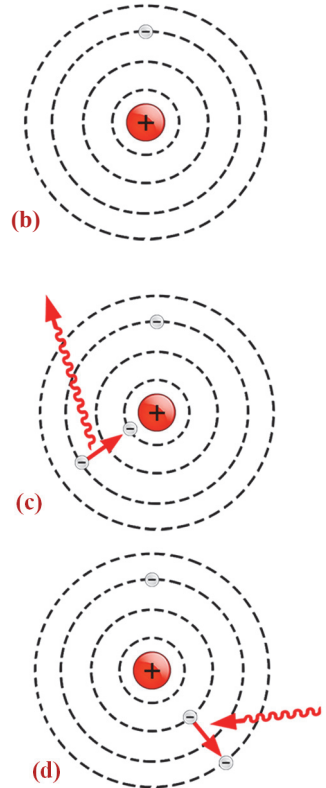
$$E_m > E_n.$$

Bu zaman elektron nüvəyə yaxın orbitdən uzaq orbitə keçir **(d)**.

Atomun enerji səviyyələri. Bor hidrogen atomunun stasionar hallarının enerjisi üçün aşağıdakı düsturu müəyyən etdi:

$$E_n = -\frac{E_0}{n^2}. \quad (3)$$

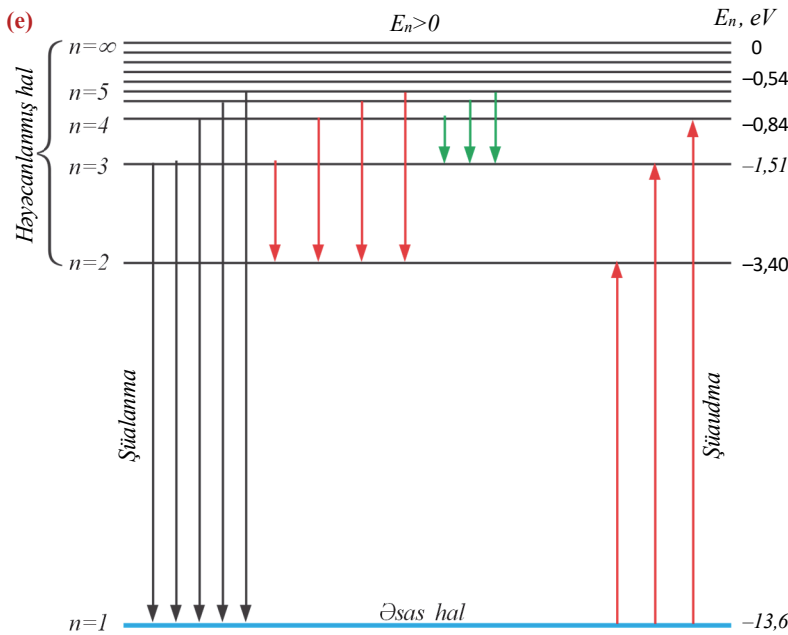
Burada $E_0 = 13,6$ eV minimum enerji halında olan hidrogen atomunun ionlaşma enerjisi, n – baş kvant ədədidir. Baş kvant ədədinin $n = 1$ olan stasionar halı *atomun*



əsas halıdır və bu halda o, enerji şüalandırmır. Atomun $n > 1$ olan bütün halları onun həyəcanlanmış halıdır. Atom həyəcanlanmış halda çox qala bilmir, şüalanma yolu ilə yenə minimum enerji halına qaydır.

Beləliklə, (3) düsturuna əsasən, hidrogen atomunun birinci kvant halında enerjisi $E_1 = -E_0$, ikincidə $E_2 = -\frac{E_0}{2^2}$, üçüncüdə $E_3 = -\frac{E_0}{3^2}$ və s. olur. Bu o deməkdir ki, hidrogen atomu minimum enerji səviyyəsindən ikinci enerji səviyyəsinə keçdikdə enerjisi 4 dəfə, üçüncüyə keçdikdə 9 dəfə və s. artır.

Atomun enerji səviyyələri üfüqi xətlərlə təsvir edilir. Atomun bir stasionar halından digərinə keçidi şaquli oxlarla təsvir edilir: oxun aşağı olması bir kvant şüalanmasına, oxun yuxarı olması isə bir kvant udulmasına uyğundur (e).



Atomun enerji səviyyələri diaqramından görünür ki, onun $n = \infty$ kvant halında enerjisi $E_\infty = 0$ olur. Bu o deməkdir ki, nüvə ilə rəhbətəni tərk edən elektron sərbəst halda sükunətdədir. Ona görə də nüvə ilə rəhbətədə olan elektronların enerji səviyyələri enerjinin sıfırdan kiçik, mənfi qiymətlərinə uyğun olmalıdır. Elektron nüvəyə cəzb olunduğuna görə onu atomdan qoparmaq üçün sıfırdan böyük, müsbət iş görülmalıdır.

Borun III postulatına görə hidrogen atomunun şüalanmasının mümkün olan tezlikləri

$$\nu_{mn} = R \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right) \quad (4)$$

düsturu ilə təyin edilir. Burada $R \approx 3,3 \cdot 10^{15} \text{ san}^{-1}$ Ridberq sabitidir. Təcrübələrdən müəyyən edilmişdir ki, hidrogen atomunda elektronun yüksək enerji səviyyələrindən ikinci enerji səviyyəsinə keçidində görünən işıq diapazonuna düşən foton şüalanması baş verir.

TƏTBİQETMƏ

ARAŞDIRMA

2

Atomun enerjisi necə dəyişər?

Məsələ. Hidrogen atomunda elektron dördüncü enerji səviyyəsindən ($n = 4$) ikinci səviyyəyə ($m=2$) keçdi. Bu zaman atomun enerjisi necə dəyişər?

Nəticənin müzakirəsi:

- Atomun yuxarı enerji səviyyəsindən aşağı enerji səviyyəsinə keçməsi nə deməkdir?
- Elektron şərtə verilən keçidi etdikdə atomun enerji dəyişməsi nəyə bərabər olar?

■ HƏYATLA ƏLAQƏLƏNDİRİN:

- Hidrogen atomunun enerji səviyyələri diaqramında (bax: **e**) görünən işıq şüalanması hansı oxlarla təsvir edilmişdir?

■ ÖZÜNÜZÜ QIYMƏTLƏNDİRİN:

№	Suallar	Bilirəm		
		zəif	orta	yaxşı
1	Atomun Bor modeli ilə klassik fizika qanunları arasındakı uyğunsuzluq nədən ibarətdir?			
2	Atomun quruluşunun Bor nəzəriyyəsində prinsipial yenilik nədir?			
3	Atomun hansı halı əsas, hansı halı isə həyəcanlanmış adlanır?			
4	Atomun enerji səviyyələri diaqramına (bax: e) görə təyin edin: a) hansı keçidin ən böyük tezlikli fotonun şüalanmasına uyğun olduğunu; b) hansı keçidin ən böyük dalğa uzunluğuna malik fotonun udulmasına uyğun olduğunu; c) hansı keçidin maksimal enerjili fotonların udulmasına uyğun olduğunu.			

NƏ ÖYRƏNDİNİZ? İş vərəqində qeyd edin:

1. "Bor postulatları"nı və onların izahını.
2. Atomun enerji səviyyələri diaqramının izahını.

4.5. ŞÜALANMANIN NÖVLƏRİ VƏ ONLARIN TƏTBİQLƏRİ (Təqdimat dərsləri)

Təqdimat üzərində işləyərkən aşağıda təqdim olunan qısa nəzəri materialdan və elektron ünvanlarından istifadə edə bilərsiniz.

• 1. Qısa nəzəri material.

1.1. Lüminessent şüalanma. Lüminessensiya (lat.: *lūmen* – işıq + *escent* – zəif təsir) – müəyyən maddələrin enerji udması nəticəsində onu təşkil edən atomların həyəcanlanaraq nisbətən soyuq şüalanmasıdır. O, közərmiş cismlərin, məsələn, yanan ağac və kömürün, elektrik cərəyanının təsiri ilə əriyən metalın və közərən telin şüalanmasından fərqlənir. Lüminessensiya şüalanması müşahidə olunur: lüminessens və neon lampalarında, televizor, radar və flüoroskop ekranlarında; üzvi maddələrdə – işıldaböcəklərdəki lüminol və ya lüseferində; xarici reklamlarda istifadə olunan bəzi pigmentlərdə; qütb parıltısında və s. Bütün bu hadisələrdə işıq şüalanması, demək olar, otaq temperaturundan aşağı temperaturalarda baş verir.

Lüminessent materialların praktik əhəmiyyəti enerjini görünməz formadan görünən şüalanmaya çevirməkdir. Praktikada *fotolüminessensiya, elektrik lüminessensiyası, kimyəvi lüminessensiya, katod lüminessensiyası* və s. şüalanma geniş tətbiq olunur.

1.2. Lazer şüalanması. Ötən əsrin böyük praktik əhəmiyyət kəsb edən ən mühüm kəşflərindən biri optik kvant generatorunun – lazerin yaradılmasıdır.

Lazer – istilik, kimyəvi, elektrik enerjisini elektromaqnit sahəsinin enerjisinə – lazer şüasına çevirən qurğudur. Lazerin iş prinsipinin fiziki mexanizmi məcburi şüalanmaya əsaslanır.

Lazer ingiliscə səslənən “Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation” sözlərinin baş hərfləri olub “Məcburi şüalanma ilə işığın gücləndirilməsi” deməkdir.

Məcburi şüalanma ← atomun yuxarı enerji səviyyəsindən aşağı enerji səviyyəsinə özbaşına (spontan) deyil, xarici təsir altında keçməsi nəticəsində baş verən şüalanmadır.

Fərz edək ki, atom iki enerji səviyyəsində ola bilər – enerjisi E_1 olan əsas və enerjisi E_2 olan həyəcanlanmış. Bu səviyyələr arasında üç tip optik keçid mümkündür: işığın udulması, spontan şüalanması və məcburi şüalanması (**cədvəl 4.2**).

Cədvəldən görünür ki, atom E_2 enerji səviyyəsində həyəcanlanmış halda olduqda o, enerjisi $h\nu = E_2 - E_1$ olan bir foton şüalandırmaqla əsas səviyyəyə keçə bilər. Bu zaman atomun üzərinə düşən elektromaqnit dalğasının tezliyi, fazası və yayılma isti-

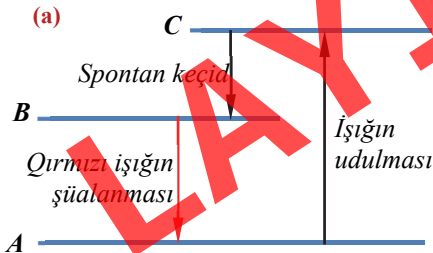
qaməti atomun məcburi şüalanma dalğasının uyğun xarakteristikaları ilə eyni olduğundan onlar koherent dalğalardır. Bu o deməkdir ki, elektromaqnit dalğasının təsiri ilə maddədə bir fotonun əvəzinə hər birinin enerjisi $h\nu$ olan iki foton əmələ gəlir: şüalanmaya məcbur edən foton və yeni yaranan foton. Beləliklə, maddədən keçən işığın iki dəfə güclənməsi baş verir. Lakin xarici elektromaqnit dalğalarının təsiri nəticəsində maddə atomunda induksiya dalğalarının şüalanması ilə eyni zamanda işığın udulması da baş verir. Bu səbəbdən maddədən keçən işığın intensivliyi azalır.

Cədvəl 4.2. Atomun iki enerji səviyyəsi arasında mümkün ola bilən optik proseslər.

Optik proses	Atomun enerji halları	
	Başlanğıc hal	Son hal
Udulma		
Spontan şüalanma		
Məcburi şüalanma		

Şüalanan işığı gücləndirmək üçün elə etmək lazımdır ki, maddədə həyəcanlanmış atomların sayı onun əsas halında (minimum enerji səviyyəsində) olan atomların sayından çox olsun.

Atomu həyəcanlanmış hala gətirməyin müxtəlif üsulları mövcuddur; məsələn, maddəni əlavə şüalanmaya məruz etməklə. Lakin bu zaman həyəcanlanmış atomlar spontan şüalanmaqla çox tez bir müddətdə – məcburi şüalanmaya imkan tapmadan minimum enerji səviyyəsinə qayıdır. Ona görə də məcburi şüalanmanı həyata keçirmək üçün üç enerji səviyyəli (əsas və iki həyəcanlanmış səviyyə) atomdan istifadə edilir. Belə olduqda atomlar həyəcanlanmış səviyyələrin birində digərinə nisbətən uzun müddət qala bilər. Belə səviyyələr müxtəlif kristallarda, məsələn, alüminium oksidinin Al_2O_3 alüminium atomlarının bir hissəsinin xrom (Cr^{+++}) atomu ilə əvəz



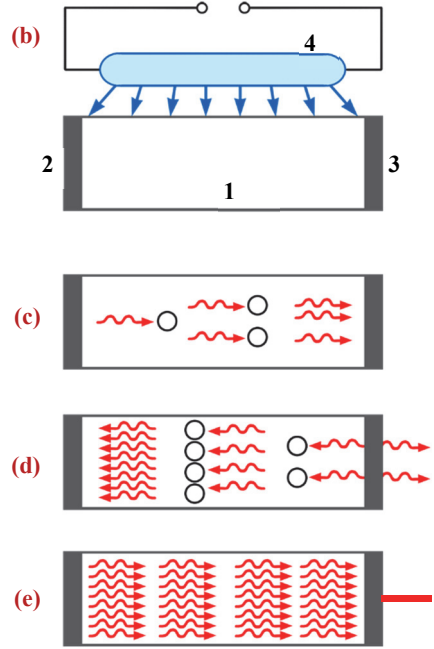
olunduğu yaqut kristalında vardır. Bu kristalda xrom ionları üç enerji səviyyəsində ola bilər: səviyyələr şərti olaraq A, B və C hərfləri ilə işarə edilmişdir (a). Yaqut kristalını güclü lampə ilə işıqlandırdıqda xrom ionlarının enerjisi E_C olan həyəcanlanmış C səviyyəsinə keçidi baş verir. Bu ionlar əsas səviyyəyə dərhal qayıtmır,

onlar əvvəlcə spontan şüalanmaqla E_B enerjili B ara səviyyəsinə düşür. İonlar bu səviyyədə C səviyyəsinə nisbətən daha çox qala bilər. Nəticədə kristalın həyəcanlanmış səviyyəsinin “sakinlərinin” sayı əsas səviyyəyə nisbətən daha çox olur. Enerjisi $h\nu = E_B - E_A$ olan həyəcanlandırıcı foton kristalda $E_B \rightarrow E_A$ keçidinə uyğun olan 693 nm dalğa uzunluqlu qırmızı işığın məcburi şüalanmasını yaradır (bax: **a**).

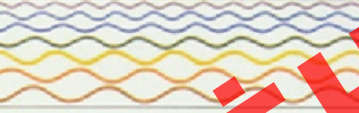
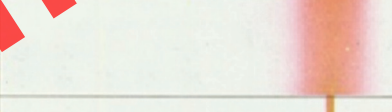
Lazerdə şüalanmanın gücləndirilməsi işığın mühitin eyni təbəqəsindən dəfələrlə keçməsinin təmin olunması yolu ilə əldə edilir. Belə effektə maddənin həmin təbəqəsini bir-birinə paralel olan iki güzgülü arasında yerləşdirməklə nail olunur. *Yaqut lazerinin* sadələşdirilmiş sxemində bunu aydın görmək olar (**b**).

Burada 1 – işığın gücləndirilməsinin baş verdiyi mühit, 2 – güzgülü, 3 – yarımsəffaf güzgülü, 4 – işıq mənbəyidir: o, mühitin atomlarını həyəcanlanmış hala gətirir.

Həyəcanlandırıcı foton yaqut kristalının oxuna paralel hərəkət edərək eyni istiqamətdə hərəkət edən yeni nəsil fotonlar seli yaradır (**c**). Bu selin bir hissəsi 3 güzgülündən keçərək kənara çıxır, digər hissəsi isə güzgülədən qayıdaraq 1 mühitində güclənir (**d**). 2 güzgülündən qayıdan gücləndirilmiş fotonlar seli həyəcanlandırıcı fotonlar kimi hərəkət edir (**e**). Beləliklə, yaqut kristalında dəfələrlə gücləndirilən çox yüksək enerjili foton seli qırmızı şüa formasında 3 güzgülündən kənara çıxır. Alınan qırmızı lazer şüalanması ağ Günəş işığı və adi qırmızı işıqdan fərqlənir (**cədvəl 4.3**).



Cədvəl 4.3. Lazer şüalanması ilə adi şüalanmanın müqayisəsi.

İşıq	Dalğanın şəkli	Spektri
Günəş işığı 		
Qırmızı işıq 		
Lazer qırmızı işığı 		

2. Təvsiyə olunan elektron ünvanlar:

1. <https://www.facebook.com/page.fizika/posts/273836539385048>
2. http://referat.ilkaddimlar.com/ref_info_5600
3. <https://az.wikipedia.org/wiki/Elektro-l%C3%BCminessensiya>
4. <http://anasahife.org/elektromaqnit-sualanma-menbeleri-tebii-elektromaqnit-sualanma.html>
5. <http://static.bsu.az/w10/kitab/rcqrk.pdf>
6. <http://regionplus.az/az/articles/view/3991>
7. <https://virtualkitabxana.files.wordpress.com/2016/03/fizika-9-az-derslik.pdf>
8. <http://www.turkcebilgi.org/bilim/fizik/lazer-24862.html>
9. <http://www.ansiklopedi.biz/fizik/lazer-nedir-lazer-nasil-calisir>
10. <http://ebooks.azlibnet.az/book/51a8Uq4Z.pdf>

Təqdimatın hazırlanması planı

1-ci slayd	• Təqdimatın adı • Hazırlayan (sinif, şagirdin adı və soyadı)
2-ci slayd	• Lüminessent şüalanma: fiziki mahiyyəti
3-cü slayd	• Lüminessent şüalanmanın növləri: fotolüminessensiya, elektrik lüminessensiya, kimyəvi lüminessensiya, katod lüminessensiya
4-cü slayd	• Fotolüminessensiya və kimyəvi lüminessensiya, onların tətbiqləri
5-ci slayd	• Elektrik lüminessensiya və katod lüminessensiya, onların tətbiqləri
6-cı slayd	• Lazer şüalanması: onun fiziki əsası
7 və 8-ci slaydlar	• Lazerin tətbiqləri: təbabətdə, istehsalatda, elmi tədqiqatda, hərbi

LAYIHƏ

4.6. ATOM NÜVƏSİ. ATOM NÜVƏSİNİN QURULUŞU

• KEÇİDLƏRİNİZİ XATIRLAYIN •

Fizika –6, 8 və 9

1932-ci ildə rus alimi Dmitri İvanenko və alman alimi Verner Heyzenberq nüvənin proton-neytron modelini təklif etdilər. Bu modelə görə:

- Atomun nüvəsi – proton və neytronlardan ibarət dayanıqlı əlaqəli sistemdir. Proton (yun. “*protos*” – ilkin) **p** hərfi ilə işarə edilir, müsbət elektrik yükünə malik olub modulu elektronun yükünün moduluna bərabərdir. Protonun kütləsi $m_p = 1,6726 \cdot 10^{-27} \text{ kq}$ olub elektronun kütləsindən 1836 dəfə böyükdür. Neytron (elektrik cəhətdən neytral mənasını daşıyır) **n** hərfi ilə işarə olunur, kütləsi təqribən protonun kütləsinə bərabərdir: $m_n = 1,6749 \cdot 10^{-27} \text{ kq}$. Nüvədəki proton və neytronlar birlikdə **nuklonlar** (lat. “*nuklus*” – nüvəyə məxsus hissəciklər) adlanır. Nüvənin dayanıqlığı nuklonlar arasında qeyri-elektrik təbiətli güclü **nüvə qüvvələrinin** mövcud olması ilə izah edilir.
- Nüvə qüvvələri – zərrəcikləri (proton və neytronları) nüvədə saxlayan qüvvələrə deyilir. Nüvə qüvvələri yaxınatəsir xarakterlidir. Belə ki, nüvə qüvvələrinin təsir radiusu nüvənin ölçüsü qədərdir: $\approx 10^{-15} \text{ m}$. Nüvə qüvvələri bu məsafədə qiymətəcə eyni işarəli yükə malik protonlar arasındakı itələmə xarakterli Kulon qüvvələrindən onlarca dəfə böyükdür.
- Nüvənin kütlə ədədi – nüvədəki nuklonların ümumi sayına bərabərdir. O, **A** hərfi ilə işarə edilir: Kütlə ədədi (**A**) = protonların sayı (**Z**) + neytronların sayı (**N**): **A = Z + N**. Bu ifadədən ixtiyari elementin nüvəsindəki neytronların sayı asanlıqla müəyyən edilə bilər: **N = A – Z**. Kütlə ədədi kimyəvi elementin yuxarı indeksində yazılır.
- Nüvənin yük ədədi – nüvədə olan protonların sayıdır. O, **Z** hərfi ilə işarə edilir və elementin aşağı indeksində yazılır.

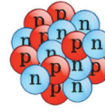
Beləliklə, ixtiyari kimyəvi element ${}_Z^AX$ şəklində ifadə edilə bilər. Burada **X** – kimyəvi elementin simvoludur. Məsələn, oksigen nüvəsi üçün kütlə ədədi **A** = 16, yük ədədi isə **Z** = 8 olduğuna görə belə yazılır: ${}^{16}_8\text{O}$.

- Rezerford atomun planetar modelini kəşf etdikdən, Bor isə onun kvant nəzəriyyəsini verdikdən sonra qarşıya belə bir sual çıxdı: görəsən, atom nüvəsi bölünməz zərrəcikdir? Ola bilməyi ki, atom nüvəsi də hansısa zərrəciklərdən təşkil olunsun? Rezerford eksperimental araşdırmalarını atom nüvəsi üzərinə yönəltdi. O artıq sizə məlum olan metodu – obyektin α -zərrəciklərlə bombardman edilməsi metodunu tətbiq edir. Rezerford azot atomlarını α -zərrəciklərlə bombardman etdikdə ondan hidrogen nüvəsinə bənzəyən (eyni yükə və kütləyə malik) zərrəciklər sıçradığını aşkar etdi. Bu metod 1919-cu ildə Rezerforda daha bir kəşf – nüvənin də tərkibcə zərrəciklərdən ibarət olduğunu təsdiqləyən kəşfə imza atmağa imkan verdi.

- Rezerford nüvənin hansı zərrəciyini kəşf etdi?

Atom nüvəsi hansı zərrəciklərdən təşkil olunmuşdur?

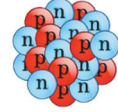
Məsələ 1. Şəkilə üç izotopun nüvə modelinin sxemi təsvir edilmişdir. Sxemləri iş vərəqinə köçürün və nöqtələrin yerinə uyğun izotopda proton, neytron və elektronların sayını qeyd edin. Onun kütlə və yük ədədini təyin edin, Mendeleyev cədvəlindən istifadə edərək izotopun simvolunu yazın.



$Z - \dots$
 $N - \dots$
 $e - \dots$
 $A - \dots$
 ${}^A_ZX - \dots$

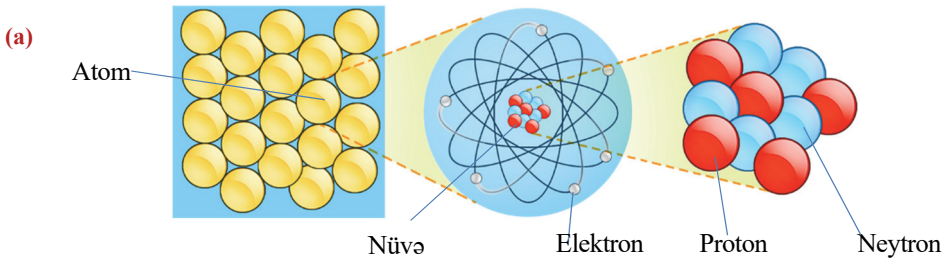


$Z - \dots$
 $N - \dots$
 $e - \dots$
 $A - \dots$
 ${}^A_ZX - \dots$



$Z - \dots$
 $N - \dots$
 $e - \dots$
 $A - \dots$
 ${}^A_ZX - \dots$

Atom nüvəsinin quruluşu. Atom nüvəsi nuklonlar adlanan iki növ zərrəciklərdən – müsbət yüklü protonlardan və elektrik cəhətdən neytral olan neytronlardan təşkil olunmuşdur (a).



Adətən, hidrogen atomunun nüvəsi proton adlanır. O, 1_1p və yaxud 1_1H simvolu ilə işarə edilir. Protonun xarakteristikaları belədir: $m_p = 1,6726 \cdot 10^{-27}kq$; $q_p = 1,6 \cdot 10^{-19}Kl = e$; nüvədən kənar sərbəst yaşama dövrü $\tau > 10^{32}$ ildir.

Neytron 1_0n simvolu ilə işarə olunur və məlum xarakteristikaları belədir: $m_n = 1,6749 \cdot 10^{-27}kq$; $q_n = 0$; nüvədən kənar sərbəst yaşama dövrü $\tau \approx 886$ san-dir.

Proton elementar zərrəcik modelinə görə iki **u** və bir **d** kvarkından ibarətdir (b). Kvarklar kəsrlilik elektrik yükünə malik zərrəciklərdir:

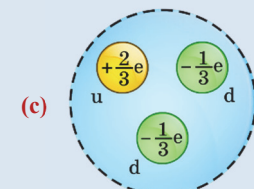
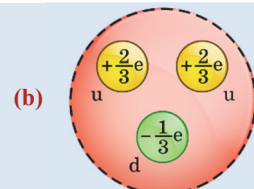
$$u = +\frac{2}{3}e; d = -\frac{1}{3}e$$

Beləliklə, protonun yükü: $p = u + u + d = e$, yaxud:

$$p(uud) \rightarrow +\frac{2}{3}e + \frac{2}{3}e - \frac{1}{3}e = e.$$

Neytronun daxili quruluşu isə bir **u** və iki **d** kvarkından ibarətdir (c). Ona görə də neytron elektrik cəhətdən neytraldır (yükü sıfıra bərabərdir): $n = u + d + d = 0$, yaxud:

$$n(udd) \rightarrow +\frac{2}{3}e - \frac{1}{3}e - \frac{1}{3}e = 0.$$



Nüvə qüvvələri

Nüvənin dayanıqlığı onu təşkil edən proton və neytronlar arasında *nüvə qüvvələri* (və ya *güclü qarşılıqlı təsir qüvvələri*) adlanan xüsusi cazibə xarakterli qüvvələrin mövcud olmasındadır.

- *Nüvə qüvvələri – nuklonları nüvədə saxlayan və onun dayanıqlığını təmin edən qüvvələrdir.*

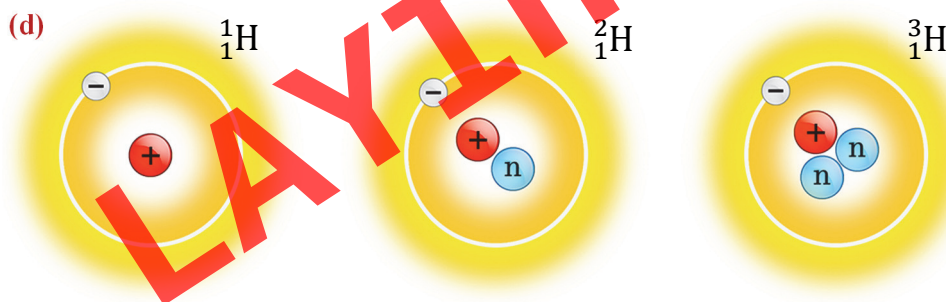
Bu qüvvələrdə aşağıdakı xüsusiyyətlər aşkar edilmişdir:

- 1) cazibə xarakterli qüvvələrdir;
- 2) nüvə ölçüləri dairəsində protonlar arasında mövcud olan itələmə xarakterli Kulon qüvvələrindən 100 dəfə böyükdür;
- 3) yaxınatəsir xarakterlidir – nüvə ölçüləri dairəsində ($10^{-15} \div 10^{-14} m$) meydana çıxır;
- 4) nuklonlar arasındakı nüvə qarşılıqlı təsir qüvvələri elektrik yükündən asılı deyildir: protonla – proton, protonla – neytron və neytronla – neytron arasındakı nüvə qüvvələri eynidir;
- 5) doyma xassəsinə malikdir: bu o deməkdir ki, nüvə daxilindəki nuklonlar yalnız yaxın “qonşuluqdakı” zərrəciklərlə qarşılıqlı təsirdə ola bilər;
- 6) mərkəzi təsir xarakterli deyildir, yəni nüvə qüvvələri qarşılıqlı təsirdə olan nuklonların mərkəzlərini birləşdirən xətt boyunca yönəlmir.

İzotoplar

- *Nüvələrində protonlarının sayı eyni, lakin neytronlarının sayı müxtəlif olan atomlar verilən kimyəvi elementin **izotopları** (yun. “izos” – eyni + “topos” – yer) adlanır. Tərfi belə də söyləmək olar:*

- *Protonlarının sayı eyni, kütlə ədədləri müxtəlif olan atomlar izotoplar adlanır.* Məsələn, hidrogenin üç izotopu məlumdur: ${}^1_1\text{H}$ (*protium*) izotopu yalnız 1 protondan ibarətdir, ${}^2_1\text{H}$ (*deyterium*) və ${}^3_1\text{H}$ (*tritium*) izotopları isə bir protondan və uyğun olaraq bir və iki neytrondan ibarətdir (**d**). Qeyd edək ki, neytronlar elementin kimyəvi xassəsinə heç bir təsir göstərmədiyindən eyni elementin bütün izotoplarının *kimyəvi xassələri* də eyni olur. Lakin neytronlarının sayı müxtəlif olan izotoplar *fiziki xassələrinə* görə (məs.: atomun enerji səviyyələrinə görə) bir-birindən fərqlənir.



Kütlə ədədi yük ədədindən 2 dəfə böyük olan nüvədə protonlarla neytronların say nisbətini müəyyən edin.

Məsələ 2. Mendeleyev cədvəlindən bir neçə elə kimyəvi element müəyyən edin ki, onların kütlə ədədi yük ədədindən 2 dəfə böyük olsun.

Nəticənin müzakirəsi:

- Belə elementlərdə proton və neytronların say nisbəti necədir?

HƏYATLA ƏLAQƏLƏNDİRİN

- Mendeleyev cədvəlində kimyəvi elementin atom kütləsinə görə onun təbiətdə izotopunun sayının çox, yaxud az olmasını müəyyən etmək olarmı? Cavabınızı əsaslandırın.

ÖZÜNÜZÜ QIYMƏTLƏNDİRİN

№	Suallar	Bilirəm		
		zəif	orta	yaxşı
1	İki nüvə eyni kütlə ədədinə malikdir. Bu nüvələrin yükü fərqli ola bilərmi? Cavabınızı əsaslandırın.			
2	İki nüvə müxtəlif yükə malikdir. Bu nüvələr eyni kimyəvi elementin izotopu ola bilərmi? Cavabınızı əsaslandırın.			
3	Atom nüvəsində: a) 52 proton və 72 neytron; b) 103 proton və 153 neytron olan kimyəvi elementi təyin edin.			
4	Hansı kimyəvi elementlər X simvolu ilə işarə edilmişdir: ${}_{100}^{257}X$; ${}_{92}^{235}X$; ${}_{53}^{127}X$; ${}_{49}^{115}X$?			

NƏ ÖYRƏNDİNİZ? İş vərəqində "Atom nüvəsinin quruluşu" mövzusunda esse yazın.

LAYİHƏ

4.7. NÜVƏNİN RABİTƏ ENERJİSİ

• KEÇİDLƏRİNİZİ XATIRLAYIN •

Fizika – 9

Aparılan çoxsaylı eksperimentlərdən müəyyən edilmişdir ki, nüvənin kütləsi onu təşkil edən nuklonların (proton və neytronların) kütlələri cəmindən həmişə kiçikdir: $M_N < Zm_p + Nm_n$.

Bu o deməkdir ki, nuklonların kütlələri cəmi ilə həmin nuklonlardan ibarət nüvənin kütləsi arasında fərq – **kütlə defekti** mövcuddur: $\Delta m = Zm_p + Nm_n - M_N$.

Burada M_N – nüvənin kütləsi, Z və N – uyğun olaraq nüvədəki proton və neytronların sayı, m_p – protonun kütləsi, m_n – neytronun kütləsi, Δm – kütlə defektidir.

Nuklonlar sistemindən nüvə əmələ gələn zaman kütlənin azalması bu sistemin enerjisinin **rabitə enerjisi** ($E_{\text{rab.}}$) qədər azalması deməkdir.

• *Rabitə enerjisi – nüvəni sərbəst nuklonlara ayırmaq üçün lazım olan minimum enerjidir.*

Nüvənin rabitə enerjisini hesablamaq üçün A.Eynşteynin kütlə ilə enerji arasındakı əlaqə düsturundan istifadə edilir:

$$E_{\text{rab.}} = \Delta E = \Delta mc^2 \rightarrow E_{\text{rab}} = [Zm_p + Nm_n - M_N] \cdot c^2.$$

Müxtəlif kimyəvi elementlərin nüvələrinin rabitə enerjisini hesablamaq üçün proton və nüvə kütlələrinin əvəzinə uyğun olaraq hidrogen atomunun kütləsinin (m_H) və kimyəvi elementin atom kütləsinin (M_a) qiymətindən istifadə etmək əlverişlidir. Bu halda rabitə enerjisi: $E_{\text{rab.}} = [Zm_H + Nm_n - M_a] \cdot c^2$.

Enerji ilə kütlə arasında $\Delta E = \Delta mc^2$ düsturuna əsasən 1 a.k.v. – kütlənin 931,5 MeV enerjiyə ekvivalent olduğu müəyyən edilmişdir. Bu nəzərə alınarsa, nüvənin rabitə enerjisini belə də yazmaq olar:

$$E_{\text{rab.}} = [Zm_H + Nm_n - M_a] \cdot 931,5 \text{ MeV}.$$

Nüvələrin dayanıqlığı *xüsusi rabitə enerjisi* adlanan kəmiyyətlə xarakterizə olunur.

• *Xüsusi rabitə enerjisi – nüvənin bir nuklonuna düşən rabitə enerjisidir.*

$$\varepsilon = \frac{E_{\text{rab}}}{A}.$$

Onun vahidi: $[\varepsilon] = \frac{[E_{\text{rab}}]}{[A]} = 1 \frac{\text{MeV}}{\text{nuklon}}.$

- **Cədvəl 4.4-də** elektronun, nuklonların, habelə bəzi izotopların kütlələri və onlara ekvivalent olan enerjiləri verilmişdir. Verilənlərdən istifadə edərək **“Nüvə və onun nuklonları arasında enerjinin saxlanması qanunu ödənilirmi?”** araşdırmasını aparın.

Cədvəl 4.4.

Zərrəcik və kimyəvi element	Kütləsi: a.k.v.	Enerjisi: MeV	Kimyəvi element	Kütləsi: a.k.v.	Enerjisi: MeV
Elektron (${}_{-1}^0e$)	0,0005486	0,51102	Litiy (${}_{3}^6\text{Li}$)	6,941	6465,542
Proton (${}_{1}^1p$)	1,0072765	938,28	Karbon (${}_{6}^{12}\text{C}$)	12,0	11178
Neytron (${}_{0}^1n$)	1,008665	939,57	Karbon (${}_{6}^{13}\text{C}$)	13,003354	12112,624
Hidrogen (${}_{1}^1\text{H}$)	1,007825	938,79	Uran (${}_{92}^{235}\text{U}$)	235,04418	218943,654
Deyterium (${}_{1}^2\text{H}$)	2,014102	1876,136	Uran (${}_{92}^{238}\text{U}$)	238,05113	221744,6276
Tritium (${}_{1}^3\text{H}$)	3,016062	2809,462	Neptunium (${}_{93}^{239}\text{Np}$)	239,05320	222678,0558
Helium (${}_{2}^4\text{He}$)	4,002603	3728,425	Plutonium (${}_{94}^{239}\text{Pu}$)	239,05242	222677,3292

Məsələ 1. Helium ${}^4_2\text{He}$ nüvəsinin kütləsi 4,002603 a.k.v.-yə bərabərdir (bax: **cədvəl 4.4**). 1 a.k.v. kütlə 931,5 MeV enerjiyə ekvivalent olduğundan helim nüvəsinin enerjisi:

$$E_1 = 4,002603 \cdot 931,5 \text{ MeV} = 3728,425 \text{ MeV}.$$

Helium ${}^4_2\text{He}$ nüvəsinin enerjisinin onu təşkil edən zərrəciklərin enerjiləri cəminə bərabər olub-olmadığını təyin edin.

Nəticənin müzakirəsi:

- Helium ${}^4_2\text{He}$ atomunun kütləsi ilə onu təşkil edən zərrəciklərinin kütlələri cəmi arasında hansı münasibət mövcuddur?
- Apardığınız hesablamalar nüvə və onun nuklonları arasında enerjinin saxlanması qanununun ödənildiyini təsdiq etdimi?

Nüvənin rabitə enerjisi. Aparılan çoxsaylı eksperimentlərdən müəyyən olunmuşdur ki, atomun kütləsi onu təşkil edən zərrəciklərin (proton, neytron və elektronların) sərbəst haldakı kütlələri cəmindən kiçikdir. Buna görə də nüvənin E_1 enerjisi onu təşkil edən sərbəst nuklonların E_2 enerjisindən $\Delta E = E_2 - E_1$ qədər kiçik olmalıdır. Araşdırmada bunu sübut etdiniz: helium ${}^4_2\text{He}$ nüvəsi üçün $\Delta E = 27,275 \text{ MeV}$ alındı. Lakin bu heç də o demək deyildir ki, nuklonlar nüvəni əmələ gətirdikdə təbiətin fundamental qanunu olan enerjinin saxlanması qanunu pozulmuşdur. Ona görə ki, atom nüvəsinin nuklonlara ayırmaq üçün onlar arasındakı güclü nüvə qüvvələrinə qarşı iş görmək lazımdır – enerji sərf olunmalıdır. Deməli, nuklonların sərbəst haldakı enerjilərinin cəmi nüvənin enerjisindən böyük olmalıdır ki, onlar birləşib nüvə əmələ gətirdikdə, yaxud əksinə, nüvəni proton və neytrona ayırdıqda həmin artıq enerjinin şüalanması baş versin. Beləliklə, enerjinin saxlanması qanunu təmin olunur!

• Nüvəni sərbəst nuklonlara parçalamaq üçün lazım olan minimum enerji **nüvənin rabitə enerjisi** adlanır:

$$E_{\text{rab}} = [Zm_p + (A - Z)m_n - M_N] \cdot c^2. \quad (1)$$

Bilirsiniz ki, (1) düsturunda orta mötərizədəki ifadə **kütlə defekti** adlanır.

• **Kütlə defekti** – nüvəni təşkil edən sərbəst nuklonların kütlələri cəmi ilə nüvə kütləsinin fərqi:

$$\Delta m = Zm_p + (A - Z)m_n - M_N. \quad (2)$$

Kütlə atom kütlə vahidi (a.k.v.) ilə ölçüldükdə rabitə enerjisinin MeV-lə ifadə olunan qiymətini belə yazmaq olar:

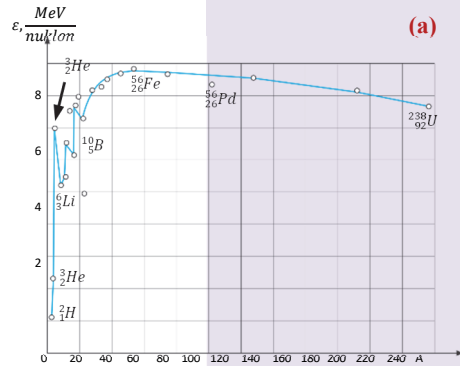
$$E_{\text{rab}} = 931,5 \cdot \Delta m. \quad (3)$$

Əgər (3) düsturuna əsasən nüvənin rabitə enerjisini hesablayıb alınan qiyməti nuklonların sayına bölərsə, bir nuklona düşən rabitə enerjisini – xüsusi rabitə enerjisini təyin etmiş olarıq:

$$\varepsilon = \frac{E_{\text{rab}}}{A} = \frac{931,5 \cdot \Delta m}{A}. \quad (4)$$

Xüsusi rabitə enerjisi müxtəlif nüvələrdə müxtəlif qiymətə malikdir. Xüsusi rabitə enerjisinin maksimal qiyməti $8,7 \frac{\text{MeV}}{\text{nuklon}}$ -a yaxındır. O, kütlə ədədi 50÷60 arasında olan kimyəvi elementlərə xasdır. Ağır elementlərin xüsusi rabitə enerjisi $8 \frac{\text{MeV}}{\text{nuklon}}$ -dan azdır, məsələn, təbii uran nüvəsinin xüsusi rabitə enerjisi $\approx 7,6 \frac{\text{MeV}}{\text{nuklon}}$ -dur.

Xüsusi rabitə enerjisi böyük olan nüvələr daha dayanıqlı, yüngül və ağır nüvələr isə orta kütlə ədədinə malik nüvələrə nisbətən az dayanıqlı nüvələrdir. Bunu xüsusi rabitə enerjisinin kütlə ədədindən asılılıq qrafikindən də görmək olur (a). Deməli, xüsusi rabitə enerjisi – nüvələrin dayanıqlılığını xarakterizə edən fiziki kəmiyyətdir.



TƏTBİQETMƏ

ARAŞDIRMA

2

Hansı izotopun xüsusi rabitə enerjisi ən böyükdür?

Məsələ 2. Xüsusi rabitə enerjisinin kütlə ədədindən asılılıq qrafikinə əsasən ${}^3_2\text{He}$, ${}^4_2\text{He}$, ${}^{10}_5\text{B}$, ${}^{56}_{26}\text{Fe}$, ${}^{106}_{46}\text{Pd}$, ${}^{238}_{92}\text{U}$ izotoplarını xüsusi rabitə enerjisinin artma ardıcılığı ilə sıralayın (bax: a).

Nəticənin müzakirəsi:

- Hansı izotopun xüsusi rabitə enerjisi ən böyük, hansı – ən kiçikdir?
- Xüsusi rabitə enerjisi ən kiçik və ən böyük olan izotopların rabitə enerjilərinin qiymətləri arasında hansı münasibət var?

HƏYATLA ƏLAQƏLƏNDİRİN

Arif və Nəzrin dərstdə müəllimin verdiyi belə bir məsələni müzakirə edirdilər: “Niyə ağır kimyəvi elementlərin nüvələrində neytronların sayının protonların sayına nisbəti, yüngül elementlərin nüvələrindəki uyğun nisbətdən böyükdür?”

Arif: – Mənim fikrimcə, ağır nüvələrdə protonlarla neytronların sayı çox olduğundan onlar arasındakı nüvə qüvvələri də yüngül nüvələrlə müqayisədə çox böyük olur. Enerjinin saxlanması qanununa görə, ağır nüvələrdə uyğun nisbət də yüngül nüvələrə nəzərən daha böyük olmalıdır.

Nəzrin: – Düşünürəm ki, nüvədə proton çox olduqda onlar arasında Kulon itələmə qüvvələri daha güclü olur. Bu qüvvələri neytrallaşdırmaq üçün daha çox neytron lazımdır ki, protonlar nüvəni tərk etməsin.

- Siz kimin fikri ilə razısınız? Niyə?

ÖZÜNÜZÜ QIYMƏTLƏNDİRİN

№	Suallar	Bilirəm		
		zəif	orta	yaxşı
1	${}^3_2\text{He}$ və ${}^4_2\text{He}$ izotoplarının kütlə defektini təyin edin.			
2	${}^3_2\text{He}$ və ${}^4_2\text{He}$ izotoplarının rabitə enerjilərini xüsusi rabitə enerjisinin kütlə ədədindən asılılıq qrafikinə əsasən təyin edə bilərsinizmi?			
3	Kütlə defekti niyə yaranır? Fikrinizi əsaslandırın.			
4	Nüvədəki nuklonların xüsusi rabitə enerjisinin fiziki mənası nədir?			
5	Xüsusi rabitə enerjisinin kütlə ədədindən asılılıq qrafikini izah edin			

NƏ ÖYRƏNDİNİZ? İş vərəqində “Nüvələrin rabitə enerjisi və enerjinin saxlanması qanunu” mövzusunda esse yazın.

4.8. RADIOAKTİVLİK. NÜVƏLƏRİN RADIOAKTİV ÇEVRİLMƏSİ

• KEÇDİKLƏRİNİZİ XATIRLAYIN •

Fizika – 9

Atomların xarici təsirlər olmadan öz-özünə şüalanma hadisəsi **təbii radioaktivlik hadisəsi**, baş verən şüalanma isə **radioaktiv şüalanma** adlanır.

Aparılan çoxsaylı təcrübələr göstərdi ki, təbii radioaktivlik xassəsi yalnız elementin atom nüvəsinin tərkibi və quruluşu ilə əlaqədardır. Xarici amillər (mexaniki təzyiq, temperatur, elektrik və maqnit sahələri və s.) bu xassəyə təsir göstərmir.

1899-cu ildə ingilis fiziki Ernest Rezerfordun rəhbərliyi ilə radioaktiv şüalanmanın fiziki təbiəti tədqiq edilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, radioaktiv şüalanma müxtəlif zərrəciklər selindən ibarətdir. Belə ki, bu zərrəciklər seli maqnit sahəsindən keçdikdə onların bir qismi Lorens qüvvəsinin təsirinə məruz qalır:

– şüaların bir qismi yüksüz zərrəciklər selindən ibarətdir, onlar maqnit sahəsində meyil etmir – bunlar **γ -şüalanma** adlandırıldı;

– şüaların digər qismi müsbət yüklü zərrəciklər selindən ibarət olduğundan onlar öz əvvəlki istiqamətindən sol əlin baş barmağı istiqamətinə meyil edir (sol əl qaydasına görə) – bu şüalanma **α -şüalanma** adlandırıldı;

– **β -şüalanma** adlandırılan üçüncü qisim şüalar isə mənfi yüklü zərrəciklər seli olduğundan onlar α -şüalanmanın əksi istiqamətində meyil edir. Sonralar radioaktiv maddələrdə radioaktiv çevrilmə xassəsi aşkar edildi.

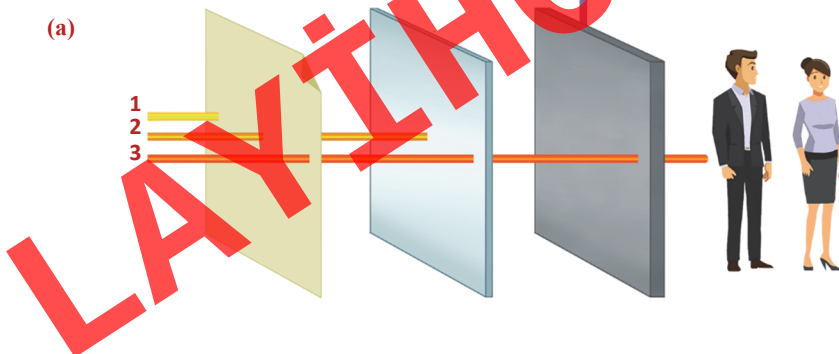
• Bir radioaktiv nüvənin özbaşına digər nüvəyə çevrilməsi **radioaktiv çevrilmə** adlanır. İki növ radioaktiv çevrilmə mövcuddur: radioaktiv α -çevrilmə və radioaktiv β -çevrilmə.

• α -çevrilmədə nüvənin yük ədədi 2 vahid, kütlə ədədi isə 4 vahid azalır. Nəticədə element öz yerini dövri sistemin əvvəlinə doğru iki xana dəyişir: ${}_Z^AX \rightarrow {}_{Z-2}^{A-4}Y + {}_2^4\text{He}$.

• β -çevrilmədə nüvənin yük ədədi 1 vahid artır, kütlə ədədi isə dəyişmir. Nəticədə element öz yerini dövri sistemin sonuna doğru bir xana dəyişir: ${}_Z^AX \rightarrow {}_{Z+1}^AY + {}_{-1}^0e$.

■ E.Rezerford təcrübi olaraq müəyyən etdi ki, radioaktiv şüaların nüfuzetmə qabiliyyətiləri də fərqlidir. Belə ki, bu şüaların bir növü (1) hətta kağız vərəqindən də keçə bilmədiyi halda, digəri üçün (2) qalınlığı 3 mm olan alüminium lövhə keçilməz sədd oldu. Üçüncü növ şüaların (3) yayılmasına isə qalınlığı bir neçə santimetr olan qurğuşun divar da müqavimət göstərə bilmir (a).

• Radioaktiv şüaların növlərini nüfuzetmə qabiliyyətinə görə fərqləndirə bilərsinizmi?

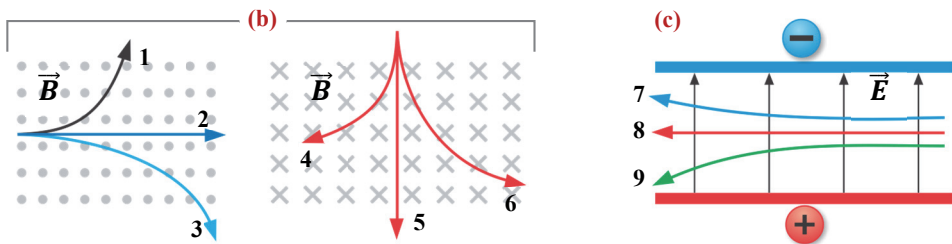


Radioaktiv şüalanmanın hansı növüdür?

Məsələ 1. Şəkillərdə radioaktiv şüaların birincins maqnit (b) və elektrik sahəsində (c) yolları təsvir edilmişdir. Verilən rəqəmlərlə radioaktiv şüalanmanın hansı növü işarə edilmişdir?

Nəticənin müzakirəsi:

- Radioaktiv şüalanmanın hansı növləri var?
- Bu şüalar hansı xassəsinə görə bir-birindən fərqlənir?



1896-cı ildə fransız fiziki Anri Bekkerel (1852–1908) təbii uran duzunda lüminessensiya hadisəsini araşdırarkən onun tərkibi məlum olmayan spontan şüalanmasını aşkar edir. Maddələrin spontan şüalanması **radioaktivlik** (lat. “*radium*” – şüa buraxıram + “*action*” – fəaliyyət), belə şüalanmanın özü **radioaktiv şüalanma**, radioaktiv şüalanma xassəsinə malik maddələr isə **radioaktiv maddələr** adlandırıldı.

1898-ci ildə fransız alimləri Pyer Kuri (1859–1906) və Mariya Sklodovskaya-Kuri (1867–1934) yeni radioaktiv elementlər – radium $^{226}_{88}\text{Ra}$ və polonium $^{210}_{84}\text{Po}$ (Mariya Sklodovskaya-Kürinin vətəni Polşanın şərəfinə adlandırılmışdır) kəşf etdilər.

1903-cü ildə ingilis alimləri Ernest Rezerford və Frederik Soddi (1877–1956) təcrübi olaraq müəyyən etdilər ki, radioaktiv şüaların tərkibi müxtəlif xassəyə malik üç şüalanmadan ibarətdir. Bunlar yunan əlifbasının üç ardıcıl hərfi ilə adlandırıldı:

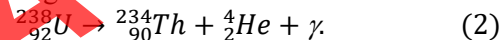
α -şüalanma, β -şüalanma və γ -şüalanma.

• **α -şüalanma** – helium ^4_2He nüvələri selindən ibarətdir. O, elektrik və maqnit sahələrinin təsirinə məruz qalır, yüksək ionlaşdırma qabiliyyətinə malikdir. Belə ki, o, sərbəst uçuş yolunda 10^5 cüt ion əmələ gətirə bilər. Bu şüalanma kiçik nüfuzetmə qabiliyyətinə malikdir: bərk cisimlər üçün 0,1 mm, qazlar üçünsə bir neçə sm-dir.

Radioaktiv nüvələrin α -şüalanması nüvələrin α -çevrilməsi adlanır. α -çevrilməsinə məruz qalan nüvənin yükü $2e$, kütləsi 4 vahid azalır və kimyəvi element Mendeleyev cədvəlinin başlanğıcına doğru yerini iki xana dəyişir:



Radioaktiv nüvənin α -çevrilməsinə nümunə olaraq uranın radioaktiv toriuma çevrilməsi reaksiyasını göstərmək olar:

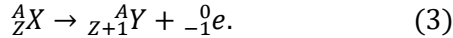


• **β -şüalanma** – enerjisi $(5\div 10)\text{MeV}$ -ə çatan elektron $^{-1}_0e$ (və ya β^-), yaxud pozitron $^{+1}_0e$ (və ya β^+) selindən ibarətdir. O, elektrik və maqnit sahələrində güclü

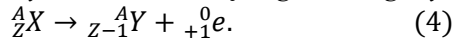
meyil edir, vakuumda işıq sürətinə yaxın sürətlə yayıla bilir və qalınlığı bir neçə mm olan alüminium lövhə tərəfindən tamamilə tutulur.

Radioaktiv nüvələrin β -şüalanması nüvələrin β -çevrilməsi adlanır.

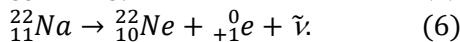
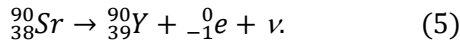
β^- - çevrilməsinə məruz qalan nüvənin yükü e qədər artır, kütlə ədədi dəyişmir və kimyəvi element Mendeleyev cədvəlinin sonuna doğru yerini bir xana dəyişir:



β^+ - çevrilməsinə məruz qalan nüvənin yükü e qədər azalır, kütlə ədədi dəyişmir və kimyəvi element Mendeleyev cədvəlinin başlanğıcına doğru yerini bir xana dəyişir:

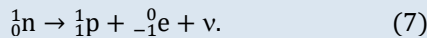


Radioaktiv nüvənin β -çevrilməsinə nümunə olaraq aşağıdakı reaksiyaları göstərmək olar:

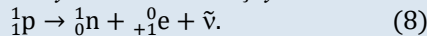


Radioaktiv nüvənin β -çevrilməsinin (5) və (6) reaksiyalarındakı ν və $\bar{\nu}$ simvolları nəyi bildirir?

1934-cü ildə İtaliya əsilli ABŞ fiziki Enriko Fermi (1901–1954) β -çevrilmənin kvant nəzəriyyəsini işlədi. Bu nəzəriyyəyə görə, nüvənin β^- - çevrilməsində nüvə daxilində bir neytronun protona çevrilmə prosesi baş verir. Həmin proses elektrik yükünün və enerjinin saxlanması qanununa görə iki zərrəciyin – elektron və yük ədədi ilə kütlə ədədi sıfıra bərabər olan zərrəciyin yaranması ilə müşayiət olunur. Fermi həmin zərrəciyi **neytrino** (ital. “neytrino” – neytral) adlandırdı:



Analoji olaraq nüvənin β^+ - çevrilməsində nüvə daxilində bir protonun neytrona çevrilməsi prosesi baş verir və pozitronla yanaşı, yük ədədi ilə kütlə ədədi sıfıra bərabər olan zərrəciyin – **antineytrino**nun yaranması ilə müşayiət olunur:



• **γ -şüalanma** – çox böyük tezlikli ($10^{18} \div 10^{20}$ Hz) **foton** selindən ibarət elektromagnit şüalanmasıdır. O çox böyük nüfuzetmə qabiliyyətinə də malikdir – qalınlığı bir neçə santimetr olan qurğuşun divardan keçə bilir. Bu şüalar elektrik yükünə malik olmadığından elektrik və magnit sahəsinin təsirinə məruz qalmır. γ -şüalanma, adətən, nüvələrin α - və β - çevrilmələrini müşayiət edir. Belə ki, nüvənin çevrilməyə məruz qalması – atomu həyəcanlanmış halda olan yeni nüvələrin yaranması deməkdir. Həyəcanlanmış atom isə γ -şüalanmaya malik olan kvant buraxmaqla yenidən əsas halına qaydır. Beləliklə:

• γ -şüalanmada nüvənin kütlə və yük ədədləri dəyişməz qalır – radioaktiv yerdəyişmə baş vermir.

• Bütün nüvə çevrilmələri və nüvə reaksiyaları üçün mütləq şəkildə kütlə və yük ədədlərinin saxlanması qanunu ödənilir.

Atomun enerjisi necə dəyişir?

Məsələ 2. Uran ${}_{92}^{238}\text{U}$ α -şüalanma nəticəsində ${}_{90}^{234}\text{Th}$ nüvəsinə çevrildi. Bu çevrilmə zamanı ayrılan enerjini və α zərrəciyin sürətini təyin edin.

Verilir	Həlli
$M_{{}_{92}^{238}\text{U}} = 238,125 \text{ a. k. v.}$ $M_{{}_2^4\text{He}} = 4,00387 \text{ a. k. v.}$ $M_{{}_{90}^{234}\text{Th}} = 234,116 \text{ a. k. v.}$ $1 \text{ a. k. v.} = 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ kq}$ $1 \text{ MeV} = 10^6 \text{ eV} = 1,6022 \cdot 10^{-13} \text{ C.}$ $E = ?$	${}_{92}^{238}\text{U} \rightarrow {}_{90}^{234}\text{Th} + {}_2^4\text{He}.$ $E = [M_{{}_{92}^{238}\text{U}} - (M_{{}_{90}^{234}\text{Th}} + M_{{}_2^4\text{He}})] \cdot 931,5 \text{ MeV.}$ $E = \frac{M_{{}_2^4\text{He}} \cdot v^2}{2} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2 \cdot E}{M_{{}_2^4\text{He}}}}.$

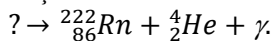
Nəticənin müzakirəsi:

- Uran nüvəsinin α -çevrilməsi prosesində neçə coul enerji ayrıldı? Bu çoxdur, yoxsa az?
- Radioaktiv çevrilmə zamanı yaranan α -zərrəcik hansı sürətlə nüvədən uzaqlaşdı?
- Bu nüvə çevrilməsi α -şüalanmanın hansı xassəsini təsdiq etdi?

HƏYATLA ƏLAQƏLƏNDİRİN

Son araşdırmalardan müəyyən olunmuşdur ki, insan gündəlik həyatda ən çox radonun radioaktiv şüalanmasına məruz qalır. Bu radioaktiv inert qazın mənbəyi yaşadığımız evin tikinti materialları (daş, kərpic, sement və s.), artezian quyusundan evimizə daxil olan su, işlətdiyimiz təbii qazın yanma məhsulu və s. ola bilər. Mütəxəssislər məsləhət görürlər ki, bu şüalanmanın konsentrasiyasını azaltmaq üçün otaqların havası tez-tez dəyişdirilməlidir.

- Aşağıda verilən hansı nüvənin α -şüalanmasında radioaktiv radon alınır?

**HƏYATLA ƏLAQƏLƏNDİRİN**

№	Suallar	Bilirəm		
		zəif	orta	yaxşı
1	Hansı maddələr stabil, hansılar isə radioaktiv adlanır?			
2	α -, β - və γ -şüalanmalarının xassələrini sadalayın.			
3	α - və β -şüalanmasındakı zərrəciklərin elektrik yüklərinin işarəsini necə təyin etmək olar?			
4	Nüvənin radioaktiv çevrilməsində hansı saxlanma qanunları ödənilir?			
5	Radioaktiv nüvənin β -çevrilməsi reaksiyalarındakı ν və $\bar{\nu}$ simvolları nəyi bildirir?			
6	γ -şüalanmanın yaranmasını nə ilə izah etmək olar?			

NƏ ÖYRƏNDİNİZ? İş vərəqində "Radioaktivlik və nüvələrin radioaktiv çevrilməsi" mövzusunda esse yazın.

4.9. RADIOAKTİV ÇEVİRLMƏ QANUNU

• KEÇDİKLƏRİNİZİ XATIRLAYIN •

Fizika – 9

- Hər bir radioaktiv maddə üçün müəyyən müddət vardır ki, həmin müddətdə onun nüvələrinin yarısı çevrilməyə məruz qalır.

- Radioaktiv nüvələrin yarısının çevrilməyə məruz qaldığı müddət – **yarımçevrilmə periodu** adlanır. Yarımçevrilmə periodu **T** hərfi ilə işarə edilir və BS-də vahidi **saniyədir**. İxtiyari $t_n = nT$ müddətindən sonra maddədə çevrilməyən nüvələrin sayı **radioaktiv çevrilmə qanunu** ilə ifadə olunur:

$$N = \frac{N_0}{2^n} = N_0 2^{-\frac{t}{T}}.$$

Radioaktiv çevrilmə qanununu 1902-ci ildə E.Rezerford və F.Soddi aşkar etmişlər. Bu qanun ixtiyari zaman anında radioaktiv çevrilməyə məruz qalmayan nüvələrin sayını müəyyənləşdirməyə imkan verir. Hər bir radioaktiv izotopun öz yarımçevrilmə periodu var, məsələn: uran-238 izotopunun yarımçevrilmə periodu 4,5 milyard il, radium -226-nın isə 1600 ildir.

- 1960-cı ildə ABŞ fiziki Frenk Libbi (1908–1980) geoxronologiyanın *radiokarbon metodunu* müəyyənləşdirdiyinə görə kimya üzrə Nobel mükafatına layiq görülmüşdür. Bu metodun köməyi ilə Yer kürəsi və insan mədəniyyəti tarixində baş vermiş müxtəlif hadisələrin – qayaüstü rəsmlərdən Misir fironlarının məzarlıqlarına qədərki dövrün, “Buz dövrü”nün başlanğıcından heyvanlar və bitkilər aləminin “məhv” olduğu dövrə qədərki hadisələrin, nisbətən “yaxın tarixi dövrə” aid arxeoloji tapıntıların yaşını müəyyənləşdirmək mümkün oldu.

- **Geoxronologiyanın müəyyənləşdirilməsi niyə radiokarbon metodu adlanır?**

- **Radiokarbon metodu hansı fiziki qanuna uyğunluğa əsaslanır?**

ARAŞDIRMA

1

Tapıntının neçə yaşı var?

Məsələ 1. Arxeoloji tapıntının laboratoriyada analizindən məlum oldu ki, onun tərkibindəki radiokarbon ^{14}C izotopunun faizlə miqdarı səkkiz dəfə azalmışdır. Radiokarbon ^{14}C izotopunun yarımçevrilmə periodu 5700 ildirsə, tapıntının neçə yaşı var?

Nəticənin müzakirəsi.

- Maddənin yarımçevrilmə periodu nə deməkdir?
- Tapıntının yarımçevrilmə periodu ilə yanaşı, onun daha hansı parametri məlum olmalıdır ki, tapıntının yaşını təyin etmək mümkün olsun?

E.Rezerford maddələrin radioaktiv çevrilmə prosesini araşdırarkən müəyyən etdi ki:

- radioaktiv maddələrin aktivliyi həmin maddənin kütləsi ilə mütənəsbidir;
- eyni radioaktiv maddə üçün müəyyən sabit zaman intervalı mövcuddur ki, bu intervalda onun aktivliyi orta hesabla 2 dəfə azalır. Belə azalma həmin maddənin halından (digər maddələrlə qarışığından, temperaturundan, təzyiqindən və s.) asılı deyildir;

- müxtəlif maddələrin radioaktivliyinin azalma sürəti müxtəlifdir.

Beləliklə, radioaktivliyin azalma sürətini xarakterizə etmək üçün elmə **yarımçevrilmə periodu** anlayışı daxil edildi.

- **Yarımçevrilmə periodu** – verilən radioaktiv nüvələrin sayının orta hesabla yarısının çevrilməyə məruz qaldığı zaman intervalıdır.

Hər bir maddə üçün radioaktiv çevrilmə periodunun sabit kəmiyyət olduğunu nəzərə alaraq radioaktiv nüvələrin çevrilmə (aktivliyinin azalma) qanununu asanlıqla müəyyənləşdirmək olar. Bunun üçün verilmiş ixtiyari maddənin başlanğıc $t_0 = 0$ anında radioaktiv nüvələrinin sayını N_0 -la işarə edək. Yarımcəvrilmə perioduna bərabər müddətdə (yəni: $t_1 = T$) radioaktiv nüvələrin sayı 2 dəfə azalır:

$$N_1 = \frac{N_0}{2}.$$

Bir o qədər zaman intervalından sonra (yəni: $t_2 = 2T$) radioaktiv nüvələrin sayı yenə 2 dəfə azalır:

$$N_2 = \frac{N_1}{2} = \frac{N_0}{2^2}.$$

Bu qayda ilə radioaktiv nüvələrin sayının azalma qanunauyğunluğunu müəyyənləşdirmək olar:

$$\left. \begin{array}{l} t_1 = T \rightarrow N_1 = \frac{N_0}{2} \\ t_2 = 2T \rightarrow N_2 = \frac{N_0}{2^2} \\ t_3 = 3T \rightarrow N_3 = \frac{N_0}{2^3} \end{array} \right\} t_n = nT \rightarrow N = \frac{N_0}{2^n}. \quad (1)$$

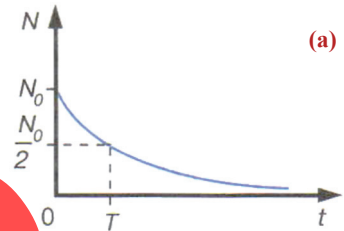
Radioaktiv nüvələrin ixtiyari t zaman anında sayı üçün aşağıdakı düsturu yazmaq olar:

$$N = N_0 \cdot 2^{-n}. \quad (2)$$

(2)-də $n = \frac{t}{T}$ olduğu nəzərə alınarsa, **radioaktiv çevrilmə qanununu** ifadə edən düstur alınar:

$$N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}. \quad (3)$$

Burada N – radioaktiv çevrilmədən sonra çevrilmiş qalan nüvələrin sayıdır. Bu düstura uyğun olaraq ixtiyari nümunədəki radioaktiv nüvələrin sayının zamandan asılı olaraq azalma qanununu qrafik təsvir edə bilərik **(a)**.



İxtiyari t zaman intervalında çevrilməyə məruz qalan nüvələrin sayı belə müəyyən olunur:

$$\Delta N = N_0 - N = N_0 \cdot \left(1 - 2^{-\frac{t}{T}}\right). \quad (4)$$

(4) düsturundan çevrilən nüvələrin radioaktiv nüvələrin hansı hissəsini təşkil etdiyi təyin olunur:

$$\frac{\Delta N}{N_0} = 1 - \frac{N}{N_0} = 1 - 2^{-\frac{t}{T}}. \quad (5)$$

Radioaktiv nüvələr yarımcəvrilmə periodundan başqa, **orta yaşama müddəti** (τ – tau) ilə də xarakterizə olunur. Onun yarımcəvrilmə periodu ilə əlaqəsi vardır:

$$\tau = 1,44T. \quad (6)$$

• İxtiyari t zaman anındakı radioaktiv nüvələrin sayının bu nüvələrin orta yaşama müddətinə nisbətində bərabər kəmiyyət radioaktiv nüvələrin aktivliyi adlanır:

$$A = \frac{N}{\tau}. \quad (7)$$

Radioaktiv nüvələrin aktivliyinin fiziki mənası bu nüvələrin vahid zamandakı çevrilmələrinin sayını ifadə etməsidir. Radioaktiv nüvələrin aktivliyi də zaman keçdikcə nüvələrin sayının azalma qanunu ilə azalır:

$$A = A_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}. \quad (8)$$

Radioaktiv maddənin aktivliyinin BS-də vahidi **bekkereldir** (1Bk): 1 Bk – elə radioaktiv maddənin aktivliyinə deyilir ki, həmin maddədə 1 san müddətində 1 çevrilmə baş versin.

TƏTBİQETMƏ

ARAŞDIRMA

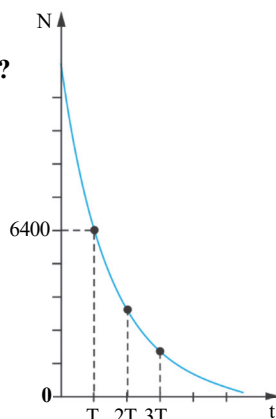
2

$t = 3T$ müddətindən sonra nə qədər radioaktiv nüvə qalar?

Məsələ 2. Radioaktiv maddənin çevrilməsi qanununun qrafikinə əsasən onun $t = 3T$ müddətindən sonra qalan nüvələrinin sayını təyin edin.

Nəticənin müzakirəsi:

- Maddədə $t = 0$ anında neçə radioaktiv nüvə var idi?
- Maddədə $t_1 = 2T$ müddətindən sonra neçə radioaktiv nüvə qalar?
- Maddədə $t_2 = 3T$ müddətindən sonra neçə radioaktiv nüvə qalar?



HƏYATLA ƏLAQƏLƏNDİRİN

Mənzildə radioaktiv radon qazının nüvələrinin sayı 15,2 sutkada 16 dəfə azaldı. Radonun yarımcəvrilmə periodu nə qədərdir?

- Radioaktiv nüvənin yarımcəvrilmə periodunu hansı düsturla təyin etdiniz?
- Həmin müddətdə radon qazının radioaktivliyi necə dəyişər?

ÖZÜNÜZÜ QIYMƏTLƏNDİRİN

№	Suallar	Bilirəm		
		zəif	orta	yaxşı
1	Radioaktiv çevrilmə qanununu şərh edin və düsturunu yazın.			
2	Radioaktiv elementin iki yarımperiodda bərabər zaman intervalında hansı hissəsi çevrilməyə məruz qalar?			
3	Radioaktiv atomun üç yarımperiodda bərabər zaman intervalından sonra neçə hissəsi çevrilir?			
4	Niyə Yer kürəsində bütün radioaktiv nüvələr tamamilə çevrilməyə məruz qalmır?			

NƏ ÖYRƏNDİNİZ? İş vərəqində “Radioaktiv çevrilmə qanunu” mövzusunda esse yazın.

4.10. NÜVƏ REAKSİYASI

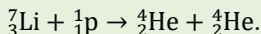
• KEÇDİKLƏRİNİZİ XATIRLAYIN •

Fizika – 9

- Atom nüvəsinin hər hansı zərrəciklə qarşılıqlı təsirindən digər atom nüvəsinə çevrilməsi **nüvə reaksiyası** adlanır.

Nüvə reaksiyasının baş verməsi üçün qarşılıqlı təsirdə olan zərrəciklər və ya nüvələr bir-birinə nüvə qüvvələrinin təsir dairəsinə qədər ($\approx 10^{-15}\text{m}$) yaxınlaşmalıdır.

Bu məqsədlə həmin zərrəciklərə yüksək kinetik enerji verilməlidir. Zərrəciklərə yüksək kinetik enerji vermək üçün **elementar zərrəciklərin sürətləndiricisi** adlanan xüsusi qurğudan istifadə olunur. Sürətləndirilmiş zərrəciklə (protonla) ilk nüvə reaksiyası 1932-ci ildə aparılmışdır: o, litium nüvəsinin iki helium nüvəsinə çevrilmə reaksiyasıdır:



Nüvə reaksiyalarının tədqiqində neytronun kəşfi çox mühüm rol oynadı. Belə ki, elektrik cəhətdən neytral olan neytron hətta sürətləndirilmədən də maneəsiz şəkildə atom nüvəsinə daxil olaraq onu başqa nüvəyə çevirə bilər.

- E.Rezerford 1911-ci ildə apardığı məşhur təcrübəsində qızıl ${}^{197}_{79}\text{Au}$ atomunu α -zərrəciklərlə (${}^4_2\text{He}$ nüvəsi ilə) bombardman etməklə atomun planetar modelinə malik quruluşunu əsaslandırdı. Bu təcrübədə qızıl atomunda heç bir dəyişiklik aşkar edilmədi, sadəcə olaraq 2000 α -zərrəcikdən biri nüvədən 180° geri qayıtmışdır. Lakin Rezerford 1919-cu ildə apardığı təcrübədə azot ${}^{14}_7\text{N}$ nüvəsini α -zərrəciklərlə bombardman etdikdə yeni kimyəvi elementin nüvəsi və əlavə zərrəcik yaranmışdır.

- Niyə α -zərrəciklə ağır nüvəni bombardman etdikdə bu nüvədə çevrilmə baş vermir, lakin “yüngül” nüvələrin həmin zərrəciklə bombardmanı onlarda dəyişikliyə səbəb olur?

ARAŞDIRMA

1 Reaksiyalar arasında fərq nədir?

Məsələ 1. Verilən reaksiyalarda alınan məchul izotopu təyin edin.

- 1) ${}^{27}_{13}\text{Al} + {}^1_0\text{n} \rightarrow ? + {}^4_2\text{He}$; 2) ${}^8_3\text{Li} \rightarrow ? + {}^0_{-1}\text{e}$; 3) ${}^{239}_{94}\text{Pu} \rightarrow ? + {}^4_2\text{He}$; 4) ${}^{10}_5\text{B} + {}^4_2\text{He} \rightarrow ? + {}^1_0\text{n}$.

Nəticənin müzakirəsi.

- Hansı reaksiya nüvə çevrilməsi, hansı nüvə reaksiyasıdır? Niyə?

Nüvə reaksiyasının xarakteri və enerjinin saxlanması qanunu. Nüvə reaksiyasının xarakteri qarşılıqlı təsirdə olan zərrəciklərin növündən və enerjisindən asılı olaraq müxtəlif ola bilər:

1. Nüvə qarşılıqlı təsirdə olduğu zərrəciyi tutduqdan sonra bir neçə qamma kvantı şüalandırmaqla öz əvvəlki vəziyyətinə qaydır. Bu zaman nüvədə heç bir dəyişiklik baş vermir.

2. Nüvə onu atəşə tutan zərrəciyi qəbul edərək nisbətən böyük kütlə ədədinə malik yeni nüvəyə çevrilir. Belə nüvə, adətən, həyəcanlanmış halda olur və o, zərrəcik (neytron, proton, elektron, α -zərrəcik və s.) buraxmaqla başqa elementin nüvəsinə çevrilir.

3. Nüvə zərrəcik tutduqdan sonra qəlpələrə parçalanır, onlar da, öz növbəsində, zərrəciklər buraxmaqla başqa elementlərin nüvələrinə çevrilir.

İxtiyari nüvə reaksiyası belə yazılır:



burada X – ilkin nüvə, a – ilkin nüvəni atəşə tutan zərrəcik, Y – alınan nüvə, b – reaksiyada alınan zərrəcikdir.

Nüvə reaksiyaları zamanı enerjinin, yük və kütlə ədədlərinin saxlanması qanunları ödənilir. Belə reaksiyalarda nüvələrin çevrilməsi baş verdiyindən onların daxili enerjisi və deməli, xüsusi rabitə enerjisi dəyişir. Bu isə enerjinin saxlanması qanununa görə zərrəciklərin kinetik enerjisinin dəyişməsinə səbəb olur.

• Nüvə reaksiyasında iştirak edən zərrəciklərin kinetik enerjisinin dəyişməsi nüvə reaksiyasının çıxış enerjisi adlanır:

$$\Delta E = E'_K - E_K. \quad (2)$$

Burada E_K və E'_K – uyğun olaraq reaksiyada iştirak edən zərrəciklərin başlanğıc və son kinetik enerjiləri, ΔE – nüvə reaksiyasının çıxış enerjisidir.

Əgər nüvə reaksiyasının çıxış enerjisi $\Delta E > 0$ olarsa, belə reaksiya **ekzotermik nüvə reaksiyası** adlanır. Ekzotermik nüvə reaksiyasında reaksiyaya girən ilkin zərrəciklərin kütlələri cəmi reaksiyanın nəticəsi olan sonrakı zərrəciklərin kütlələri cəmindən böyük olduğundan enerji ayrılması baş verir.

Əgər nüvə reaksiyasının çıxış enerjisi $\Delta E < 0$ olarsa, belə reaksiya **endotermik nüvə reaksiyası** adlanır. Endotermik nüvə reaksiyasında reaksiyaya girən ilkin zərrəciklərin kütlələri cəmi reaksiyanın nəticəsi olan sonrakı zərrəciklərin kütlələri cəmindən kiçik olduğundan enerji udulması baş verir.

Enerjinin saxlanması qanununa görə (2) ifadəsini nüvələrin rabitə enerjilərinin fərqi kimi də yazmaq olar:

$$\Delta E = E'_{rab} - E_{rab}. \quad (3)$$

və ya

$$\Delta E = (m_1 - m_2)c^2 = (m_1 - m_2) \cdot 931,5 \text{ MeV}. \quad (4)$$

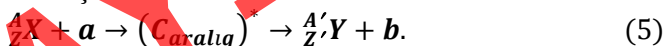
Burada m_1 – reaksiyaya girən zərrəciklərin kütlələri cəmi, m_2 – reaksiya nəticəsində alınan zərrəciklərin kütlələri cəmidir.

• Nüvə reaksiyasının çıxış enerjisi – reaksiyada yaranan nüvənin rabitə enerjisi ilə ilkin nüvənin rabitə enerjisi fərqinə bərabərdir.

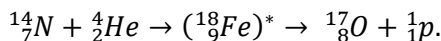
Nils Borun fərziyyəsinə görə, nüvə reaksiyası iki mərhələdə baş verir.

Birinci mərhələdə: atəşə tutan zərrəcik hədəf nüvəyə daxil olaraq yeni, aralıq nüvə yaradır. Aralıq nüvə isə ora düşən zərrəciyin enerjisi bütün nuklonlar arasında paylandığından həyəcanlanır. Nuklonlar arasında enerji mübadiləsi baş verir. Nəticədə bir və ya bir neçə nuklonda nüvə rabitəsini qırmağa kifayət edən miqdarda enerji toplanır.

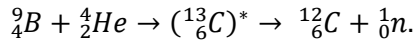
İkinci mərhələdə: aralıq nüvə çox qısa zaman intervalından ($\approx 10^{-14} \div 10^{-12}$ san) sonra artıq enerjisini şüalandırmaqla həyəcanlanmış haldan minimum enerji səviyyəsinə – dayanıqlı hala qaydır. Nəticədə aralıq nüvənin qalıq nüvəyə və digər zərrəciyə çevrilməsi baş verir:



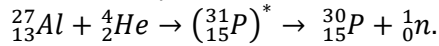
İlk nüvə reaksiyaları. İlk süni nüvə reaksiyası Rezerford tərəfindən 1919-cu ildə həyata keçirilmişdir. O, azotun oksigenə çevrilmə reaksiyası olmuş və protonun kəşfi ilə nəticələnmişdir:



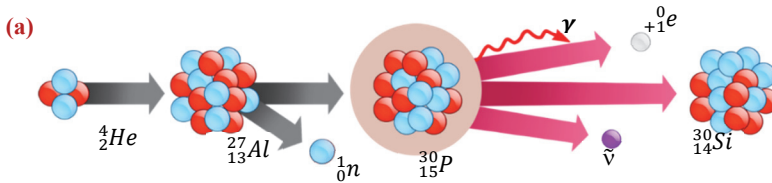
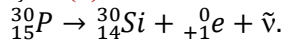
1932-ci ildə E.Rezerfordun tələbəsi Ceyms Çedvik (1891–1974) berillium izotopunu α -zərrəciklərlə bombardman etməklə neytronun kəşf olunduğu süni nüvə reaksiyasını aparır:



1934-cü ildə fransız fizikləri Frederik Jolio Kюри (1890–1958) və İren Jolio-Kюри (1897–1956) apardıqları nüvə reaksiyasında ilk dəfə radioaktiv fosfor nüvəsi alırlar:



Sonra isə radioaktiv ${}^{30}_{15}\text{P}$ izotopunun öz-özünə β^+ -çevrilməsi nəticəsində ${}^{30}_{14}\text{Si}$ izotopunun alınması baş vermişdir (a):



TƏTBİQETMƏ

ARAŞDIRMA

2

Reaksiyanı yazı bilərsinizmi?

Məsələ 2. Dəmir ${}^{56}_{26}\text{Fe}$ nüvəsini neytronla bombardman etdikdə kütlə ədədi $A = 56$ olan β^- radioaktiv mənqən nüvəsi alınır. Radioaktiv mənqənin alınma reaksiyasını və onun radioaktiv β^- -çevrilməsi reaksiyasını yazın.

Nəticənin müzakirəsi:

- Bu reaksiyalar hansı zərrəciklərin ayrılması ilə nəticələnir?
- Həmin iki reaksiyadan nüvə reaksiyası hansıdır? Niyə?

HƏYATLA ƏLAQƏLƏNDİRİN

Hidrogenin ${}^2_1\text{H}$ və ${}^3_1\text{H}$ izotoplarından ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$ sxemi əsasında gedən nüvə reaksiyasında helium ${}^4_2\text{He}$ nüvəsinin yaranması zamanı ayrılan enerjini təyin edin.

İpucu. (4) düsturundan və 4.4 cədvəlindən istifadə edin.

- Bu nüvə reaksiyası enerji ayrılması ilə nəticələndi, yoxsa udulması ilə? Niyə?

ÖZÜNÜZÜ QIYMƏTLƏNDİRİN

№	Suallar	Bilirəm		
		zəif	orta	yaxşı
1	Nüvə reaksiyasında enerjinin saxlanması qanununun ödənilməsi nə deməkdir? Nümunə göstərin.			
2	Nüvə reaksiyasında çıxış enerjisi necə hesablanır?			
3	Nüvə reaksiyasında hansı halda enerji şüalanır, hansı halda udulur?			
4	Nüvə reaksiyasında kütlə və yük ədədinin saxlanması qanununun ödənilməsi nə deməkdir? Nümunə göstərin.			
5	${}^{204}_{82}\text{Pb} + {}^{40}_{18}\text{Ar} \rightarrow ? + 2{}^1_0\text{n}$ və ${}^{22}_{10}\text{Ne} + {}^{242}_{94}\text{Pu} \rightarrow ? + 4{}^1_0\text{n}$ nüvə reaksiyaları ilə Yer kürəsində olmayan iki kimyəvi element alınmışdır. Bu elementlər hansılardır?			

NƏ ÖYRƏNDİNİZ? İş vərəqində “Nüvə reaksiyası” mövzusunda esse yazın.

4.11. URAN NÜVƏSİNİN BÖLÜNMƏSİ. ZƏNCİRVARI NÜVƏ REAKSİYASI

• KEÇDİKLƏRİNİZİ XATIRLAYIN •

Fizika – 9

Eyni şəraitdə ağır nüvələrin neytronlarla bombardman edilməsi zamanı qeyri-adi hadisələr baş verir:

- orta kütləli kimyəvi elementlərin nüvələri yaranır;
- yeni nəsil neytronlar yaranır;
- yeni nəsil neytronlar yeni-yeni nüvə reaksiyaları yaradır və onları artan silsilə ilə davam etdirir;
- böyük miqdarda enerji ayrılır.

Uran nüvəsinin bölünməsi reaksiyası zamanı yaranan yeni “nəsil” neytronların qarşısına başqa uran nüvələri çıxdıqda onların da bölünməsi reaksiyaları baş verir. Bu reaksiyaların hər birindən növbəti “nəsil” neytronlar yaranır və beləliklə, ilkin neytronların təsiri altında uran nüvəsinin bölünməsinin uzun zənciri alınır.

• **Zəncirvari reaksiya** – bölünən uran nüvələrinin sayının sel artımıdır.

Zəncirvari nüvə reaksiyasının mövcud olması üçün iki zəruri şərt ödənilməlidir:

I şərt: zəncirvari reaksiya zamanı neytronların artma əmsalı vahidə bərabər və ya ondan böyük olmalıdır.

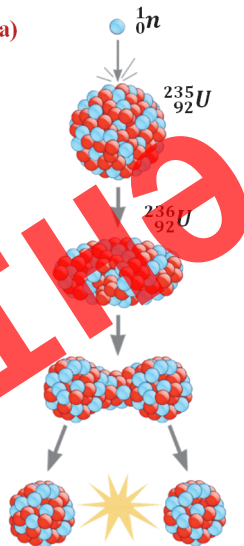
• Hər hansı nəsilə olan neytronlar sayının ondan əvvəlki nəsil neytronlar sayına nisbəti **neytronların artma əmsalı** (k) adlanır: $k = \frac{N_{\text{sonrakı}}}{N_{\text{əvvəlki}}}$.

Deməli, zəncirvari nüvə reaksiyasının getməsi üçün neytronların artma əmsalı $k \geq 1$ olmalıdır. Əgər $k > 1$ olarsa, bölünmə yaradan neytronların sayı getdikcə artar və idarə olunmayan – partlayışa səbəb olan zəncirvari nüvə reaksiyası baş verir. Əgər $k < 1$ olarsa, bölünmə yaradan neytronların sayı getdikcə azalar və reaksiya sönər. Əgər $k = 1$ olarsa, bölünmə yaradan neytronların sayı dəyişməz qalar və idarəolunan zəncirvari nüvə reaksiyası baş verir.

II şərt: uranın kütləsi müəyyən minimal miqdarda – böhran kütləsinə bərabər və ya ondan böyük olmalıdır.

• Zəncirvari nüvə reaksiyasının getməsi üçün tələb olunan ən kiçik uran kütləsi **böhran kütlə** adlanır.

■ Danimarka alimi Nils Bor uran (a) nüvəsinin bölünmə mexanizmini nüvəni damla modelinə bənzətməklə izah etmişdir. Onun fikrinə, nüvə nuklonlar toplusundan ibarət maye damlasına bənzəyir. Bu damla neytronla toqquşduqda həyəcanlanır. Nəticədə nuklonlar arasında mövcud olan qüvvələr arasındakı balans pozulur. Nüvə deformasiya edərək uzunsov forma alır və onun uclarındakı nuklonlar bir-birindən uzaqlaşır. Nəhayət, elə bir an gəlir çatır ki, nüvə iki qəlpəyə bölünür və onlar çox böyük kinetik enerji ilə kənara atılır (a).



- Neytron qəbul etməklə həyəcanlanan nuklonlar arasında hansı qüvvələr arasında balans pozulur?
- Niyə bölünmədən alınan qəlpələr (nüvələr) çox böyük kinetik enerjiyə malik olur?
- Enerjinin saxlanması qanununa görə, qəlpələrin aldığı bu kinetik enerjinin cəmi nəyə bərabərdir?
- Bölünmədən alınan qəlpələr kimyəvi elementlərin dövrü sisteminin hansı elementləri ola bilər?

Nüvənin bölünmə reaksiyasını və alınan nüvələrin radioaktiv β^- -çevrilməsini yazma bilərsinizmi?

Məsələ 1. Uran $^{235}_{92}\text{U}$ nüvəsi neytronlarla bombardman edildikdə o, iki nüvəyə bölünür – β^- -radioaktiv stronsium-95 və β^- radioaktiv ksenon-139 nüvələrinə. Bu nüvələrin alınma reaksiyasını və onların radioaktiv β^- -çevrilmə reaksiyalarını yazın.

Nəticənin müzakirəsi:

- Uran $^{235}_{92}\text{U}$ nüvəsinin bölünmə reaksiyasından daha hansı zərrəciklər alındı?

Uran nüvəsinin bölünməsi. Ağır nüvələrin bölünməsi ilə nəticələnən nüvə reaksiyaları digər reaksiyalardan nəhəng miqdarda enerji ayrılması ilə müşayiət olunur. Bu, xüsusi rabitə enerjisinin kütlə ədədindən asılılıq qrafikindən də aydın görünür (bax: **mövzu 4.7**). Məsələn, uran $^{235}_{92}\text{U}$ nüvəsinin xüsusi rabitə enerjisi $\approx 7,6 \frac{\text{MeV}}{\text{nuklon}}$ təşkil edir. Kimyəvi elementlərin dövrü sisteminin ortalarında yerləşən nüvələrin isə xüsusi rabitə enerjisi maksimal qiymətə – təqribən $8,8 \frac{\text{MeV}}{\text{nuklon}}$ -a qədərdir. Bu o deməkdir ki, əgər ağır uran nüvəsi 2–3 sayda nisbətən yüngül nüvəyə bölünərsə, onun hər nuklonuna düşən rabitə enerjisi $\approx 1 \text{ MeV}$ qədər artmalıdır. Uran nüvəsində nuklonların sayı 235 olduğundan onun nisbətən yüngül nüvələrə bölünmə reaksiyasında enerjisi $\approx 200 \text{ MeV}$ qədər artmalıdır. Enerjinin saxlanması qanununa görə, ağır nüvənin hər bölünmə reaksiyasında da həmin miqdarda enerji ayrılması baş verir.

Bu nəzəri hesablamalar ilk praktik təsdiqini 1939-cu ildə alman alimləri Otto Han (1879–1968) və Frits Ştrassman (1902–1980), Avstriya alimləri Liza Meytner (1878–1968) və Otto Friş (1904–1979) tərəfindən aparılan nüvənin bölünmə reaksiyalarında tapdı. Çoxsaylı eksperimentlər nəticəsində müəyyən olundu ki, uran $^{235}_{92}\text{U}$ nüvəsi neytronlarla bombardman edildikdə o, kütlə ədədləri bir-birinə yaxın olan iki radioaktiv nüvəyə (bunlar bəzən “qəlpələr” adlanır) bölünür. Hər belə bölünmədə 2–3 yeni neytron və 200 MeV enerji ayrılır.



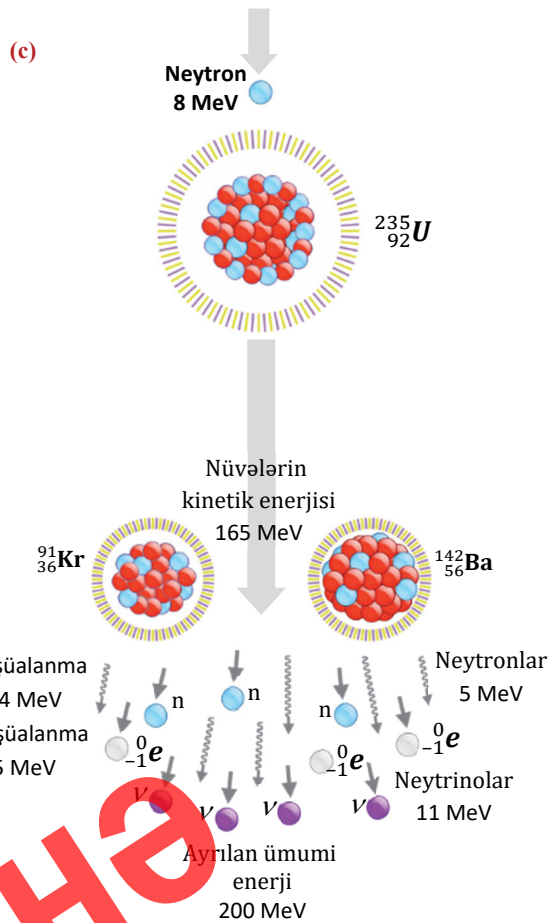
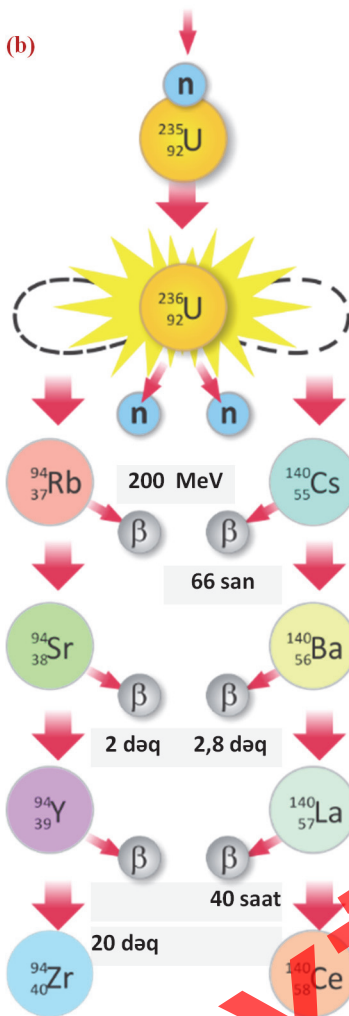
Qəlpələr, adətən, β^- radioaktiv nüvələr olur. Ona görə də həmin nüvələr dayanıqlı izotoplara çevrilənə qədər bir neçə ardıcıl β^- çevrilməsinə məruz qalır (**b**).

Nüvə reaksiyasında ayrılan enerjinin əsas hissəsi ($\approx 165 \text{ MeV}$) bölünmədən yaranan qəlpələrin kinetik enerjisinin, qalan hissəsi isə müxtəlif şüalanmaların payına düşür (**c**).

Zəncirvari nüvə reaksiyası. Uran nüvəsinin bölünməsindən alınan enerjinin praktik istifadəsini mümkün edən fakt hər bölünmə prosesinin 2–3 yeni “nəsil”

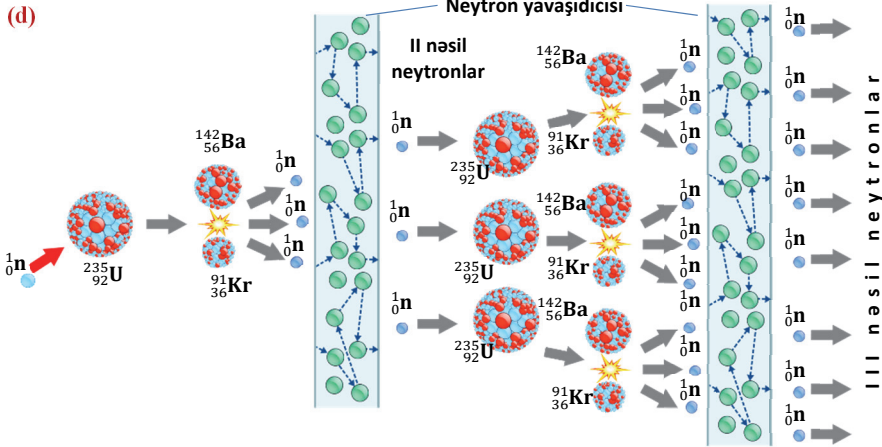
neytronun buraxılması ilə müşayiət olunmasıdır. Bu neytronların qarşısına başqa uran nüvələri çıxarsa, onların da bölünmə reaksiyaları baş verər – növbəti “nəsil” neytronlar yaranar. Beləliklə, ilkin neytronun təsiri altında uran nüvəsinin zəncirvari bölünmə reaksiyası baş verər (d).

• *Zəncirvari nüvə reaksiyası elə reaksiyaya deyilir ki, onu törədən zərrəcik (neytron) həmin reaksiyanın məhsulu kimi yaranır.*



Əgər zəncirvari nüvə reaksiyasının gedişində bölünən uran nüvələrinin və onunla yanaşı, sonrakı nəsil neytronların sel artımı baş verirsə, reaksiya idarə olunmur – partlayış baş verir. Atom bombasının iş prinsipi belə reaksiyaya əsaslanmışdır.

Əgər zəncirvari nüvə reaksiyasında bölünən uran nüvələrinin sayı sabit qalırsa, reaksiya partlayışla nəticələnmir, stabil davam edir. Belə zəncirvari reaksiya idarəolunan reaksiya adlanır.



İdarəolunan zəncirvari nüvə reaksiyası necə təmin edilir?

Birincisi, zəncirvari nüvə reaksiyası uran $^{235}_{92}\text{U}$ nüvəsinin yavaş neytronlarla bombardman edilməsi nəticəsində baş verir. Reaksiyada yaranan yeni nəsil neytronlar böyük kinetik enerjiyə malik olduğundan onları “neytron yavaşdırıcısı” adlanan qurğudan keçirtmək lazımdır. Neytron yavaşdırıcısı kimi ağır sudan – deuteriumdan və ya təmiz qrafitdən istifadə olunur. Bu yavaşdırıcılar yüngül nüvəli olduğundan sürətli neytronla toqquşduqda onların kinetik enerjilərinin çox hissəsini “udurlar” (bax: d).

İkincisi, verilmiş kütləli uran nüvəsinin zəncirvari reaksiyasında neytronların artma əmsalı $k = 1$ olmalıdır. Neytronların sayını sabit saxlamaq məqsədi ilə “neytron uducusu”ndan istifadə olunur. Uducu kimi, adətən, kadmium və bor tərkibli çubuqlar tətbiq edilir: bu maddələrin nüvələri neytronları yaxşı udur.

Üçüncüsü, yeni nəsil yavaş neytronların yeni reaksiyalar zəncirini davam etdirməsi üçün onların uranda qalmasına şərait yaradılmalıdır. Bu o deməkdir ki, neytronlar uran maddəsində mümkün qədər böyük yol getməlidir, yəni maddənin ölçüsü – uyğun olaraq onun kütləsi *böhran ölçüsündə* olmalıdır. Kürəformalı uran $^{235}_{92}\text{U}$ “yanacağı” üçün böhran kütləsi 48 kq-dır. Lakin uran yanacağını berillium tərkibli qaytarıcı örtük daxilində yerləşdirdikdə onun kütləsini xeyli azaltmaq olur. Belə ki, örtük üzərinə düşən yeni nəsil neytronları yenidən reaksiyaya qaytarmaqla onların uran yanacağındakı yolunu uzadır.

Nüvə reaksiyasında hansı element və neçə neytron yarandı?

Məsələ 2. Uran $^{235}_{92}\text{U}$ nüvəsinin bölünmə reaksiyasında kütlə ədədləri 96 və 138 olan nüvə qəlpələri yarandı. Bu reaksiyada əmələ gələn neytronların sayını təyin edin.

Nəticənin müzakirəsi:

- Reaksiya nəticəsində yaranan yeni nəsil neytronların sayını necə müəyyənləşdirdiniz?

HƏYATLA ƏLAQƏLƏNDİRİN

Təbiətdə olan uranın tərkibinin 99,3% hissəsi $^{238}_{92}\text{U}$ izotopunun, cəmi 0,7% isə $^{235}_{92}\text{U}$ izotopunun payına düşür. Ona görə də təbii uranın tərkibindən nüvə yanacağı kimi kifayət miqdarda təmiz uran $^{235}_{92}\text{U}$ izotopu almaq üçün mürəkkəb və çox baha başa gələn işlər görülür. Zəncirvari nüvə yanacağı kimi təbii uran $^{238}_{92}\text{U}$ izotopunun nüvəsindən istifadə etmək mümkün olsa idi, daha böyük enerji əldə edilə bilərdi.

- Hansı şəraitdə zəncirvari reaksiyada təbii uran $^{238}_{92}\text{U}$ izotopunun nüvəsindən istifadə etmək olar?
- Bu zaman idarəolunan zəncirvari reaksiyanın getməsi üçün nəyin tətbiqinə ehtiyac qalmazdı?

ÖZÜNÜZÜ QIYMƏTLƏNDİRİN

№	Suallar	Bilirəm		
		zəif	orta	yaxşı
1	Niyə uran nüvəsinin bölünməsi zamanı zəncirvari reaksiya yarana bilər?			
2	Uran nüvəsinin bölünmə reaksiyasında nə qədər enerji ayrılır? Bu enerjini nə müəyyənləşdirir?			
3	İdarəolunan zəncirvari nüvə reaksiyası necə təmin edilir?			
4	Niyə təbii uran $^{238}_{92}\text{U}$ izotopundan nüvə yanacağı kimi istifadə etmək əlverişli deyildir?			

NƏ ÖYRƏNDİNİZ? İş vərəqində uran $^{235}_{92}\text{U}$ nüvəsində gedən zəncirvari reaksiyanın mexanizmi haqqında əsə yazın və onu sxematik təsvir edin.

LAYIHƏ

4.12. İSTİLİK NÜVƏ REAKSİYASI

• KEÇDİKLƏRİNİZİ XATIRLAYIN •

Fizika – 9

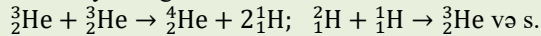
İki nüvənin birləşməsi (sintezi) üçün onlar eyni işarəli yükə malik nüvələr arasındakı Kulon itələmə qüvvələrini dəf edib nüvə qüvvələrinin təsir məsafəsinə qədər (10^{-15} m) yaxınlaşmalıdır.

Bunun üçün nüvələr çox böyük kinetik enerjiyə malik olmalıdır.

Nüvələrin həmin enerjini alması üçün sintez reaksiyası çox yüksək temperaturda ($\approx 10^8 \div 10^9$ K) aparılmalıdır, çünki temperaturun kəskin artması nüvələrin sürət və kinetik enerjisinin də kəskin artmasına səbəb olur.

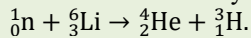
• Çox yüksək temperaturlarda gedən yüngül nüvələrin birləşmə (sintez) reaksiyası **istilik nüvə reaksiyası** adlanır.

Araşdırmalardan müəyyən edilmişdir ki, Günəş və digər ulduzların daxilində əsas etibarilə aşağıdakı sintez nüvə reaksiyaları gedir:



• Günəş və digər ulduzlar – öz-özünə idarə edilən təbii istilik nüvə “reaktorları”dır.

İdarə edilməyən istilik nüvə reaksiyası **hidrogen bombasının** partladılması ilə əldə edilmişdir. Bombanın partlayıcı başlığını litium-deyterium qarışığından ibarət **LiD** adlanan maddə təşkil edir. Alışdırıcı (detonator) kimi atom bombasından istifadə olunur. Əvvəlcə hidrogen bombasının daxilində atom bombası partladılır. Nəticədə temperatur kəskin artır və güclü neytron seli yaranır. Neytronların litium izotopu ilə birləşmə reaksiyası baş verir. Sintez nüvə reaksiyasından helium və tritium nüvələri yaranır:



Deyterium və litium nüvələrinin yüksək temperaturda neytronla birləşməsindən idarə ediləməyən istilik nüvə reaksiyası baş verir – külli miqdarda enerji ayrılır və hidrogen bombası partlayır.

■ Ağır radioaktiv nüvələrin zəncirvari bölünmə reaksiyası əsasında işləyən AES-in istilik elektrik stansiyasından iki mühüm üstünlüyü vardır: ekoloji baxımdan nisbətən təmizdir və az yanacaq sərf etməklə çox böyük miqdarda enerji istehsal edir. Lakin bununla yanaşı, AES bəşəriyyəti iki ciddi problem qarşısında qoyur: birincisi, nüvə yanacağı (əsasən, uran və torium) Yer qabığı kütləsinin çox cüzi hissəsini – cəmi $(3 \div 8) \cdot 10^{-4}\%$ təşkil edir və onun əldə olunması getdikcə çətinləşir. İkincisi, bütün dünyada fasiləsiz artan radioaktiv yanacaq tullantısının harada təhlükəsiz saxlanması problemi.

- Ağır nüvələrin bölünmə reaksiyasını əvəz edən elə nüvə reaksiyaları varmı ki, AES-in üstünlüklərini saxlamaqla onun çatışmayan cəhətlərini aradan qaldırsın?
- Belə səmərəli yanacaq nə ola bilər?



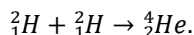
Çox yüngül nüvələrin sintez (birləşmə) reaksiyaları ağır nüvələrin bölünmə reaksiyasının üstünlüklərini saxlamaqla onun çatışmayan cəhətlərini aradan qaldıra bilər. Nüvələrin sintez reaksiyaları ifrat yüksək temperaturalarda ($\approx 10^9 K$) baş verir və bu zaman ayrılan çox böyük miqdarda enerji hesabına reaksiya öz-özünə davam edir. *İstilik nüvə reaksiyası* adlandırılan belə reaksiyalarda külli miqdarda enerji ayrılmasının səbəbi nüvələrin bölünmə reaksiyalarında olduğu kimidir. Belə ki, reaksiyanın məhsulu olan nüvələrin xüsusi rabitə enerjisi sintez olunan nüvələrin uyğun enerjisindən böyükdür. Sintez olunan iki yüngül nüvənin kütlələri cəmi, reaksiya məhsulu olan nüvələrin kütlələri cəmindən böyük olduğundan yaranan kütlə defekti reaksiya nəticəsində külli miqdarda enerji ayrılmasına səbəb olur: $\Delta E = (m_1 - m_2) \cdot 931,5 \text{ MeV}$ düsturuna əsasən.

ARAŞDIRMA

1

Hansı reaksiya nəticəsində bir nuklona düşən rabitə enerjisi daha böyükdür: iki yüngül nüvənin sintez, yoxsa bir ağır nüvənin bölünmə reaksiyasında?

Məsələ 1. Ən sadə nüvələrin sintez reaksiyası iki deuterium nüvəsinin heliuma çevrilmə reaksiyasıdır:

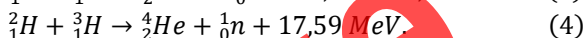
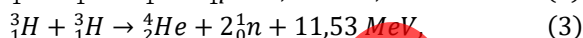
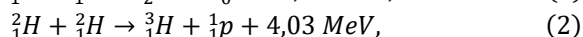
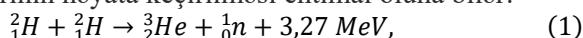


Reaksiya nəticəsində ayrılan enerjinin hər nuklona düşən miqdarını təyin edin. Bu enerjini uran nüvəsinin bölünmə reaksiyasında yaranan uyğun enerjinin qiyməti ilə müqayisə edin.

Nəticənin müzakirəsi:

- Hansı reaksiyada ayrılan enerjinin bir nuklona düşən miqdarı daha böyükdür: iki yüngül nüvənin sintezində, yoxsa bir uran nüvəsinin bölünməsində? Niyə?

İstilik nüvə reaksiyaları təbiətdə yalnız ulduz və Günəş nüvəsində baş verir. Belə reaksiyaları Yer şəraitində həyata keçirmək üçünə maddəni ya nüvə partlayışı ilə, ya güclü qaz boşalması ilə, ya nəhəng lazer şüalanması ilə, ya da sürətləndirilmiş zərrəciklərlə bombardman etmək lazımdır. İdarəolunan nüvə sintez reaksiyası üçünə *istilik nüvə reaktoru* tələb olunur. İstilik nüvə reaktorunda aşağıdakı nüvə sintez reaksiyalarının həyata keçirilməsi ehtimal oluna bilər:



Göründüyü kimi, (4) reaksiyası enerji ayrılması baxımından daha sərfəlidir, çünki nüvələrin bu sintez reaksiyasında ayrılan enerjinin hər nuklona düşən miqdarı 3,5 MeV-dir. Halbuki uran nüvəsinin bölünməsi zamanı ayrılan enerjinin hər nuklona düşən miqdarı cəmi 1 MeV-dir.

Əgər istilik nüvə reaktoru yaratmaq mümkün olsa idi, o, AES-dən bəzi üstünlükləri ilə fərqlənərdi. Bu üstünlüklər:

1) çox böyük miqdarda enerji istehsal etməsindən ibarətdir;

2) Yerdə nüvə sintez reaksiyasının əsas “yanacağı” olan deuteriumun (2_1H) miqdarının, demək olar, sonsuz olmasından ibarətdir. Belə ki, deuteriumun mənbəyini Dünya okeanı təşkil edir. Tritiumu isə reaktorun özündə litiumun neytronla qarşılıqlı təsirindən almaq mümkündür: ${}^6_3Li + {}^1_0n \rightarrow {}^4_2He + {}^3_1H$;

3) yüksək ekoloji təhlükəsizliyə malik olmasından ibarətdir. Belə ki, bu reaksiyaların radioaktiv tullantısı olmur.

Təəssüf ki, Yerdə ifrat yüksək temperaturlarda işləyə bilən idarəolunan istilik nüvə reaktoru qurmaq və onun vasitəsilə sənaye miqyasında enerji istehsal etmək hələ ki mümkün deyildir. Belə reaktor hazırlamaq mümkün olsaydı, Yerdə enerji problemi birdəfəlik həllini tapardı. Lakin idarə edilməyən nüvə sintez reaksiyası *hidrogen bombasında* reallaşdırılmışdır (bax: Fizika 9).

TƏTBİQETMƏ

ARAŞDIRMA

2

Helium nüvəsinin alınma reaksiyasında nə qədər enerji ayrılır?

Məsələ 2. Deyterium və tritiumun sintez reaksiyasında 1 kq kütləli heliumun alınması zamanı ayrılan enerjinin miqdarını hesablayın. Həmin miqdarda enerjinin alınması üçün nə qədər daş kömür yandırmaq lazım gəldiyini təyin edin (daş kömürün xüsusi yanma istiliyi $3 \cdot 10^8 \text{C/kq-dır}$).

İPUCU

Deyterium və tritium nüvələrinin ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n} + 17,59 \text{ MeV}$ sintez reaksiyasında ayrılan enerjini 1 kq kütləli neytron nüvələri üçün hesablayın.

Nəticənin müzakirəsi:

- 1 kq kütləli helium nüvəsinin alınma sintez reaksiyasında nə qədər enerji ayrılır?
- Həmin qədər enerji əldə etmək üçün neçə kq daş kömür yandırmaq lazım gələr?

HƏYATLA ƏLAQƏLƏNDİRİN

• Niyə bu vaxta qədər nüvələrin sintez reaksiyasına əsaslanan reaktor yaratmaq mümkün olmayıbdır? Bu istiqamətdə alimlər hansı problemin həll yolunu tapa bilmirlər?

ÖZÜNÜZÜ QIYMƏTLƏNDİRİN

№	Suallar	Bilirəm		
		zəif	orta	yaxşı
1	Nüvələrin sintez reaksiyasında külli miqdarda enerji ayrılması nə ilə izah olunur?			
2	Niyə nüvələrin sintez reaksiyası ifrat yüksək temperaturlarda baş tutur?			
3	Nüvələrin sintez və ya bölünmə reaksiyalarında ayrılan enerjinin hər nuklona düşən miqdarlarını müqayisə edin.			
4	İstilik nüvə reaktorunun AES-dən hansı üstünlükləri var? Problemi nədir?			

NƏ ÖYRƏNDİNİZ? İş vərəqində "Atom və nüvə silahları" mövzusunda referat planını hazırlayın.

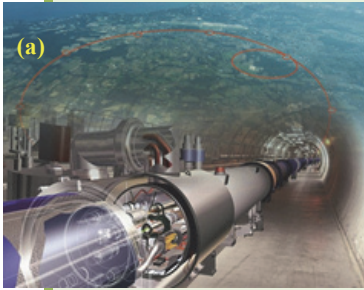
EV TAPŞIRIĞI. Həmin plan əsasında verilən mövzuda referat yazın.

4.13. ELEMENTAR ZƏRRƏCİKLƏR VƏ ONLARIN QEYDƏALINMA ÜSULLARI

• KEÇDİKLƏRİNİZİ XATIRLAYIN •

Fizika – 9

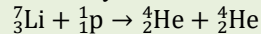
Bu məqsədlə həmin zərrəciklərə yüksək kinetik enerji verilməlidir. Zərrəciklərə yüksək kinetik enerji vermək üçün **elementar zərrəciklərin sürətləndiricisi** adlanan xüsusi qurğudan istifadə olunur.



Nüvə reaksiyasının baş verməsi üçün qarşılıqlı təsirdə olan zərrəciklər və ya nüvələr bir-birinə nüvə qüvvələrinin təsir dairəsinə qədər ($\approx 10^{-15}\text{m}$) yaxınlaşmalıdır.

Şəkilə elementar zərrəciklərin onlarca kilometr uzunluğunda olan müasir yeraltı sürətləndirici qurğusunun şəkil-sxemi təsvir edilmişdir (a).

Belə sürətləndiricidə zərrəciyə, məsələn, α -zərrəciyə verilən kinetik enerji radioaktiv çevrilmədən yaranan α -şüalanmanın enerjisindən 100 000 dəfərlə böyük olur. Sürətləndirilmiş zərrəciklə (protonla) ilk nüvə reaksiyası 1932-ci ildə aparılmışdır. O, litium nüvəsinin iki helium nüvəsinə çevrilmə reaksiyasıdır:



- Nüvə reaksiyaları ilə tanış olarkən, yəqin ki, belə bir fakta diqqət yetirdiniz: demək olar, bütün reaksiyalarda elementar zərrəciklər – foton, elektron, neytron, pozitron, neytrino, antineytrino iştirak edir. Bu zərrəciklər nüvə reaksiyalarında ya nüvələrin qarşılıqlı təsirindən yaranır, ya da digər zərrəciklər yaradıb özləri yox olur.

- **Elementar zərrəcik nədir? Onlar digər zərrəciklərdən nə ilə fərqlənir?**

ARAŞDIRMA

1

Zərrəciyin yükünü təyin edin

Məsələ 1. Zərrəciklər seli $1,5 \cdot 10^7 \text{ m/san}$ sürəti ilə induksiya 2 Tl olan bircins maqnit sahəsinə onun induksiya xətlərinə perpendikulyar istiqamətdə daxil olur. Maqnit sahəsində zərrəciklər selinə təsir edən qüvvə $1,5 \cdot 10^{-11} \text{ N}$ olarsa, hər bir zərrəciyin yükünü təyin edin.

Nəticənin müzakirəsi:

- Bircins maqnit sahəsinə onun induksiya xətlərinə perpendikulyar istiqamətdə daxil olan zərrəciklər seli hansı qüvvənin təsirinə məruz qalır?
- Hər bir zərrəciyin yükü necə təyin edilir?
- Zərrəciklər selinin yükünün işarəsini təyin etmək olarmı? Necə?

Elementar zərrəciklər.

- *Elementar zərrəciklər dedikdə materiyayı təşkil edən ilkin, bölünməz zərrəciklər nəzərdə tutulur.*

Müasir fizikada elementar zərrəciklərə atom və atom nüvəsi olmayan böyük miqdarda zərrəciklər qrupu aid edilir. Bu qrupa foton, elektron, neytron, proton, habelə mezonlar, müonlar, neytrinolar, barionlar, kvarklar və s. zərrəciklər daxildir – onlar cəmi 400-ə qədərdir.

Bütün elementar zərrəciklərin ümumi xarakteristikası kütlə, yaşama müddəti, elektrik yükü və spinidir.

Elementar zərrəciklərin ilk təsnifatı onların kütlələrinə görə aparılırdı. Onlar kütlələrinə görə 3 qrupa bölünürdü: *leptonlar* – yüngül zərrəciklər, *mezonlar* – orta kütləlilər, *barionlar* – ağır kütləlilər.

Elementar zərrəciklər elektronun yükünün tam müsbət mislinə, tam mənfi mislinə, kəsrlı mislinə və sıfır mislinə bərabər elektrik yükünə malikdir. Məsələn, foton, neytrino, bozon Z^0 , mezon π^0 elektrik yükü olmayan, kvarklar isə kəsrlı elektrik yükünə malik elementar zərrəciklərdir.

Elementar zərrəciklər yaşama müddətinə görə *dayanıqlı*, *kvazidayanıqlı* və *dayanıqsız* olmaqla üç qrupa bölünür. Müasir hesablamalara görə proton, elektron, neytrino və foton dayanıqlı zərrəciklərdir. Məsələn, protonun sərbəst halda yaşama müddəti 10^{32} ildir. Kvazidayanıqlı zərrəciklərin orta yaşama müddəti $\approx 10^{-20}$ san, dayanıqsız zərrəciklərin isə $\approx 10^{-23}$ san-dır. Elementar zərrəciklərin əksəriyyəti dayanıqsız olduğundan onlara təbiətdə rast gəlinmir. Belə zərrəciklər laboratoriyalarda alınır. Onların alınmasının başlıca üsulu sürətləndirilmiş dayanıqlı zərrəciklərin toqquşması üsuludur. Bu zaman həmin zərrəciklərin kinetik enerjilərinin müəyyən hissəsi yeni yaranan zərrəciklərin enerjisinə çevrilir. Demək olar ki, elementar zərrəciklərin əksəriyyəti zərrəciklərin sürətləndiricisi qurğularında laboratoriya üsulu ilə alınmışdır. Belə qurğulardan ən nəhəngi “*Böyük Adron kollarideri*”dir (BAK). BAK-da ilk eksperiment 10 sentyabr 2008-ci ildə aparılmışdır.



(b) – “Böyük Adron kollarideri”nin sxemi. Burada ATLAS (A Toroidal LHC ApparatuS), ALICE (A Large Ion Collider Experiment), LHCb (Large Hadron Collider beauty experiment) və CMS (Compact Muon Solenoid) BAK-da aparılan eksperimentlərin adıdır.

• “Böyük Adron kollarideri” (BAK) – dayanıqlı zərrəciklərin sürətləndirilməsi və onların toqquşması nəticəsində yaranan çox böyük enerjini çox kiçik fəzada toplamağa imkan verən qurğudur (b).

BAK-da zərrəciklərin enerjisi teraelektronvoltilarla ölçülür. Orada eyni zərrəciklər dəstəsi – protonlar, yaxud qurğuşun ionları bir-biri ilə toqquşur. Zərrəciklər dəstəsi artıq mövcud olan sürətləndiricidə yaradılır və sonra BAK -a daxil edilir.

Burada həmin zərrəciklər çevrə üzrə hərəkət etməklə milyon dövr edə bilər. Zərrəciklər dəstəsi hər dövrdə əlavə enerji əldə edir və iki protonun toqquşması anında ümumi enerjisi 14 TeV-ə qədər artır. Alimlər 2012-ci ildə BAK-da apardıkları iki ardıcıl eksperiment nəticəsində **Higgs bozonu** adlandırılan yeni elementar zərrəciyin yarandığını aşkar etdilər.

Elementar zərrəciklərin *spini* – mexaniki momenti Plank sabiti h -ın tam və ya $1/2$ mislini ifadə edir.

Fundamental qarşılıqlı təsirlər. Müasir təsəvvürlərə görə, təbiətdəki bütün qarşılıqlı təsirlər elementar zərrəciklər arasında mövcud olan dörd fundamental qarşılıqlı təsirin təzahür formasıdır (**cədvəl 4.5**).

Cədvəl 4.5. Fundamental qarşılıqlı təsirlər

Növü	Qarşılıqlı təsir kvantı	Təsir radiusu, m	İntensivliyi (güclü q.t. ilə müqayisədə)
Güclü qarşılıqlı təsir	Qlüon	10^{-15}	1
Elektromaqnit qarşılıqlı təsiri	Foton	∞	10^{-2}
Zəif qarşılıqlı təsiri	Z^0 və $W^\pm$ bozonları	10^{-18}	10^{-10}
Qravitasiya qarşılıqlı təsiri	Qraviton	∞	10^{-38}

Güclü qarşılıqlı təsir atom nüvəsinin dayanıqlığını təmin edir: nüvədə proton və neytronu, proton və neytronda isə kvarkların qalmasını təmin edir. Bu qarşılıqlı təsir kvarklar arasında qlüon mübadiləsi ilə həyata keçirilir. Elementar zərrəciklərin müasir təsnifatı güclü qarşılıqlı təsirlərə görə müəyyən edilir: *güclü qarşılıqlı təsirdə iştirak edən adronlar qrupu* (yun. “adros” – böyük, güclü) və *güclü qarşılıqlı təsirdə iştirak etməyən leptonlar qrupu* (yun. “leptos” – nazik, yüngül).

Elektromaqnit qarşılıqlı təsiri elektrik yükünə malik zərrəciklər arasında mövcuddur və o, zərrəciklər arasında foton mübadiləsi ilə həyata keçirilir. Bu qarşılıqlı təsir atom, molekul və kristalların mövcudluğunu təmin edir, maddələrin (bərk cisim, maye, qaz və plazma) xassəsini müəyyən edir. O, yüklərin işarəsindən asılı olaraq ya cazibə, ya da itələmə xarakterli ola bilər.

Zəif qarşılıqlı təsir elementar zərrəciklərin çevrilməsini təmin edir. Ona görə də bu qarşılıqlı təsirdə bütün elementar zərrəciklər (fotonlardan başqa) iştirak edir. Zəif qarşılıqlı təsirə nümunə olaraq neytronun β -çevrilməsini göstərmək olar:



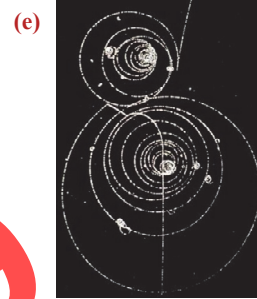
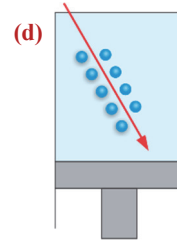
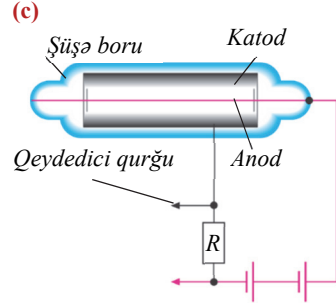
Zəif qarşılıqlı təsir kütləsi nuklonların kütləsindən 100 dəfə böyük olan W^+ , W^- və Z^0 zərrəciklərinin mübadiləsi ilə həyata keçirilir. Bunu ilk dəfə, həmin zərrəciklər kəşf edilməzdən çox qabaq, pakistanlı fizik Məhəmməd Abdus Salam (1926–1996) əsaslandırmışdır. O, fundamental qarşılıqlı təsirlər sahəsindəki əhəmiyyətli işlərinə görə 1979-cu ildə fizika üzrə Nobel mükafatına layiq görülmüşdür.

Fundamental təsirlərdən yalnız **qravitasiya qarşılıqlı təsiri** universal xarakterə malikdir. Belə ki, qravitasiya qarşılıqlı təsiri bütün makrosistemlər və kütləsi olan elementar zərrəciklər arasında qarşılıqlı cəzibəni təmin edir.

Elementar zərrəciklərin qeydə alınma üsulları. Zərrəcikləri qeydə almaq və onların xassəsini xarakterizə etmək üçün müxtəlif qurğulardan istifadə olunur. Bu qurğuların iş prinsipi, əsasən, yüklü zərrəciklərin atomları ionlaşdırması hadisəsinə əsaslanır. Onlardan ikisi ilə tanış olaq.

Heyger sayğacı. Heyger sayğacı – zərrəcikləri saymaq üçün istifadə olunan qurğudur. Onun iş prinsipi zərbə ilə ionlaşma hadisəsinə əsaslanır.

Qurğu 10 kPa təzyiqində arqon qazı doldurulmuş və hər iki ucu lehimlənən şüşə borudan ibarətdir (c). Boru daxildən metal təbəqə – katodla örtülmüşdür. Borunun oxu boyunca keçirilən nazik məftil isə anoddur. Anodla katod arasında yüksək gərginlik yaradılır. Boruya daxil olan radioaktiv zərrəcik öz yolunda arqon qazının atomlarını ionlaşdırır. Elektrik sahəsinin təsiri ilə elektronlar və ionlar uyğun olaraq anod və katod istiqamətində sürətlənir. Sürətlənən elektronlar öz yollarında qazın neytral atomları ilə toqquşduqda onları ionlaşdırır. Beləliklə, yaranan yeni elektron-ion cütləri əvvəl yaranan uyğun cütlərə qoşularaq elektron-ion seli əmələ gətirir. Nəticədə sayğacdən keçən cərəyan şiddəti kəskin artır. Bu pəman yükləyici R rezistorunda gərginlik impulsu yaranır. İmpuls qeydedici qurğuya verilməklə ətraf mühitdə radioaktiv zərrəciyin (adətən, γ kvantının) olduğunu qeyd edir.



Vilson kamerası. Vilson kamerası – sürətli yüklü zərrəciklərin buraxdığı izləri müşahidə etməyə və ya onun fotosəklini çəkməyə imkan verən qurğudur. Onun iş prinsipi ifrat doyan buxarın ionlar üzərində kondensasiya etməsi nəticəsində maye damcılarının əmələ gəlməsinə əsaslanır.

Vilson kamerası – aşağı hissəsi porşenlə təchiz edilən silindrik şüşə qabdır (d). Kamera suyun və ya spirtin doyan buxarı ilə doldurulur. Porşeni aşağı kəskin hərəkətə gətirməklə kameranın həcmi artırılır və buxar adiabat genişlənir. Nəticədə buxar soyuyaraq ifrat doyan hala keçir. Bu, buxarın dayanıqlı olmayan halı olduğundan o, asanlıqla kondensasiya etməyə başlayır. Əgər bu zaman kameraya zərrəcik daxil olarsa, onun işi həcmdə əmələ gətirdiyi ionlar kondensasiya mərkəzləri olur, nəticədə zərrəciyin yolunda su damcıları əmələ gəlir. Zərrəciyin belə izləri **trek** adlanır. Trekin uzunluğuna görə zərrəciyin kinetik enerjisi, vahid uzunluqdakı damcıların sayına görə isə onun sürəti dəyərləndirilir. Belə ki, trek uzun olduqca zərrəciyin kinetik enerjisi böyük, trekin vahid uzunluğunda yaranan damcıların sayı çox olduqca zərrəciyin sürəti kiçik olur. Böyük yükə malik zərrəciyin treki daha qalın olur. Əgər kamera bircins maqnit sahəsində yerləşdirilsə,

zərrəciyin (əgər o yüklüdirsə) treki əyilir (e). Trekin əyrilik radiusuna görə zərrəciyin xüsusi yükü ($\frac{q}{m}$) təyin edilir.

TƏTBİQETMƏ

ARAŞDIRMA

2

Zərrəciyin xüsusi yükü nəyə bərabərdir?

Məsələ 2. Vilson kamerasına $v = 3 \cdot 10^6 \text{ m/san}$ sürəti ilə daxil olan zərrəcik induksiya 1 Tl olan bircins maqnit sahəsində radiusu $R = 10 \text{ sm}$ olan iz buraxdı. Bu zərrəciyin xüsusi yükünü təyin edin.

Nəticənin müzakirəsi:

- Verilənlərə əsasən bircins maqnit sahəsində hərəkət edən yüklü zərrəciyin xüsusi yükü ($\frac{q}{m}$) hansı düsturla təyin edilə bilər?
- Zərrəciyin xüsusi yükü nəyə bərabərdir?

HƏYATLA ƏLAQƏLƏNDİRİN

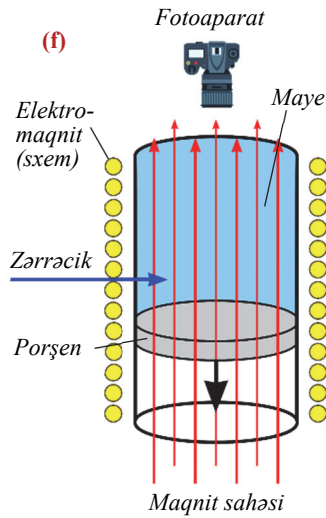
Elementar zərrəciklərin qeydə alınma qurğularından biri “Qabarcıqlı kamera”dır (f).

- Qabarcıqlı kameranın işi nəyə əsaslanır?

İPUCU

Lazımı məlumatı aşağıdakı ünvanlardan ala bilərsiniz:

1. http://elibrary.bsu.az/110/N_106.pdf
2. <http://www.kimnezamanicatetti.com/kabarcik-odasi/?i=1>
3. http://www.turkcebilgi.com/kabarc%C4%B1k_odas%C4%B1



ÖZÜNÜZÜ QIYMƏTLƏNDİRİN

№	Suallar	Bilirəm		
		zəif	orta	yaxşı
1	Hansı zərrəciklər elementar zərrəciklər adlanır?			
2	Elementar zərrəciklərin əsas xarakteristikaları nədir?			
3	Fundamental qarşılıqlı təsirlər hansı xarakteristikalarına görə fərqləndirilir?			
4	Fundamental qarşılıqlı təsirlərə görə elementar zərrəciklər necə təsnif edilir?			
5	Elementar zərrəciklərin qeydə alınmasının hansı üsulları var? Onlar arasında fərq nədir?			

NƏ ÖYRƏNDİNİZ? İş vərəqində “Elementar zərrəciklərin qeydə alınma üsulları” mövzusunda referat planını hazırlayın.

4.14. FİZİKA VƏ MÜASİR HƏYAT (Təqdimat dərsləri)

Təqdimat üzərində işləyərkən aşağıda verilən slayd nümunələrindən, yaxud tövsiyə olunan plandan istifadə edə bilərsiniz.

I. Slayd nümunələri: *uyğun istiqamətdə slaydlar hazırlayın və onların iş prinsipinin fiziki əsasını şərh edin.*

Slayd 1.



Slayd 2.





Atom və nüvə hadisələri



$D + T \longrightarrow {}^4\text{He} + n + \text{Energy}$

Slayd 5.

Kosmik tədqiqatlar



Slayd 6.

LAYIHƏ

II. Təqdimat aşağıdakı plan əsasında da hazırlana bilər.

Plan:

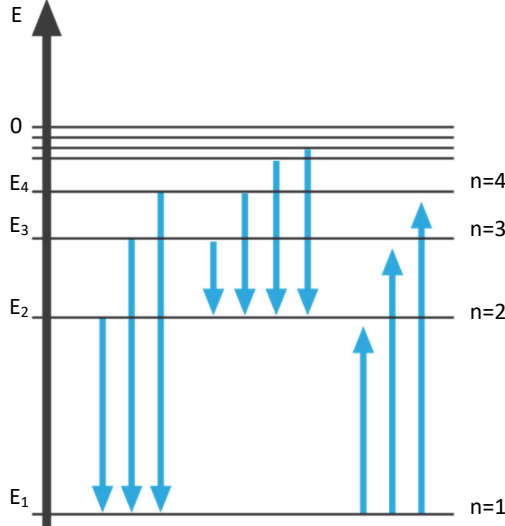
- 1. Fizika nəyi öyrənir?**
- 2. Müasir fizika və texnika.**
- 3. Fizika və kənd təsərrüfatı: izotopların kənd təsərrüfatına tətbiqi.**
- 4. Kosmik fəzanın Yerdən və Yerin kosmosdan tədqiq edilməsində fizikanın rolu.**
- 5. Fizika və alternativ enerji mənbələrindən istifadə texnologiyaları.**
- 6. Fizika və ekologiya.**

III. Təvsiyə olunan elektron ünvanlar:

1. <http://www.myshared.ru/slide/301352>
2. <https://ppt4web.ru/fizika/pochemu-fiziku-schitajut-osnovojj-tehniki.html>
3. <http://pandia.ru/text/79/459/28830.php>
4. <https://prezi.com/-9kfw7lq4prl/modern-fizigin-teknolojideki-uygulamalari/>
5. <https://esmaa08.wordpress.com/teknoloji-nasil-hayatimiza-girdi/>
6. <http://nurayyorulmaz.blogspot.ru/2016/01/11snf-fizik-modern-fizik-konu-anlatm>
7. <http://900igr.net/prezentacija/astromija/issledovanie-kosmicheskikh-tel-245547/fizicheskie-osnovy-kosmicheskikh-poljotov-3.html>
8. <https://nsportal.ru/ap/library/nauchno-tekhnicheskoe-tvorchestvo/2013/09/19/is-sledovaniya-zemli-iz-kosmosa>
9. <http://allrefs.net/c30/11pft/p7/>
10. <http://stroychik.ru/raznoe/alternativnaya-energiya>
11. <http://www.novate.ru/blogs/280415/31040/>
12. <http://works.doklad.ru/view/oMxvntdkipc.html>
13. <http://nuclphys.sinp.msu.ru/radioactivity/ract16.htm>
14. <http://www.derszamani.net/izotop-nedir-izotopların-ozellikleri.html>
15. <http://fhn.gov.az/ajax/boxNews.ajax.php?aze/4277>

LAYIHƏ

- 4.1. Dalğa uzunluğu 1 mkm olan infraqırmızı şüalanma fotonunun enerjisini və impulsunu təyin edin ($h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ C} \cdot \text{san}$).
- 4.2. Vakuüm fotoelementində aparılan təcrübədə (bax: mövzu 4.2, şəkil b) alınan cərəyan şiddəti asılıdır mı:
a) katodun materialından;
b) düşən işığın intensivliyindən?
- 4.3. Vakuüm fotoelementində aparılan təcrübədə (bax: mövzu 4.2, şəkil b) yaranan fotoelektronların sürəti asılıdır mı:
a) düşən işığın intensivliyindən;
b) düşən işığın tezliyindən?
- 4.4. Gümüş lövhəni görünən işıqla şüalandırıqda fotoeffekt müşahidə olunarmı? Gümüş üçün elektronun çıxış işi 4,3 eV-dir.
- 4.5. Atom $6 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ tezlikli foton qəbul etdikdə elektron bir stasionar səviyyədən digərinə keçdi. Atomun enerjisi necə dəyişdi?
- 4.6. Şəkildə atomun enerji səviyyələri və onun səviyyələrarası keçidi təsvir edilmişdir. Atomun maksimum enerjili foton şüalandırdığı və maksimum dalğa uzunluqlu foton udduğu keçidi təyin edin.



- 4.7. Hidrogen atomunun 2-ci stasionar haldan 1-ci stasionar hala keçidi prosesində şüalandırdığı fotonun tezliyini təyin edin.
- 4.8. 360 q oksigen $^{18}_8\text{O}$ izotopunda neçə elektron, proton və neytron var ($N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$)?
- 4.9. 112 q dəmir $^{56}_{26}\text{Fe}$ izotopunda neçə elektron, proton və neytron var ($N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$)?
- 4.10. Verilən reaksiyanın getməsi üçün γ – kvantı minimum hansı enerjiyə malik olmalıdır:
 $^2_1\text{H} + \gamma \rightarrow ^1_1\text{H} + ^1_0\text{n}$?
- 4.11. Karbon $^{13}_6\text{C}$ nüvəsinin bir nuklonuna düşən rabitə enerjisini təyin edin.
- 4.12. Verilən nüvə reaksiyasında enerji ayrılacaq, yoxsa udulacaq, niyə?
 $^{14}_7\text{N} + ^4_2\text{He} \rightarrow ^{17}_8\text{O} + ^1_1\text{H}$

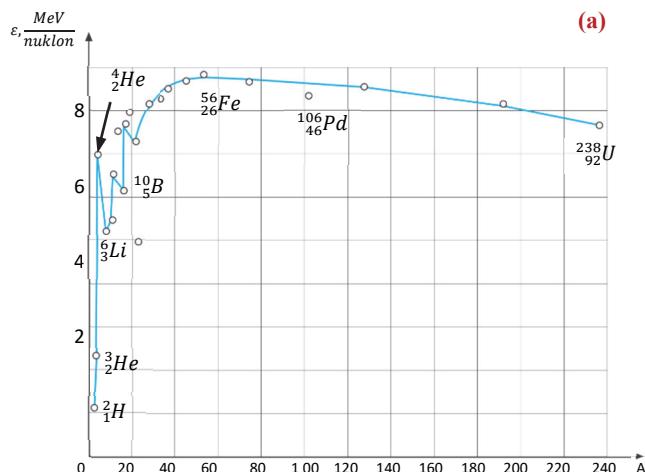
4.13. Xüsusi rabitə enerjisinin nuklonların sayından asılılıq qrafikinə əsasən müəyyən edin:

A. Hansı elementin xüsusi rabitə enerjisi böyükdür:

- 1) kütlə ədədi 200, yoxsa 100 olan elementin;
- 2) kütlə ədədi 20, yoxsa 80 olan elementin;
- 3) kütlə ədədi 50, yoxsa 150 olan elementin?

B. Hansı elementin rabitə enerjisi böyükdür:

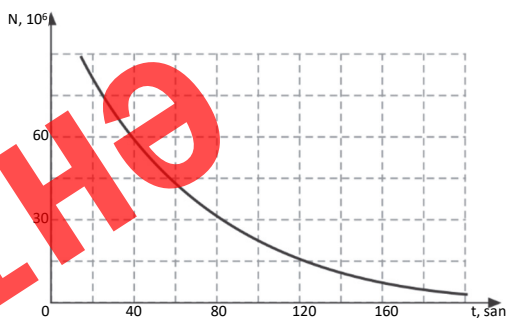
- 1) kütlə ədədi 200, yoxsa 100 olan elementin;
- 2) kütlə ədədi 20, yoxsa 80 olan elementin;
- 3) kütlə ədədi 50, yoxsa 150 olan elementin?



4.14. Stibium $^{133}_{51}\text{Sb}$ izotopunun dörd β -çevrilməsində hansı izotop alınar?

4.15. Aktinium $^{227}_{89}\text{Ac}$ izotopunun beş β -çevrilməsi və iki α -çevrilməsində hansı izotop alınar?

4.16. Şəkildə izotopun çevrilməyən nüvələrinin sayının zamandan asılılıq qrafiki verilmişdir. Bu izotopun yarımçevrilmə periodunu təyin edin.



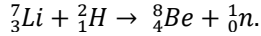
4.17. Bor $^{11}_5\text{B}$ nüvəsi protonlarla bombardman edildikdə berillium ^8_4Be nüvəsi alınır. Reaksiyanı yazın və təyin edin:

- a) reaksiyada daha hansı nüvə alınar;
- b) reaksiyadan nə qədər enerji ayrılır?

4.18. Verilən reaksiyalarda çatışmayan zərrəcikləri təyin edin:

- a) ${}^{198}_{80}\text{Hg} + {}^1_0\text{n} \rightarrow ? + {}^1_1\text{p}$
 b) ${}^{242}_{94}\text{Pu} + {}^{22}_{10}\text{Ne} \rightarrow ? + 4{}^1_0\text{n}$
 c) ${}^3_2\text{He} + ? \rightarrow {}^1_1\text{p} + {}^4_2\text{He}$

4.19. Verilən sintez nüvə reaksiyasında ayrılan enerjinin miqdarını təyin edin:



Litium-7, hidrogen-2 (deyterium) və berillium-8 izotoplarının atom kütlə ədədləri uyğun olaraq 7,01601 a.k.v., 2,0141 a.k.v. və 8,00531 a.k.v.-dir.

4.20. Uran ${}^{235}_{92}\text{U}$ nüvəsi neytron zəbt etdikdən sonra iki qəlpəyə – barium ${}^{142}_{56}\text{Ba}$ və kripton ${}^{91}_{36}\text{Kr}$ nüvələrinə, habelə üç sərbəst neytrona ayrıldı. Bu nüvələrin xüsusi rabitə enerjiləri uyğun olaraq:

$$\mathcal{E}_{{}^{235}_{92}\text{U}} = 7,59 \frac{\text{MeV}}{\text{nuklon}}, \mathcal{E}_{{}^{142}_{56}\text{Ba}} = 8,38 \frac{\text{MeV}}{\text{nuklon}}, \mathcal{E}_{{}^{91}_{36}\text{Kr}} = 8,55 \frac{\text{MeV}}{\text{nuklon}} \text{-dir.}$$

Reaksiyanı yazın və ondan ayrılan enerjini hesablayın.

4.21. Verilən istilik nüvə reaksiyalarında ayrılan enerjiləri təyin edin:

- a) ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^1_1\text{H} + {}^3_1\text{H}$
 b) ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$

4.22. Bir elementar yük daşıyan ion induksiya 0,015 Tl olan bircins maqnit sahəsində 10 sm radiuslu çevrə üzrə bərabərsürətli hərəkət edir. İonun impulsunu təyin edin.

4.23. Neytron və proton hansı kvarklardan təşkil olunmuşdur?

LAYIHƏ

CAVABLAR

I fəsil

• ELEKTROMAQNİT SAHƏSİ

1.1. $-3q$.

1.2. a) $6 \cdot 10^{23}$;

b) 10;

c) $6 \cdot 10^{24}$;

d) $-10^6 Kl$.

1.3. $4,2 \cdot 10^{42}$.

1.4. $49 \frac{N}{Kl}$

1.5. $9 \cdot 10^4 \frac{N}{Kl}$.

1.6. $2E$.

1.7. $10^3 \frac{N}{Kl}$.

1.8. a) 50V;

b) $4 \cdot 10^{-4} C$.

1.9. $2200 \frac{V}{m}$.

1.10.

a) 1 hissəsində – sahə mənfi iş görür, yükün potensial enerjisi artır;

b) 2 hissəsində – sahə müsbət iş görür, yükün potensial enerjisi azalır;

c) 3 hissəsində – sahə iş görmür, yükün potensial enerjisi dəyişmir.

1.11. 4 dəfə artır.

1.12. a) 3 dəfə artır;

b) 3 dəfə artır.

1.13. a) $W_1 = 3W_2$;

b) $q_1 = 3q_2$;

c) $U_1 = U_2$.

1.14. a) $W_2 = 3W_1$;

b) $q_1 = q_2$;

c) $U_2 = 3U_1$.

1.15. Yüklü zərrəcik sahənin induksiya xətləri boyunca bu xətlərə paralel trayektoriya üzrə hərəkət edərsə, ona Lorens qüvvəsi təsir etmir və o həmin sahədə düzxətli bərabərsürətli hərəkət edir.

1.16. Şəkil müstəvisinə perpendikulyar.

1.17. a) $1,6 \cdot 10^{-14} N$; b) 1,4 mm.

1.18. a) 1 naqilinin A nöqtəsində yaratdığı maqnit sahəsinin induksiya vektoru şəkil müstəvisinə perpendikulyar;

b) 2 naqilinin B nöqtəsində yaratdığı maqnit sahəsinin induksiya vektoru şəkil müstəvisindən şaquli yuxarı perpendikulyar.

1.19. a) 0N; b) 4,5N

1.20. a) yuxarı; b) bizdən şəkil müstəvisi istiqamətində;

c) çubuğun hərəkət sürətinin əksi istiqamətində.

II fəsil

• MÜXTƏLİF MÜHİTLƏRDƏ SABİT CƏRƏYAN QANUNLARI

2.1. $45 \cdot 10^{19}$

2.2. $1,5625 \cdot 10^{-5} m/san$

2.3. $-187,5^{\circ}C$

2.4. Açıq qapamazdan əvvəl lampanın közərmə teli soyuq olduğundan müqaviməti kiçik olur.

Bu səbəbdən açarı qapayan an cərəyan şiddətinin qiyməti nominaldan çox-çox yüksək olur və həmin an nazik közərmə teli yüksək cərəyan şiddətinə davam gətirməyib yanır.

2.5. Parlaqlıq artır, çünki elektrod-katod hissəsində müqavimət artdığından elektronların hərəkəti ləngidən elektrik sahəsi zəifləyəcək – gərginlik azalacaq.

2.6. 24 kV. 2.7. 400 m. 2.8. 1,5 Om; 2A. 2.9. a) 1 A; b) 0,2 A; c) 1,6 V; d) 0.

2.10. Valentliyə uyğun.

2.11. $\frac{M}{en}$ nisbəti böyük olan elementin.

2.12. 2 dəfə artır.

2.13. Hər ikisi azalar.

2.15. n-tip: sürmə və fosfor; p-tip: indium, skandium və qallium.

2.16. 35 mA; ≈ 1 mA.

2.17. 1- cərəyan keçər; 2- cərəyan keçməz.

2.18. Aşqarlı.

2.19. Təbəqənin qalınlığı düz birləşmədə azalır, tərs birləşmədə artır.

2.20. $U_2 \gg U_1$; $P_2 \gg P_1$. Nəzərə alınmışdır ki:

$$P_1 = I_e^2 R_1 \text{ və } P_2 = I_e^2 R_2 \rightarrow I_e \approx I_e \rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \frac{R_2}{R_1} \text{ və ya } \frac{P_2}{P_1} = \frac{U_2}{U_1}.$$

III fəsil

• ELEKTROMAQNİT RƏQSLƏRİ VƏ DALĞALARI

3.1. 2 dəfə artır.

3.2. $2,4 \cdot 10^{-3}$ san; 417 Hs.

3.3. 2.

3.4. 5,76 dəfə artırmaq.

3.5. $t = \frac{1}{4} T = \frac{1}{4} \cdot 2\pi\sqrt{LC} = 15 \cdot 10^{-4}$ san.

3.6. 14 A.

3.7. 4 A.

3.8. $C = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = 68,75$ mkF;

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{314 \cdot 68,75} = 46,33 \text{ Om};$$

$$I_m = \frac{U_m}{X_C}, I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = \frac{U_m}{\sqrt{2} X_C} = \frac{20}{1,4 \cdot 46,33} = 0,31 \text{ A};$$

$$U = IX_C = 0,31 \cdot 46,33 = 14,36 \text{ V}.$$

3.9. 200 V.

3.10. R – 3; X_C – 1; X_L – 2.

3.11. $125 \frac{\text{dövr}}{\text{dəq}}$.

3.12. $7,46 \cdot 10^2$ Hs $\div 7,46 \cdot 10^7$ Hs.

3.13. $83,3 \cdot 10^{-8}$ san.

3.14. $l_1 = \frac{c}{2\nu} = \frac{3 \cdot 10^8}{2 \cdot 1700} \text{ m} = 88,235 \text{ km}.$

$$l_2 = \frac{ct}{2} = \frac{3 \cdot 10^8 \cdot 0,8 \cdot 10^{-6}}{2} \text{ m} = 1,2 \cdot 10^2 \text{ m} = 120 \text{ m}.$$

3.15. Ağ, boz, qara.

3.16. Göy.

3.17. 5.

3.18. 1, 3, 6.

3.19. $k = 4$.

3.20. $k_1 \lambda_1 = k_2 \lambda_2 \Rightarrow \lambda_2 = \frac{k_1 \lambda_1}{k_2} = 466,7 \text{ nm}.$

IV fəsil

• ATOM FİZİKASI

- 4.1. $E = 1,99 \cdot 10^{-19} \text{C} = 1,24 \text{ eV}$; $p = 6,63 \cdot 10^{-28} \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{san}}$.
- 4.2. a) fotoelektronların metaldan çıxış işi kiçik olduqca cərəyan şiddəti böyük olur;
b) düşən işığın intensivliyi artdıqca cərəyan şiddəti də artır.
- 4.3. a) asılı deyil; b) kvadratik asılıdır.
- 4.4. $h\nu = 3,3\text{eV}$, $h\nu < A_{\phi}$ olduğundan fotoeffekt müşahidə olunmaz.
- 4.5. $|E_m - E_n| = h\nu = 3,978 \cdot 10^{-19} \text{C}$ artar.
- 4.6. $4 \rightarrow 1$; $1 \rightarrow 2$.
- 4.7. $2,5 \cdot 10^{15} \text{Hs}$.
- 4.8. $N_e = 9,6 \cdot 10^{25}$; $N_p = 9,6 \cdot 10^{25}$; $N_n = 12 \cdot 10^{25}$.
- 4.9. $N_e = 3,12 \cdot 10^{25}$; $N_p = 3,12 \cdot 10^{25}$; $N_n = 3,6 \cdot 10^{25}$.
- 4.10. $E = 3 \text{ MeV} = 4,8 \cdot 10^{-13} \text{C}$.
- 4.11. $7,2657 \frac{\text{MeV}}{\text{nuklon}}$.
- 4.12. Enerji udulur, çünki
 $\Delta E = (m_{14\text{N}} + m_{4\text{He}} - m_{17\text{O}} - m_{1\text{H}}) \cdot 931,5 \text{ MeV} = -0,6893 \text{ MeV} < 0$.
- 4.13. A. a) kütlə ədədi 100 olan elementin;
b) kütlə ədədi 80 olan elementin;
c) kütlə ədədi 50 olan elementin.
B. a) kütlə ədədi 200 olan elementin;
b) kütlə ədədi 80 olan elementin;
c) kütlə ədədi 150 olan elementin.
- 4.14. Seziyum izotopu alınır: $^{133}_{51}\text{Sb} \rightarrow ^{133}_{55}\text{Cs} + 4 \cdot ^0_{-1}\text{e}$.
- 4.15. Torium izotopu alınır: $^{227}_{89}\text{Ac} \rightarrow ^{219}_{90}\text{Th} + 5 \cdot ^0_{-1}\text{e} + 2 \cdot ^4_2\text{He}$.
- 4.16. 40 san.
- 4.17. a) $^{11}_5\text{B} + ^1_1\text{p} \rightarrow ^8_4\text{Be} + ^4_2\text{He}$;
b) 6,66 MeV.
- 4.18. a) $^{198}_{79}\text{Au}$; b) $^{260}_{104}\text{Rf}$; c) ^2_1H
- 4.19. 15 MeV.
- 4.20. $^{235}_{93}\text{U} + ^1_0\text{n} \rightarrow ^{142}_{56}\text{Ba} + ^{91}_{36}\text{Kr} + 3 \cdot ^1_0\text{n} + E$; $E \approx 200 \text{ MeV}$.
- 4.21. a) 4,6 MeV;
b) 3,26 MeV.
- 4.22. $p = qBR = 2,4 \cdot 10^{-22} \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{san}}$.
- 4.23. $p(\text{uud})$; $n(\text{udd})$.

Mənbələr

1. Abdurazaqov R.R., Məsimov N. M., Padarov X.İ. Fizika. Hazırlıq şöbəsi üçün dərslik. Elektrodinamika. Optika. Atom və nüvə fizikası. – Bakı, Elm və təhsil, 2011, 260 s.
2. Abdurazaqov R.R. Fizika. Elektrodinamika. Optika. Kvant fizikası. Elektron dərslik komplekti. Metodik vəsait.– Bakı, Bakınəşr, 2007, 48 s.
3. Fizikadan nümayiş eksperimenti. 2 cildə. II cild. Elektrodinamika, Optika, Atom və atom nüvəsi fizikası. Müəllimlər üçün vəsait. – Bakı: Maarif, 1977, 361 s.
4. Məsimov E.Ə., Mürsəlov N.M. Atom fizikası. Dərslik. – Bakı, Çaşıoğlu, 2002, 910 s.
5. Murquzov M.İ., Abdurazaqov R.R., Allahverdiyev A.M., Hüseynli M.B., Hüseynov C.İ. Fizika. Testlər. 9-11-ci siniflər üçün. – Bakı: Bakınəşr, 2012, 280 s.
6. Murquzov M.İ. Atom Fizikası. Dərslik. – Bakı, Elm və təhsil, 2011, 400 s.
7. Nəsirov V.İ. Elektrik və maqnetizm. Dərs vəsaiti. – Bakı, Adiloğlu, 2008, 392 s.
8. Qocayev N.M. Ümumi fizika kursu. Optika. 4 cildə. IV cild. – Bakı, Çaşıoğlu, 2009, 624 s.
9. Fizik. Sınıf. 12. Ders kitabı. – Ankara, Korzayayıcılık, 2015. 342 s.
10. Çepni, Salih, Ayvacı Hakan Şevki, Çil Emine. Fen ve teknoloji. Laboratuvar uygulamalar. – Ankara, Pegem Akademi, 2012, 484 s.
11. Complete Physics for Cambridge IGCSE Student Book, Oxford University Press, 2017.
12. Gandhi, Jagdish. Education for Protection and Security: of the world's two billion children and generations yet to be born / J. Gandhi. Luckhom: Global Classroom, Pvt. Ltd., 2010. 260 p.
13. Стивен Попл. Физика в диаграммах. Оксфордские учебные пособия. М.: АСТ-Астрель, 2006, 160 с.
14. Жилко В.В., Маркович Л.Г. Решение творческих задач. – Минск, Аверсэв, 2012, 126 с.
15. Лукьянова А.В. Учимся решать задачи. Физика 11. – М.: Интеллект-центр, 2011, 176 с.
16. Хорошавин С. А. Демонстрационный эксперимент по физике. Оптика. Атомная физика. 10-11 классы. – М. : Просвещение, 2007, 240 с.
17. Якута Е.В. Физика. Подготовка к ОГЭ в 2017 году. Диагностические работы. – М.: МЦНМО, 2017, 122 с.

BURAXILIŞ MƏLUMATI

FİZİKA – 11

*Ümumtəhsil məktəblərinin 11-ci sinfi üçün
Fizika fənni üzrə dərslik*

Tərtibçi heyət:

Müəlliflər:	Rasim Rəşid oğlu Abdurazaqov Rövşən Mirzə oğlu Əliyev Qalib Mövsüm oğlu Şərifov
Elmi redaktor	Mirzəli Murquzov
Dil redaktoru	Kəmalə Cəfərli
Nəşriyyat redaktoru	Kəmalə Abbasova
Bədii redaktor	Taleh Məlikov
Texniki redaktor	Zeynal İsayev
Dizayner	Taleh Məlikov
Rəssamlar	Elmir Məmmədov
Korrektor	Aqşin Məsimov

*Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyinin qıf nömrəsi:
2018-173*

© Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyi – 2018

Müəlliflik hüquqları qorunur. Xüsusi icazə olmadan bu nəşr və
yaxud onun hər hansı hissəsini yenidən çap etdirmək, surətini çıxarmaq,
elektron informasiya vasitələri ilə yaymaq qanuna ziddir.

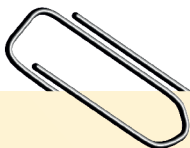
Hesab-nəşriyyat həcmi: 9,3. Fiziki çap vərəqi: 13. Səhifə sayı: 208.
Kağız formatı: 70 × 100¹/₁₆. Ofset kağızı. Məktəb qarnituru. Ofset çapı.
Tirajı 81231. Pulsuz. Bakı – 2018

“Bakı” nəşriyyatı
Bakı, AZ1001, H.Seyidbəyli küç. 30

KİMYƏVİ ELEMENTLƏRİN DÖVRİ SİSTEMİ

DÖVRLƏR	SİRALAR	Q R U P L A R																VIII					B
1	1	A I (H)	B A	A II	B A	A III	B A	A IV	B A	A V	B A	A VI	B A	A VII	B A								
														H Hidrogen	1 He Helium	2							
														F Fluor	9 Ne Neon	10							
														O Oksigen	8 Ar Argon	18							
														N Azot	7 Kr Kripton	36							
														C Karbon	6 Xe Ksenon	54							
														Si Silisium	14 Te Texnesium	128							
														P Fosfor	15 Os Osmium	192							
														S Kükürd	16 Ir Iridium	192							
														Cl Xlor	17 Pt Platin	195							
														Cr Xrom	24 Au Altın	197							
														Mn Mangan	25 Hg Gümüş	200							
														Fe Demir	26 Ag Gümüş	108							
														Co Kobalt	27 Cd Kadmium	112							
														Ni Nikel	28 In İndium	115							
														Cu Mısır	29 Sn Qalay	119							
														Zn Sink	30 Pb Kurşun	207							
														Ga Qalium	31 Bi Bismut	209							
														Ge Selen	32 Po Polonium	210							
														As Arsen	33 At Astat	210							
														Se Selen	34 Rn Radon	222							
														Br Brom	35 Fr Fransium	223							
														Mo Molibden	42 Ra Radium	226							
														Tc Texnesium	43 Ac Aktinid	227							
														Ru Rutenium	44 Th Torium	232							
														Rh Rodium	45 Pa Protaktinid	231							
														Pd Palladium	46 U Uran	238							
														Ag Gümüş	47 Np Neptunium	237							
														Cs Sesium	55 Pu Plutonium	239							
														Ba Barium	56 Am Amerikium	243							
														La Lantan	57 Cm Kürniyum	247							
														Hf Hafniyum	72 Bk Berklium	247							
														Ta Tantal	73 Lr Lorensium	260							
														Sb Stibium	51 No Nobelium	289							
														Sn Qalay	50 Og Oganeson	284							
														In İndium	49 Lv Livermorium	293							
														Cd Kadmium	48 Ts Tennessium	294							
														As Arsen	33 Og Oganeson	284							
														Se Selen	34 Uue Ununseptium	289							
														Br Brom	35 Uub Ununbium	288							
														Mo Molibden	42 Uut Ununtrium	288							
														Tc Texnesium	43 Uuq Ununquadium	289							
														Ru Rutenium	44 Uuh Ununhexium	289							
														Rh Rodium	45 Uus Ununseptium	288							
														Pd Palladium	46 Uuo Ununoctium	286							
														Ag Gümüş	47 Uus Ununseptium	286							
														Cs Sesium	55 Uuq Ununquadium	289							
														Ba Barium	56 Uuh Ununhexium	288							
														La Lantan	57 Uus Ununseptium	286							
														Hf Hafniyum	72 Uuo Ununoctium	286							
														Ta Tantal	73 Uus Ununseptium	284							
														Sb Stibium	51 Uus Ununseptium	286							
														Sn Qalay	50 Uus Ununseptium	286							
														In İndium	49 Uus Ununseptium	286							
														Cd Kadmium	48 Uus Ununseptium	286							
														As Arsen	33 Uus Ununseptium	286							
														Se Selen	34 Uus Ununseptium	286							
														Br Brom	35 Uus Ununseptium	286							
														Mo Molibden	42 Uus Ununseptium	286							
														Tc Texnesium	43 Uus Ununseptium	286							
														Ru Rutenium	44 Uus Ununseptium	286							
														Rh Rodium	45 Uus Ununseptium	286							
														Pd Palladium	46 Uus Ununseptium	286							
														Ag Gümüş	47 Uus Ununseptium	286							
														Cs Sesium	55 Uus Ununseptium	286							
														Ba Barium	56 Uus Ununseptium	286							
														La Lantan	57 Uus Ununseptium	286							
														Hf Hafniyum	72 Uus Ununseptium	286							
														Ta Tantal	73 Uus Ununseptium	286							
														Sb Stibium	51 Uus Ununseptium	286							
														Sn Qalay	50 Uus Ununseptium	286							
														In İndium	49 Uus Ununseptium	286							
														Cd Kadmium	48 Uus Ununseptium	286							
														As Arsen	33 Uus Ununseptium	286							
														Se Selen	34 Uus Ununseptium	286							
														Br Brom	35 Uus Ununseptium	286							
														Mo Molibden	42 Uus Ununseptium	286							
														Tc Texnesium	43 Uus Ununseptium	286							
														Ru Rutenium	44 Uus Ununseptium	286							
														Rh Rodium	45 Uus Ununseptium	286							
														Pd Palladium	46 Uus Ununseptium	286							
														Ag Gümüş	47 Uus Ununseptium	286							
														Cs Sesium	55 Uus Ununseptium	286							
														Ba Barium	56 Uus Ununseptium	286							
														La Lantan	57 Uus Ununseptium	286							
														Hf Hafniyum	72 Uus Ununseptium	286							
														Ta Tantal	73 Uus Ununseptium	286							
														Sb Stibium	51 Uus Ununseptium	286							
														Sn Qalay	50 Uus Ununseptium	286							
														In İndium	49 Uus Ununseptium	286							
														Cd Kadmium	48 Uus Ununseptium	286							
														As Arsen	33 Uus Ununseptium	286							
														Se Selen	34 Uus Ununseptium	286							
														Br Brom	35 Uus Ununseptium	286							
														Mo Molibden	42 Uus Ununseptium	286							
														Tc Texnesium	43 Uus Ununseptium	286							
														Ru Rutenium	44 Uus Ununseptium	286							
														Rh Rodium	45 Uus Ununseptium	286							
														Pd Palladium	46 Uus Ununseptium	286							
														Ag Gümüş	47 Uus Ununseptium	286							
														Cs Sesium	55 Uus Ununseptium	286							
														Ba Barium	56 Uus Ununseptium	286							
														La Lantan	57 Uus Ununseptium	286							
														Hf Hafniyum	72 Uus Ununseptium	286							
														Ta Tantal	73 Uus Ununseptium	286							
														Sb Stibium	51 Uus Ununseptium	286							
														Sn Qalay	50 Uus Ununseptium	286							
														In İndium	49 Uus Ununseptium	286							
														Cd Kadmium	48 Uus Ununseptium	286							
														As Arsen	33 Uus Ununseptium	286							
														Se Selen	34 Uus Ununseptium	286							
														Br Brom	35 Uus Ununseptium	286							
														Mo Molibden	42 Uus Ununseptium	286							
														Tc Texnesium	43 Uus Ununseptium	286							
														Ru Rutenium	44 Uus Ununseptium	286							
														Rh Rodium	45 Uus Ununseptium	286							
														Pd Palladium	46 Uus Ununseptium	286							
														Ag Gümüş	47 Uus Ununseptium	286							
														Cs Sesium	55 Uus Unun								

Pulsuz



Əziz məktəbli !

Bu dərslik sənə Azərbaycan dövləti tərəfindən bir dərs ilində istifadə üçün verilir. O, dərs ili müddətində nəzərdə tutulmuş bilikləri qazanmaq üçün sənə etibarlı dost və yardımçı olacaq.

İnanırıq ki, sən də bu dərsliyə məhəbbətlə yanaşacaq, onu zədələnmələrdən qoruyacaq, təmiz və səliqəli saxlayacaqsan ki, növbəti dərs ilində digər məktəbli yoldaşın ondan sən kimi rahat istifadə edə bilsin.

Sənə təhsildə uğurlar arzulayırıq!

LAYİHƏ