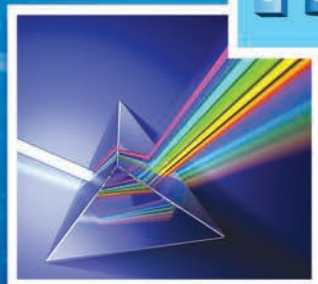


FIZIKA

11



$$F = qBv \sin \alpha$$

FIZIKA 11

MAGNIT MEYDANY

ELEKTROMAGNIT INDUKSIYASY

ELEKTROMAGNIT YRGYLDYLAR

**ELEKTROMAGNIT TOLKUNLAR
WE TOLKUN OPTIKASY**

OTNOSITELLIK NAZARYYETI

KWANT FIZIKASY

ATOM WE YADRO FIZIKASY

ATOM ENERGETIKASYNYN FIZIKI ESASLARY

1-nji neşir

Orta bilim berýän mekdepleriň 11-nji synp okuwçylary üçin derslik

Özbeqistan Respublikasynyň Halk bilimi ministrligi tarapyndan tassyklanan

DAŞKENT – “NISO POLIGRAF” – 2018

UO‘K: 53(075.32)

KBK 22.3ya721

F 55



Awtorlar:

- N.Ş. Turdiyew** – III bap. “Elektromagnit yrgyldylar”, IV bap. “Elektromagnit tolkunlary we tolkun optikasy”;
- K. A. Tursunmetow** – V bap. “Otnositellik nazaryýeti”, VI bap. “Kwant fizikasy”;
- A. G. Ganiýew** – VII bap. “Atom we ýadro fizikasy. Atom energetikasynyň fiziki esaslary”;
- K. T. Suýarow** – I bap. “Magnit meýdany”, II bap. “Elektromagnit induksiýasy”;
- J. E. Usarow** – I bap. “Magnit meýdany”, II bap. “Elektromagnit induksiýasy”;
- A. K. Awliýakulow** – VII bap. “Atom we ýadro fizikasy. Atom energetikasynyň fiziki esaslary”.

Syn ýazanlar:

- B. Nurillaýew** – Nyzamy adyndaky DDPU dosenti, p.y.k.;
- D. Begmatowa** – ÖZMU kafedra müdiri, p.y.k.;
- Z. Sangirowa** – RTM baş metodisti;
- V. Saidhojaýewa** – Daşkent welaýatynyň Pskent tümenindäki 5-nji mekdebiň fizika mugallymy, Özbegistanda at gazanan Halk tälimi işgäri;
- M. Saidoripowa** – Daşkent şäheriniň Ýunusabat tümenindäki 63-nji mekdebiň fizika mugallymy;
- M. Ýuldaşewa** – Daşkent şäheriniň Sergeli tümenindäki 6-DLUOT mekdebiň, ýokary derejeli fizika mugallymy;
- F. Narkabilow** – Daşkent şäheriniň Sergeli tümenindäki 303-nji mekdebiň mugallymy.

ŞERTLI BELGILER:

- | – fizik ululyklara kesgitleme; esasy kanunlar;
- * – bu temalar fizikany çuňňur öwrenmäge gyzyklanýan okuwçylar üçin niýetlenen;
-  – okuwçy tarapyndan ýerine ýetirilýän amaly iş;
-  – temanyň tekstini okap çykansoň, goýlan soraglara jogap bermek.

Respublikanyň ýörite kitap gaznasynyň serişdeleriniň hasabyndan çap edildi.

ISBN 978-9943-5083-9-2

© N.Ş. Turdiyew we başg., 2018,
© “Niso Poligraf” neşirýaty
(original-maket), 2018

GIRIŞ

Döwlet tarapyndan bu günki günde tälimi ösdürmek boýunça goýulýan talap okuwçynyň şahsyny, onuň ymtylmalaryny, ukybyny we gyzyklanmalaryny hasaba alyp, ylym, tehnika we tehnologiýalaryň perspektiw ösüşini hasaba almak bilen, okuwçylarda ylmlary öwrenmekde daýanç we ylma degişli umumy kompetensiýalary ösdürmegi üpjün etmekden ybarat.

Hususan-da, fizikany okatmak okuwçylarda ylmyň tehnikanyň ösüşinde we durmuşda tutýan orny, ylma degişli zerur bilimleri ele almagy, alan bilimlerini durmuşa geçirmegi başarmak mümkinçiligini şekillendirmegi we ösdürmegi nazarda tutýar. Bu mälim basgançaklarda, 6–11-nji synplarda fizikanyň bölümlerini öwrenmek arkaly amala aşyrylýar.

Fizika predmetini öwrenmek 6-njy synpda başlanyp, ilkinji basgançakda mehanika, ýylylyk, elektrik, ýagtylyk, ses hadysalary hem-de maddanyň gurluşy barada başlangyç maglumatlar berilýär. Fizika predmeti üznüksiz kurs hökmünde 7-nji synpda fizikanyň “Mehanika” kursy, 8-nji synpda “Elektrik” kursy, 9-njy synpda “Molekulýar fizikanyň esaslary”, “Optika”, “Atom we ýadro fizikasynyň esaslary” we “Älem barada düşüňjeler” kurslary arkaly öwrenilýär.

Soňky basgançakda bolsa, umumy orta bilim berýän mekdeplerde öwrenilen okuw materiallary orta mekdebiň 10–11-nji synplarynda, akademik liseý we kesp-hünär kolležlerinde gaýtalanman, okuwçylaryň ýaş we psihologik aýratynlyklary, orta bilim taýýarlygyna laýyk gelmegi hem-de fiziki düşüňjeleri ýuwaş-ýuwaşdan ýönekeýden çylşyrymla tarap şekillendirmek hasaba alnan.

Eliňizdäki derslik tebigatdaky proseslere we hadysalara syn etmek, derňemek, fiziki hadysalary öwrenende esbaplardan dogry peýdalanyp bilmek, fiziki düşüňjeleri we ululyklary matematiki formulalar bilen aňladyp bilmek, ylymda gazanylýan üstünlükler, olaryň amalyýetdäki ulanylyşy arkaly okuwçylaryň ylmy dünýägaraýyşlaryny ösdürmäge gönükdirilen bolup, magnit meýdany, elektromagnit induksiýasy, elektromagnit yrgyldylar, elektromagnit tolkunlar we tolkun optikasy, otnositellik nazaryýeti we kwant fizikasy elementleri, atom we atom ýadrosy temalaryny öz içine alýar.

I bap. MAGNIT MEÝDANY

Siz 8-nji synp fizika kursunda hemişelik magnitiň we tokly geçirijiniň daşyndaky magnit meýdanynyň emele gelmegi baradaky ilkinji bilimlere eýe bolansyňyz. Şol sanda, size tokly göni geçirijiniň we tokly tegegiň magnit meýdany, elektromagnitler we olaryň ulanylyşy boýunça umumy maglumatlar berlen. Emma olaryň ululygyny kesgitlemek boýunça matematiki aňlatmalary berilmädi. Şu bapda magnit induksiýasy we magnit akymy, göni toguň daşyndaky magnit meýdanynyň induksiýasy, tokly tegegiň magnit meýdanynyň induksiýasy, magnit meýdanynda hereketlenýän bölejige täsir güýji ýaly ululyklar bilen tanyşarsyňyz.

1-nji tema. MAGNIT MEÝDANY. MAGNIT MEÝDANYNÝ HÄSIÝETLENDIRÝÄN ULULYKLAR

Tebigatda şeýle tebigy metal birleşmeleri bar bolup, olar käbir jisimleri özüne dartmak aýratynlygyna eýe. Jisimleriň şeýle häsiýeti olaryň töwereginde meýdan bardygyny aňladýar. Şeýle meýdany *magnit meýdany* diýip atlandyrmak kabul edilen. Öz töwereginde magnit meýdanyny uzak wagt ýitirmeýän jisimleri *hemişelik magnit* ýa-da ýönekeýje *magnit* diýip atlandyrylýar.

Göni şekildäki magniti maýda demir bölejiklerine ýakynlaşdyrallyň. Munda demir bölejikleri magnitiň diňe iki ujuna ýapyşandygyna şaýat bolarys. Hemişelik magnitiň magnit täsiri iň güýçli bolan ýerine magnit polýusy diýilýär. Islendik magnitde iki sany: **demirgazyk** (N) we **günorta** (S) polýuslary bolýar (1.1-nji surat).

Iki magnit strelkasy bir-birine ýakynlaşdyrylsa, olaryň ikisi-de öwrülip, garşylykly polýuslary bir-birine gabat gelip togtaýar (1.2-nji surat). Bu ýagdaý magnitlenen jisimleriň arasynda özara täsir güýçleriniň bardygyny aňladýar. Olar meýdanyň güýç çyryklary boýunça ugrugan bolýar.



1.1-nji surat.

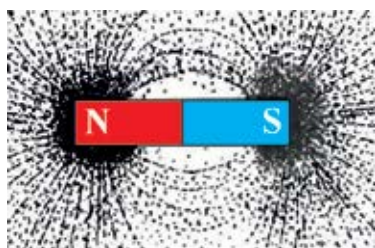


1.2-nji surat.

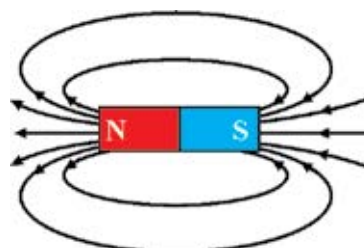
Magnit meýdanynyň güýç çyzyklaryny gönüden-göni görüp bilmeýäris. Emma, aşakdaky tejribäniň kömeginde bu güýç çyzyklarynyň ýerleşişini (ugry) barada düşüňjä eýe bolup bileris. Munuň üçin karton kagyza demir gyryndylaryny bir tekiz sepip, ony ýasy magnit özeniniň üstüne goýýarys. Kagyz listini bir-iki pitikläp goýbersek, demir gyryndylary 1.3-nji *a* suratda getirilen görnüşini eýeleýär. Kartonyň üstündäki demir gyryndylary magnitiň uçlaryna ýakyn ýerlerde dykyz, polýuslaryň arasynda seýregräk ýerleşendigini görmek mümkin.

1.3-nji *a* suratdaky demir gyryndylarynyň eýelän orny, magnit polýuslaryny bir-birine baglaýan güýç çyzyklaryny özünde jemleýär. Magnit meýdanynyň güýç çyzyklarynyň ugry şertli ýagdaýda magnitiň demirgazyk polýusyndan çykyp, onuň günorta polýusyna girýän ýapyk çyzyklardan ybarat diýlip kabul edilen (1.3-nji *b* surat). Güýç çyzyklary berk (ýapyk) bolan meýdanlara **köwli meýdanlar** diýilýär. Diýmek, magnit meýdan köwli meýdan eken. Şu aýratynlygy bilen magnit meýdanynyň güýç çyzyklary elektrik meýdanyň güýç çyzyklaryndan tapawutlanýar.

Magnit meýdanynyň käbir nokadynyň güýç karakteristikasyny häsiýetlendirýän fiziki ululyk **magnit meýdanynyň induksiýasy** diýlip atlandyrylýar. Magnit meýdanynyň induksiýasy wektor ululyk bolup, ol \vec{B} harpy bilen belgilenýär.



a



b

1.3-nji surat.

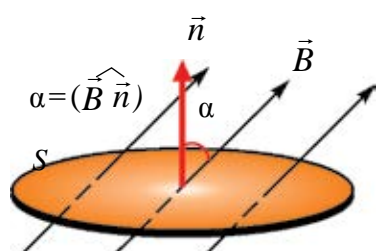
Magnit induksiýasynyň birligi edip HBS-da Serbiýa fizigi Nikola Teslanyň hormatyna Tesla (T) diýmek kabul edilen (8-nji synpdan ýada salyň).

Magnit akymy. Käbir üsti kesip geçyän magnit meýdanynyň güýç çyzyklarynyň sanyny häsiýetlendirmek üçin magnit akymy diýen düşünje girizilen. S meýdandan geçyän magnit induksiýasy akymy diýip, magnit induksiýasynyň wektoryň meýdanyna köpeldilmegine aýdylýar: Magnit akymy skalýar ululyk bolup Φ harpy bilen belgilenýär. Kesgitlemä görä, magnit akymy aňlatmasyny aşakdaky ýaly ýazýarys:

$$\Phi = B \cdot \Delta S, \quad (1-1)$$

Eger magnit meýdanynyň induksiýa çyzyklary üste käbir burç astynda düşyän bolsa (1.4-nji surat), üstden geçyän magnit induksiýa akymy α burça bagly bolýar, ýagny:

$$\Phi = B \cdot S \cos \alpha. \quad (1-2)$$



1.4-nji surat.

Munda α üste geçirilen \vec{n} normal wektory bilen magnit induksiýasynyň çyzyklarynyň arasyndaky burç.

HBS-da magnit akymynyň birligi nemes fizigi D. Weberiň hormatyna goýlan bolup, Weber (Wb) diýilýär. (1-2) deňlikden

$$1 \text{ Wb} = 1 \text{ T} \cdot 1 \text{ m}^2.$$

Magnit meýdanynyň induksiýasy 1 T-a deň bolan magnit meýdanynyň induksiýa çyzyklaryna dik goýlan 1 m² meýdany kesip geçyän magnit akymy 1 Wb deň.

Mesele çözmegiň nusgasy

Induksiýasy 20 mT bolan bir jynsly magnit meýdanynyň güýç çyzyklarynyň uzynlygy 4 cm, ini 3 cm bolan gönüburçluk ramka 60° burç astynda düşýär. Ramkadan geçyän magnit akymy nämä deň?

Berlen:
 $B = 20 \text{ mT} = 0,02 \text{ T}$
 $a = 4 \text{ cm} = 0,04 \text{ m}$
 $b = 3 \text{ cm} = 0,03 \text{ m}$
 $\alpha = 60^\circ$
 Tapmaly:
 $\Phi = ?$

Formulasý:
 $\Phi = B \cdot S \cos \alpha$
 $S = a \cdot b$
 $[\Phi] = \text{T} \cdot \text{m}^2 = \text{Wb}$

Çözülişi:
 $\Phi = 0,02 \cdot 0,04 \cdot 0,03 \cdot \cos 60^\circ \text{ Wb} =$
 $= 12 \cdot 10^{-6} \text{ Wb}.$

Jogaby: $\Phi = 12 \cdot 10^{-6} \text{ Wb}.$



1. Magnit meýdanynyň induksiýasy diýende nämäni düşünyärsiňiz we ol nähili birlikde ölçelýär?
2. Magnit meýdanynyň güýç çyzyklary nähili häsiýete eýe?
3. Magnit akymyna kesgitleme beriň.
4. Size biri hemişelik magnit, ikinjisi hut şu ölçegde bolan demir bölegi berlen. Diňe berlen jisimlerden peýdalanyň, olardan haýsysy magnit we haýsysy demirdigini nähili anyklamak mümkin?

2-nji tema. BIR JYNSLY MAGNIT MEÝDANYNYŇ TOKLY RAMKANY AÝLANDYRYJY MOMENTI

Magnit meýdanynyň diňe bir hemişelik magnitleriň däl, eýsem tokly geçirijileriň daşynda hem emele gelýändigini Ersted öz tejribelerinde görkezip beripdi. Indi biz tokly geçirijiniň magnit meýdany bilen hemişelik magnit meýdanynyň özara täsirine garaýarys.

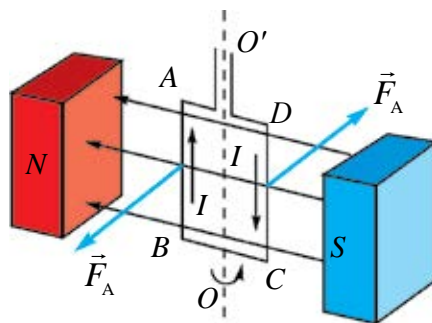
Eger magnit meýdanyna tokly kontur ýa-da magnit strelkasy girizilse, onuň aýlanýandygyny (käbir burça gyşarýandygyny) görüp bileris (1.5-nji surat). Konturdaky toguň ugry tersine üýtgände konturyň ters ugurda aýlanýandygyny görýäris.

Magnit meýdanında ýerleşýän tokly ramkanyň aýlanmagynyň sebäbini anyklaly. Magnit meýdanyna dik ýerleşen ramkanyň uzynlygy l bolan AB we CD taraplaryndan I tok akýan bolsun. Onda ramkanyň şu l bölegine magnit meýdany tarapyndan täsir edýän Amper güýjüniň bahasy aşakdaka deň bolýar:

$$F_A = I \cdot B \cdot l, \quad (1-3)$$

munda: $l = AB = CD$.

Bu güýjüň ugry çep el düzgüniniň kömeginde kesgitlenýär. Şol bir wagtda AB we CD böleklere täsir edýän güýçleriň modullary deň bolup, garşylykly tarapa ýönelen bolýar. Şu sebäpli-de, tokly ramka magnit meýdany tarapyndan jübüt güýç täsir edýär. Bu jübüt güýjüň täsirinde tokly ramka aýlanýar.



1.5-nji surat.

Bu jübüt güýçler OO' aýlanma okuna görä aýlandyryjy momentini emele getirýär.

Ramkanyň $AD=CB=\frac{d}{2}$ böleklerindäki güýjüň egni $\frac{d}{2}\sin\alpha$ -a deň. Munda, G – magnit induksiýasy wektory bilen kontur tekizligine geçirilen normalyň arasyndaky burç. Güýçleriň momentleri:

$$M_1=M_2=F_A\frac{d}{2}\cdot\sin\alpha. \quad (1-4)$$

Onda, doly aýlandyryjy moment:

$$M=M_1+M_2=F_A\cdot d\cdot\sin\alpha. \quad (1-5)$$

Amper güýjüniň formulasyny (1-5) aňlatma goýup, aýlandyryjy momentiniň aňlatmasyny ýazýarys:

$$M=I\cdot B\cdot l\cdot d\cdot\sin\alpha. \quad (1-6)$$

$l\cdot d=S$ bolýandygyny hasaba alsak, (1-6) aňlatma aşakdaky görnüşe gelýär:

$$M=I\cdot B\cdot S\cdot\sin\alpha. \quad (1-7)$$

Diýmek, magnit meýdanyna girizilen tokly kontura täsir edýän güýjüň momenti (M), konturdan geçýän (I) tok güýjüne, konturyň (S) meýdanyna hem-de magnit induksiýasynyň ugry bilen konturyň tekizligine geçirilen normal (\vec{n}) arasyndaky burçuň sinusyna hem-de magnit meýdanynyň (\vec{B}) induksiýasyna göni proporsional.

Eger, $\alpha = \frac{\pi}{2}$ bolsa, $M=M_{\max}=B\cdot I\cdot S$ bolýar.

Bu deňlige görä magnit meýdanynyň induksiýasyny:

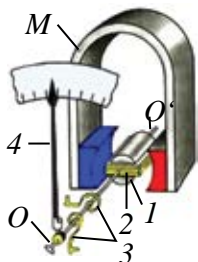
$$B = \frac{M_{\max}}{IS}$$

arkaly aňlatmak mümkin.

Ençeme elektrik abzallaryň işleýşi tokly geçiriji bilen hemişelik magnitiň özara täsirleşmegine esaslanan. Ynha şeýle elektrik ölçeg abzallaryndan biriniň gurluşy 1.6-njy suratda getirilen. Güýçli magnit polýuslarynyň arasynda (1) demir özen OO' oka berkidilen bolup, onuň üstüne (2) simli ramka geýdirilen. Tegege toklar metal puržinler (3) arkaly berilýär. Ramkany (3) puržinler saklap durýar. Bu puržinler tegege tok berilmedik wagtda strelka (4) şkalanyň nolunjy ýagdaýynda saklap durýar. Abzal elektrik zynjyryna birikdirilende tegekden tok geçýär we magnit meýdanynyň täsirinde aýlanýar. Bu wagtda puržinler barha gysylýar. Ramkanyň aýlanmagy puržiniň maýyşgaklyk güýjüne we Amper güýçleri deňleşýänçe dowam edýär.

Abzal elektrik zynjyryna zygider birikdirilende, zynjyrdan we abzalyň tegeginde geçýän tok güýçleriniň özara deň bolanlygyndan strelkanyň öwrülme burçy tok güýjüne proporsional bolýar. Munda abzal ampermetr hökmünde ulanylýar.

1.6-njy *b* suratda hemişelik tok dwigateliň umumy görnüşi getirilen. Onuň işleýiş prinsipi hemişelik magnit meýdanynda tokly ramkanyň aýlanmagyna esaslanandyr.



a



b

1.6-njy surat.



1. Magnit meýdanyna girizilen tokly ramka täsir edýän güýç nähili kesgitleýär?
2. Magnit meýdanyna girizilen ramkanyň aýlandyryjy momenti nähili ululyklara bagly?
3. Tokly ramka täsir edýän jübüt güýçleriň momentini awtomobiliň ruly mysalynda düşündiriň.
4. Magnit meýdanynyň tokly ramka täsiri esasynda işleýän gurluşlara mysallar getiriň

Mesele çözmegiň nusgasy

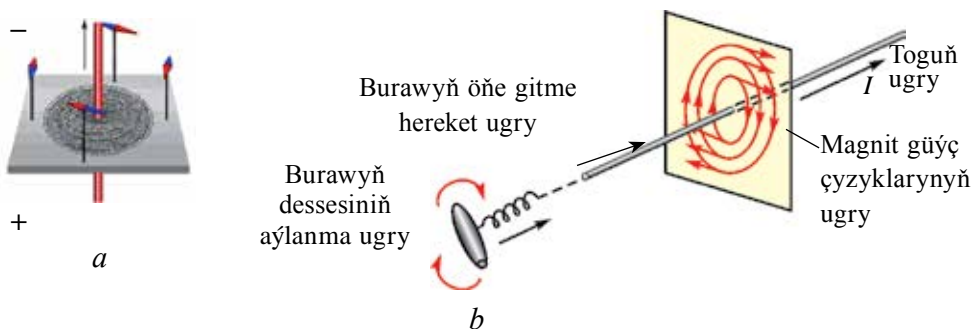
Meýdany 20 cm^2 , sargylar sany 100 bolan simli ramka magnit meýdanyna ýerleşdirilen. Ramkadan 2 A tok geçende onda $0,5 \text{ mN}\cdot\text{m}$ maksimal aýlandyryjy moment emele gelýär. Magnit meýdanynyň induksiýasyny anyklaň.

Berlen:	Formulasý:	Çözülişi:
$S = 20 \text{ cm}^2 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$ $N = 100$ $I = 2 \text{ A}$ $M_{\max} = 0,5 \text{ mN}\cdot\text{m} =$ $= 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{m}$	$M_{\max} = N \cdot I \cdot B \cdot S$ $B = \frac{M_{\max}}{H \cdot I \cdot S}$ $[B] = \frac{\text{N}\cdot\text{m}}{\text{A}\cdot\text{m}^2} = \frac{\text{N}}{\text{A}\cdot\text{m}} = \text{T}$	$B = \frac{0,5 \cdot 10^{-3}}{100 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 10^{-3}} \text{ T} =$ $= 1,25 \cdot 10^{-3} \text{ T}.$ <i>Jogaby:</i> $B = 1,25 \cdot 10^{-3} \text{ T}.$
Tapmaly: $B = ?$		

3-nji tema. TOKLY GÖNI GEÇIRIJINIŇ, HALKANYŇ WE TEGEGIŇ MAGNIT MEÝDANY

Tokly geçirijiniň töwereginde emele gelýän magnit meýdanynyň güýç çyzyklaryna gözegçilik etmek üçin galyň karton kagyzy alnyp, onuň ortasyndan deşip, göni geçirijini geçirýäris. Karton listiniň üstüne maýda demir gyryndylaryny sepýäris. Geçirijiniň uçlary toga birikdirilip, karton ýeňil silkinýär. Demir gyryndylary toguň magnit meýdanynyň täsirinde magnitlenip, özüni kiçi magnit strelkalary ýaly alyp barýar we olar magnit induksiýasynyň çyzyklary boýunça ýerleşýär (1.7-nji *a* surat).

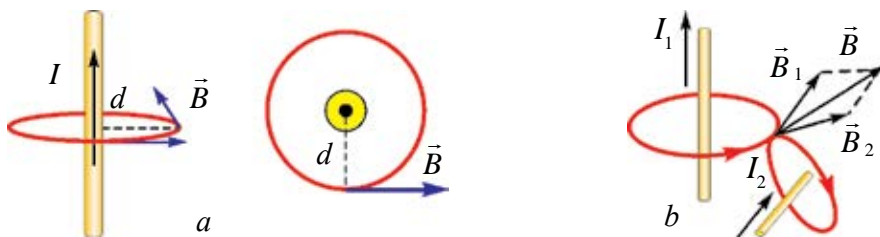
Göni toguň magnit meýdanynyň güýç çyzyklary, merkezi geçirijiniň okunda ýerleşýän töwereklerden ybarat bolup, bu töwerekler geçirijiniň okuna dik tekizlikde ýatýar (1.7-nji *b* surat). Magnit meýdanynyň güýç çyzyklarynyň ugruny sag buraw düzgüninden peýdalanylýan kesgitlenýär: *eger burawyň öňe gitme hereketi toguň ugry bilen birmeňzeş bolsa, onda burawyň dessesiniň aýlanma ugry magnit induksiýasynyň çyzyklarynyň ugruny görkezýär.*



1.7-nji surat.

Magnit meýdanynyň induksiýa wektory (\vec{B}) güýç çyzyklaryna galtaşma boýunça yönelen bolýar. Hususy halda tokly geçirijiden d aralykda ýatýan nokatdaky magnit meýdanynyň induksiýasynyň ugry 1.8-nji *a* suratda görkezilen.

Köp halatlarda magnit meýdanyny bir geçiriji däl, tokly geçirijiler sistemasyny emele getirýär (1.8-nji *b* surat). Şeýle ýagdaýda giňişligiň käbir nokadyndaky jemleýji meýdanyň induksiýasy her bir tokly geçirijiniň şu nokatda emele getiren magnit meýdanynyň induksiýalarynyň wektorynyň jemine deň bolýar, ýagny:



1.8-nji surat.

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3 + \dots + \vec{B}_n. \quad (1-8)$$

Bu netijä magnet meýdany üçin **superpozisiýa prinsipi** diýilýär

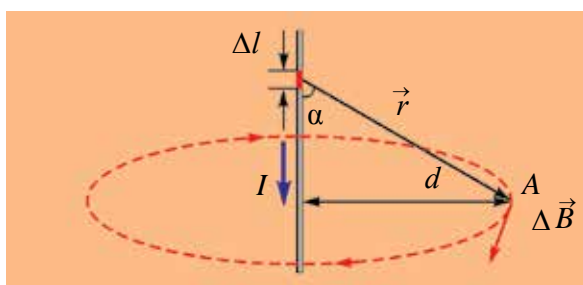
Fransuz alymlary J. Bio, F. Sawar we P. Laplaslar islendik şekildäki tokly geçirijileriň daşynda emele gelen magnet meýdanynyň induksiýasyny hasaplamaga mümkinçilik berýän umumy kanunyny anykladylar. Bu kanuna görä tokly geçirijiniň islendik Δl elementini, tokly geçirijiniň daýyndaky A nokadynda emele getiren magnet induksiýasyny aşakdaky ýaly anyklamak mümkin:

$$\Delta B = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I \cdot \Delta l \cdot \sin \alpha}{r^2}, \quad (1-9)$$

α – Δl elementden A nokada geçirilen wektor bilen Δl elementiň arasyndaky burç (1.9-njy surat), r – geçirujiniň Δl elementden A nokada çenli bolan iň gysga aralyk.

1. Göni toguň magnet meýdanynyň induksiýasy. Bio–Sawar–Laplas kanunyna görä, çäksiz uzyn göni tokdan d uzaklykdaky A nokatda emele gelen magnet meýdanynyň induksiýasy aşakdaky aňlatmanyň kömeginde kesgitlenýär:

$$B = \mu_0 \frac{I}{2\pi \cdot d}. \quad (1-10).$$



1.9-njy surat.

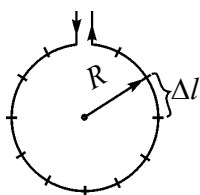
Diýmek, göni çyzykly çäksiz uzyn tokly geçirijiniň käbir nokatda emele getiren magnet meýdanynyň induksiýasy geçirijiden geçýän tok güýjüne göni,

geçiriji bilen induksiýasy hasaplanýan nokadyň arasyndaky iň gysga aralyga ters proporsional eken.

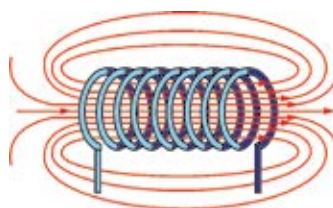
2. Aýlanma tok merkezindäki magnit meýdanynyň induksiýasy. Radiusy R bolan töwerekden I hemişelik tok geçýän bolsun (1.10-njy surat). Bio–Sawar–Laplas kanunyna görä, aýlanma togunyň merkezinde emele gelen magnit meýdanynyň induksiýasy töweregiň uzynlygynyň Δl bölejikleriniň töweregiň merkezinde emele getiren induksiýalarynyň wektor jemine deň (1.3–1-nji aňlatma). Hasaplama netijelerine görä, aýlanma toguň merkezindäki magnit induksiýasy

$$B = \mu_0 \frac{I}{2R} \quad (1-11).$$

-e deň, munda: μ_0 –koeffisiýent wakuumyň magnit hemişeligi bolup, onuň san bahasy $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{H}}{\text{A}^2}$ -e deň. Diýmek, aýlanma toguň merkezinde emele gelen magnit meýdanynyň induksiýasy geçirijiden geçýän tok güýjüne göni, töweregiň radiusyna ters proporsional eken.



1.10-njy surat.



1.11-nji surat.

Hususy ýagdaýda n sany sarga eýe bolan tokly tegegiň merkezindäki magnit meýdanynyň induksiýasyny (1.11-nji surat) aşakdaky aňlatmanyň kömeginde kesgitlemek mümkin:

$$B = \mu_0 \frac{n \cdot I}{2R} \quad (1-12).$$

Diýmek, tokly tegegiň içinde emele gelen magnit meýdanynyň induksiýasy tegekden geçýän tok güýjüne, sargylar sanyna göni, tegegiň töwereginiň radiusyna ters proporsional eken.



1. Magnit meýdanynyň superpozisiýa prinsipini düşündiriň.
2. Göni toguň magnit meýdanynyň induksiýasyny hasaplamagyň formulasyny ýazyň we ony düşündiriň.
3. Töweregiň merkezindäki magnit meýdanynyň induksiýasyny hasaplamagyň formulasyny ýazyň we ony düşündiriň.

Mesele çözmegiň nusgasy

Göni çäksiz geçirijiden 250 mA tok geçýär. Ondan 4 cm uzaklykda ýerleşýän nokatdaky magnit meýdanynyň induksiýasyny tapyň.

Berlen:	Formulasý:	Çözülişi:
$I = 250 \text{ mA} = 250 \cdot 10^{-3} \text{ A}$ $d = 4 \text{ cm} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{H}}{\text{A}^2}$	$B = \mu_0 \frac{I}{2\pi \cdot d}$ $[B] = \frac{\text{H}}{\text{A}^2} \frac{\text{A}}{\text{M}} = \frac{\text{H}}{\text{A} \cdot \text{M}} = \text{T}$	$B = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{250 \cdot 10^{-3}}{2\pi \cdot 4 \cdot 10^{-3}} \text{ T} =$ $= 12,5 \cdot 10^{-6} \text{ T}.$
Tapmaly: $B = ?$		Jogaby: $B = 12,5 \cdot 10^{-6} \text{ T}.$

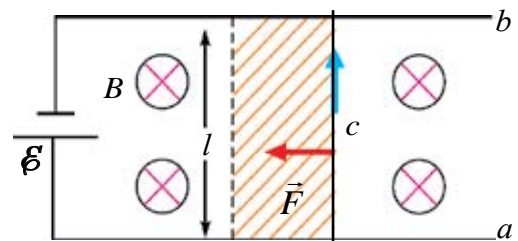
4-nji tema. TOKLY GEÇIRIJINI MAGNIT MEÝDANYNDA ORUN ÜÝTGEDENDE EDILEN IŞ

Iki parallel a we b ýylmanak metal simler bir-birinden l uzaklykda ýerleşdirilen bolup, olaryň üstüne ýeňil c metal geçiriji goýlan ýagdaýa garalyň (1.12-nji surat). Geçirijiler ulgamy magnit induksiýasy \vec{B} bolan bir jynsly meýdana ýerleşen. 1.12-nji suratdaky (\otimes) belgisi magnit meýdanynyň induksiýa wektory bizden suratyň tekizligine tarap dik ýönelendigini aňladýar. a we b geçirijiler tok çeşmesine birikdirilende c geçiriji arkaly tok geçip başlaýar. Munda l uzynlykdaky tokly geçirijä magnit meýdany tarapyndan $F = I \cdot B \cdot l$ Amper güýji täsir edýär. Tok ugry bilen magnit meýdanynyň induksiýasynyň ugrunyň arasyndaky burç 90° ekenligini bilmek bilen güýjüň ugry çep el düzgünine görä kesgitlenýär.

Bu güýç c geçirijini d aralyga süýşürüp,

$$A = I \cdot B \cdot l \cdot d \quad (1-13)$$

iş edýär. Bu aňlatmadaky $l \cdot d$ köpeltmek hasyly geçirijiniň hereketi dowamynda çyzan meýdandan ybarat, ýagny $S = l \cdot d$. Hereket dowamynda geçirijini kesip geçen magnit akymy $\Delta\Phi = B \cdot \Delta S$ -e deňliginden:



1.12-nji surat.

$$A = I \cdot \Delta\Phi \quad (1-14)$$

görnüşdäki aňlatma eýe bolarys. Şuny nygtamak gerek, ýagny bu iş magnit meýdany tarapyndan däl, eýsem zynjyry tok bilen üpjün edip durýan çeşmäniň hasabyndan edilýär.

Diýmek, tokly geçirijini magnit meýdanynda orun üýtgedende Amper güýjüniň eden işi geçirijiden geçýän tok güýjüniň we magnit akymynyň üýtgemeginiň köpeltmek hasylyna deň eken.

Magnit meýdanynda tokly geçirijini orun üýtgedende edilýän işden amalyýetde giň peýdalanylýar. Ol transport, hojalyk tehnika we elektronika ugurlarynda ulanylmagy bilen möhüm ähmiýete eýe. Bu günki günde örän giň ulanylýan elektron gulplar muňa mysal bolup biler.



1. Magnit meýdanynda tokly geçirijiniň orny üýtgedilende edilen iş nähili hasaplanýar?
2. Toguň ugry bilen magnit meýdanynyň induksiýasy bir ugurda bolsa, edilen iş nämä deň bolýar?
3. Tokly geçirijini magnit meýdanynda orun üýtgedende iş nämäniň hasabyna edilýär?

Mesele çözmegiň nusgasy

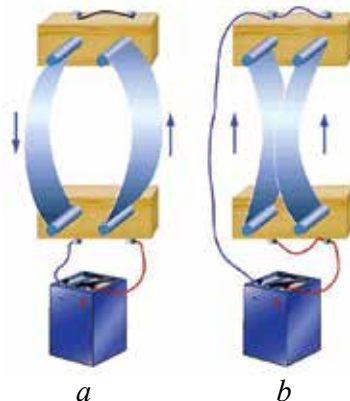
Uzynlygy 30 cm bolan geçirijiden 2 A tok geçýär. Geçirijiniň induksiýasy 1,5 T bolan bir jynsly magnit meýdanynyň induksiýa çyzyklaryna 30° burç astynda ýerleşýär. Geçiriji Amper güýjüniň ugrunda 4 cm-e orun üýtgedende nähili iş edilýär?

<p>Berlen:</p> <p>$l = 30 \text{ cm} = 0,3 \text{ m}$</p> <p>$I = 2 \text{ A}$</p> <p>$B = 1,5 \text{ T}$</p> <p>$\alpha = 30^\circ$</p> <p>$d = 4 \text{ cm} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ m}$</p> <hr/> <p>Tapmaly:</p> <p>$A = ?$</p>	<p>Formulasý:</p> <p>$A = I \cdot B \cdot l \cdot d \cdot \sin\alpha$</p> <p>$[A] = \text{A} \cdot \frac{\text{H}}{\text{A} \cdot \text{M}} \cdot \text{m} \cdot \text{m} =$</p> <p>$= \text{N} \cdot \text{m} = \text{J}$</p>	<p>Çözülişi:</p> <p>$A = 2 \cdot 1,5 \cdot 0,3 \cdot 4 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{1}{2} \text{ J} =$</p> <p>$= 18 \cdot 10^{-3} \text{ J}.$</p> <p><i>Jogaby: $A = 18 \cdot 10^{-3} \text{ J}.$</i></p>
---	---	---

5-nji tema. TOKLY GEÇIRIJILERIŇ ÖZARA TÄSIR GÜÝJI

Edil elektrik zaryadlary ýaly tokly geçirijileriň arasynda-da özara täsir güýçleri bar. Muny amalda gözegçilik etmek üçin iki sany çäýe geçiriji alyp, olary wertikal ýagdaýda daýanja berkidýäris.

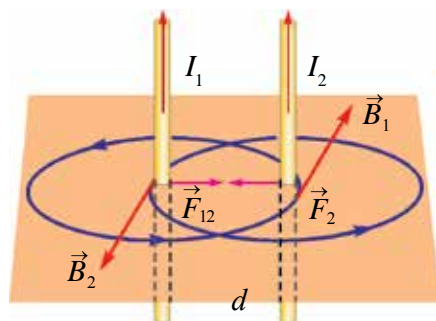
Eger geçirijileriň ýokarky bölegini sim arkaly birikdirsek, geçirijilerden garşylykly ugurda tok akýar (1.13-nji *a* surat). Netijede geçirijiler bir-birinden itekleşip, arasyndaky aralyk uzaklaşýar. Eger geçirijilerden birmeňzeş ugurda tok akmagyny üpjün etssek, geçirijiler bir-birine dartylýar (1.13-nji *b* surat).



1.13-nji surat.

Amperiň kanunundan peýdalanylýp, wakuumdaky çäksiz uzyn parallel tokly geçirijileriň arasynda emele gelýän özara täsir güýjüniň ugrunyň we san bahasynyň ululygyny kesgitläliň.

Bir-birinden d aralykda ýerleşen, iki parallel geçirijilerden birmeňzeş ugurda I_1 we I_2 tok geçýän bolsun (1.14-nji surat). Geçirijilerden geçýän I_1 we I_2 toklaryň magnit meýdanyň induksiýasynyň wektorynyň çyzyklary konsentrik töwerekden ybarat bolýar. Eger I_1 tok aşakdan ýokary akýan bolsa, ikinji geçirijide ýatýan nokatlarda B_1 wektor (buraw düzgünine görä) bizden kitabyň tekizligine tarap ýönelen bolýar we olar özara dik ýerleşýär. Birinji toguň magnit meýdany tarapyndan ikinji toga edilen F_2 täsir güýji ululyk taýdan, Amperiň kanunyna görä aşakdaka deň bolýar:



1.14-nji surat.

$$F_2 = B_1 \cdot I_2 \cdot \Delta l; \quad (1-15)$$

munda: Δl – ikinji geçirijiniň magnit meýdanynda ýerleşýän böleginiň uzynlygy. Bu formula göni toguň magnit induksiýasynyň $B_1 = \mu_0 \frac{I_1}{2\pi \cdot d}$ aňlatmasyny goýsak,

$$F_2 = \mu_0 \frac{I_1 \cdot I_2}{2\pi \cdot d} \cdot \Delta l. \quad (1-16)$$

Diýmek, çäksiz uzyn parallel tokly geçirijileriň birlik uzynlygyna täsir edýän özara täsir güýji olardan geçýän tok güýçleriniň köpeltmek hasylyna göni, arasyndaky aralyga bolsa ters proporsional eken.

Şu hadysa esasynda tok güýjüniň Halkara birlikler sistemasyndaky birligi – amper (A) kabul edilen.

Amper – wakuumda bir-birinden 1 m aralykda parallel ýerleşýän, kese kesiginiň meýdany hasaba alynmaýan derejede kiçi bolan çäksiz uzyn göni geçirijilerden tok geçende, geçirijileriň her bir metr uzynlygynda $2 \cdot 10^{-7}$ N özara täsir güýji emele getirýän hemişelik tok güýjüdür.



1. Parallel tokly geçirijileriň arasynda emele gelyän özara täsir güýjüniň ugry nähili kesgitlenýär?
2. Garşylykly ugurda I_1 we I_2 tok geçýän iki parallel geçirijiniň özara täsir güýjüni düşündiriň.
3. Tok güýjüniň birligi – Ampere kesgitleme beriň.

Mesele çözmegiň nusgasy

Arasyndaky aralyk 1,6 m bolan goşa (iki) simli hemişelik elektrik toguny geçiriji liniýasynyň simleriniň her bir metr uzynlygyna dogry gelyän özara täsir güýjüni tapyň. Geçirijilerden geçýän tok güýjüniň bahasyny 40 A-e deň diýip alyň.

Berlen:	Formulasý:	Çözülişi:
$d = 1,6 \text{ m}$ $I_1 = I_2 = 40 \text{ A}$ $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{H}}{\text{A}^2}$ $\Delta l = 1 \text{ m}$	$F = \mu_0 \frac{I_1 \cdot I_2}{2\pi \cdot d} \cdot \Delta l$ $[F] = \frac{\text{H}}{\text{A}^2} \cdot \frac{\text{A} \cdot \text{A}}{\text{m}} \cdot \text{m} = \text{N}$	$F = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{40 \cdot 40}{2\pi \cdot 1,6} \cdot 1 \text{ N} =$ $= 2 \cdot 10^{-4} \text{ (N)}$
Tapmaly: $F = ?$		Jogaby: $F = 2 \cdot 10^{-4} \text{ N}$.

6-njy tema. BIR JYNSLY MAGNIT MEÝDANYNDA ZARÝADLANAN BÖLEJIGIŇ HEREKETI. LORENS GÜÝJI

Magnit meýdanyna girizilen tokly geçirijä magnit meýdany tarapyndan täsir edýän Amper güýji, geçirijiniň şu bölegindäki her bir bölejige magnit meýdany tarapyndan täsir edýän güýçleriň jeminden ybarat diýip garmak mümkin. Uzynlygy l bolan tokly geçirijide hereketlenýän ähli zarýadlanan bölejikler sany N -e deň bolsa, magnit meýdanynda hereket edýän bir bölejige täsir edýän güýç

$$F = \frac{F_A}{N} = \frac{I \cdot B \cdot l \cdot \sin \alpha}{N} \quad (1-17)$$

-e deň bolýar. Geçirijiden geçýän tok güýji

$$I = e \cdot n \cdot v \cdot S \text{ we } N = n \cdot S \cdot l. \quad (1-18)$$

Aňlatmalary (1-17) deňlige goýsak, bir bölejige täsir edýän güýjüň aňlatmasy gelip çykýar:

$$F_L = evB \sin \alpha; \quad (1-19)$$

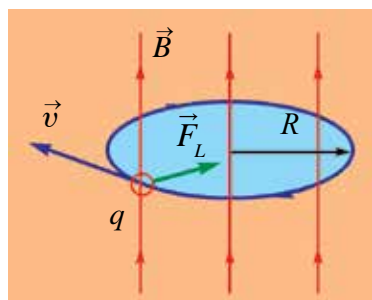
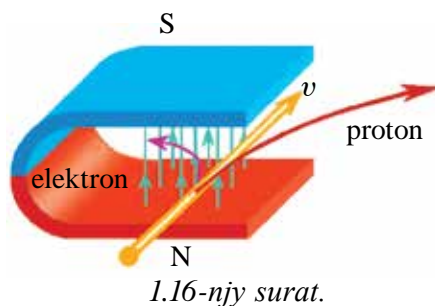
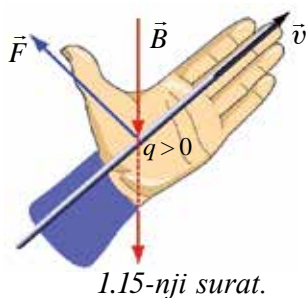
munda: e – elektron zarýady; v – bölejigiň tertipli hereket tizligi; n – zarýadlaryň konsentrasiýasy; S – geçirijiniň kese kesiginiň meýdany.

Magnit meýdanynda hereketlenýän zarýadlanan bölejige şu meýdan tarapyndan täsir edýän güýje **Lorens güýji** diýlip, bu güýç aşakdaky ýaly kesgitlenýär: bir jynsly magnit meýdanynda hereketlenýän zarýadlanan bölejige täsir edýän güýç \vec{F}_L bölejigiň q zarýadyna, onuň v hereket tezligine, magnit meýdanynyň \vec{B} induksiýa wektoryna hem-de (\vec{v}) tizlik wektory bilen magnit meýdanynyň induksiýasynyň (\vec{B}) wektorlarynyň arasyndaky burçuň sinusynyň köpeltmek hasylyna deň bolýar.

Lorens güýjüniň ugry çep el düzgüniniň kömeginde kesgitlenýär (1.15-nji surat). **Eger çep eliň aýasyna magnit induksiýasy wektoryny dik düşýän we görkeziji barmaklaryň ugry položitel zarýadyň hereketiniň ugry bilen birmeňzeş bolsa, onda 90°-a açylan başam barmak Lorens güýjüniň ugruny görkezýär.**

Magnit meýdanyna uçup girýän protona täsir edýän Lorens güýji, çep el düzgünine görä, sag tarapa ýönelen bolýar (1.16-njy surat). Meýdandaky

elektronyň (otrisatel zarýadyň) hereketini anyklanda, dört barmagymyzy toguň ugruna garşylykly ýagdaýda ýerleşdirýäris. Munda elektrona täsir edýän Lorens güýji çep tarapa ýönelen bolýar (1.16-njy surat). Eger zarýadlanan bölejik magnit induksiýa çyzyklary boýunça hereketlense, oňa magnit meýdany tarapyndan güýç täsir etmeýär.



Indi zarýadlanan bölejigiň hereketine **Lorens** güýjüniň täsirine garalyň. Bölejik bir jynsly magnit meýdanynyň güýç çyzyklarynyň ugruna dik uçup girýän bolsun (1.17-nji surat). Onda bölejigiň tizliginiň ugry bilen induksiýa çyzyklarynyň arasyndaky burç 90° -a deň bolup, bölejige täsir edýän Lorens güýji maksimal bolýar. Lorens güýji magnit meýdanynda hereketlenýän bölejigiň hereket ugruna perpendikulýar ugruganlygy üçin ol merkeze ymtylma

güýjüniň wezipesini ýerine ýetirýär. Netijede zarýadlanan bölejigiň hereket ugry üýtgäp, hereket traýektoriyasy egrelýär, ýagny:

$$\frac{mv^2}{R} = qvB. \quad (1-20)$$

Lorens güýji iş etmänligi sebäpli, bölejigiň hereket tizligi-de üýtgemeyär. Diýmek, bölejik töwerek boýunça deňölçegli hereketini dowam etdirýär.

Şeýlelikde, magnit meýdanyndaky zarýadlanan bölejigiň hereket traýektoriyasy töwerekden ybarat bolup, onuň radiusyny aşakdaky aňlatma arkaly kesgitleýäris:

$$R = \frac{mv}{qB}. \quad (1-21)$$

Diýmek, bölejik traýektoriyasynyň egrilik radiusy onuň massasy bilen tizliginiň köpeltmek hasylyna göni, zaryady bilen magnit meýdanynyň induksiýasynyň köpeltmek hasylyna bolsa ters proporsional eken.

Bölejigiň doly bir gezek aýlanmagy üçin giden wagty, ýagny aýlaw döwrüni kesgitleiň. Munuň üçin bölejik bir gezek doly aýlanandaky ýoly (töweregiň uzynlygy $2\pi \cdot R$) bölejigiň (v) tizligine bölýäris:

$$T = \frac{2\pi R}{v}. \quad (1-22),$$

(1-21) aňlatmadan peýdalanyp (1-22) aňlatmany aşakdaky görnüşde ýazýarys:

$$T = 2\pi \frac{m}{qB}. \quad (1-23)$$

Bölejigiň aýlaw döwri onuň tizligine bagly bolman, bölejigiň massasyna, zaryadyna we magnit meýdanynyň induksiýasynyň ululygyna bagly bolar eken.

Magnit we elektrik meýdanynyň täsirinde wakuumda hereketlenýän zaryadlanan bölejikleri massalary boýunça düzüm böleklere bölýän abzala *mass-spektrometr* diýilýär. Mass-spektrometrler himiki elementleriň uzotoplaryny anyklanda, maddalary himiki derňände ulanylýar.



1. Lorens güýjüniň ugruny çep el düzgüni esasynda düşündiriň.
2. Zaryadlanan bölejigi töwerek boýunça deňölçegli hereketlendirýän güýji düşündiriň.
3. Zaryadlanan bölejik magnit meýdanyna nähili ugurda girende oňa Lorens güýji täsir etmeýär?
4. Lorens güýji esasynda döredilen nähili guruluşlary bilýärsiňiz?

Mesele çözmegiň nusgasy

Elektron magnit meýdanynyň induksiýasy 12 mT bolan meýdan induksiýa çyzyklaryna dik uçup girip, 4 cm radiusly töwerek boýunça hereketi dowam etdiren bolsa, ol nähili tizlik bilen meýdana uçup giripdir?

Berlen:	Formulasý:	Çözülişi:
$B = 12 \text{ mT} = 12 \cdot 10^{-3} \text{ T}$ $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ $R = 4 \text{ cm} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ $\alpha = 90^\circ$ $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$	$F_L = evBs \sin \alpha,$ $F_{mik} = \frac{mv^2}{R},$ $F_L = F_{mik};$ $v = \frac{e \cdot B \cdot R}{m}$	$v = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 12 \cdot 10^{-3} \cdot 4 \cdot 10^{-2} \frac{\text{M}}{\text{c}}}{9,1 \cdot 10^{-31}} =$ $= 8,4 \cdot 10^7 \frac{\text{M}}{\text{c}}.$
Tapmaly: $v = ?$	$[v] = \frac{\text{C} \cdot \text{T} \cdot \text{m}}{\text{kg}} = \frac{\text{m}}{\text{s}}$	Jogaby: $v = 8,4 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$

1-nji gönükme.

1. RADIUSY 4 cm bolan halka induksiýasy 0,5 T bolan bir jynsly magnit meýdanynyň induksiýa çyzyklaryna dik ýerleşdirilen. Halkadan geçýän magnit akymy nähili? (*Jogaby: 25,12 mWb*)

2. Magnit induksiýasy 4 T bolan bir jynsly magnit meýdanynda ýerleşýän meýdany 250 cm² bolan simli ramkadan geçýän magnit akymy 87 mWb -a deň. Magnit meýdanynyň induksiýa çyzyklary üste nähili burç astynda düşýär? (*Jogaby: 30°*)

3. Induksiýasy 50 mT bolan magnit meýdanynyň induksiýa çyzyklary üst tekizligine 30° burç astynda düşýär. Magnit meýdanynyň induksiýasynyň üste normal ugrundaky emele getirijisini tapyň (*Jogaby: 25 mT*)

4. Göni geçirijiden 5 A tok geçýär. Ondan 2 cm uzaklykdaky nokatdaky magnit meýdanynyň induksiýasyny tapyň. (*Jogaby: 50 μT*)

5. RADIUSY 5 cm bolan sim halkadan 3 A tok akýar. Halkanyň merkezindäki magnit meýdanynyň induksiýasyny kesgitleň. (*Jogaby: 37,7 μT*)

6. RADIUSY 10 cm, sargylar sany 500 bolan tegekden nähili tok geçende onuň merkezinde 25 mT magnit meýdanynyň induksiýasy emele gelýär? (*Jogaby: 8 A*)

7. Magnit meýdanynyň induksiýasy 3 mT we 4 mT bolan özara dik ugrugan iki bir jynsly meýdanlar goşulanda, jemleýji meýdanyň induksiýasy nähili bolýar? (*Jogaby: 5 mT*)

8. RADIUSY 10 cm bolan tokly halka induksiýasy 20 mT bolan bir jynsly magnit meýdana ýerleşdirilen. Eger halkadan 2 A tok geçýän bolsa, magnit meýdany tarapyndan oňa nähili maksimal güýç momenti täsir edýär? (*Jogaby: 1,26 mN·m*)

9. Ini 4 cm, uzynlygy 8 cm bolan ramka induksiýasy 2 T bolan magnit meýdanynda ýerleşýär. Ondan 0,5 A tok geçende ramka täsir edýän maksimal güýç momentini tapyň. (*Jogaby: 3,2 mN·m*)

10. Magnit meýdanynda duran meýdany 80 cm² bolan ramka täsir edýän maksimal güýç momenti 7,2 mN·m-e deň. Eger ramkadan 0,2 A tok geçýän bolsa, meýdanyň induksiýasy nämä deň? (*Jogaby: 1,2 T*)

11. Induksiýasy 200 mT bolan magnit meýdanynda uzynlygy 50 cm bolan geçiriji ýerleşdirilen. Ondan 4 A tok geçende geçiriji 3 cm-e süýşdi. Munda tok güýji nähili iş edipdir? (*Jogaby: 12 mJ*)

12. Induksiýasy 0,1 T bolan bir jynsly magnit meýdanynda induksiýa çyzyklaryna dik ýagdaýda uzynlygy 10 cm bolan geçirijiden 2 A tok geçýär.

Geçirijä magnit meýdany tarapyndan täsir edýän güýji hasaplaň. (*Jogaby:* 20 mN)

13. Uzynlygy 25 cm bolan geçirijiden 4 A tok geçýär. Geçiriji induksiýasy 1,2 T bolan bir jynsly magnit meýdanynyň induksiýa çyzyklaryna 45° burç astynda ýerleşýär. Geçiriji Amper güýjüniň ugrunda 3 cm-e orun üýtgedende nähili iş ediler? (*Jogaby:* 25,4 mJ)

14. Uzynlygy 40 cm bolan geçirijiden 2,5 A tok geçýär. Geçiriji bir jynsly magnit meýdanynyň induksiýa çyzyklaryna perpendikulýar ugurda 8 cm süýşende, 32 mJ iş edilipdir. Magnit meýdanynyň induksiýasy nämä deň? (*Jogaby:* 0,4 T)

15. Uzynlygy 40 cm bolan geçiriji induksiýasy 2,5 T bolan bir jynsly magnit meýdanynda 12 cm/s tizlik bilen hereketlenýär. Eger geçiriji 3 s içinde induksiýa çyzyklaryna perpendikulýar ugurda 8 cm süýşende, 144 mJ iş edilen bolsa, geçirijidäki tok güýji nämä deň? Magnit meýdanynyň induksiýa çyzyklary bilen toguň ugrunyň arasyndaky burçy 90° diýip alyň. (*Jogaby:* 0,4 A)

16. Iki simli hemişelik elektrik toguny geçiriji liniýasynyň simleriniň her bir metr uzynlygyna dogry gelyän özara täsir güýjüni hasaplaň. Simleriň arasyndaky aralyk 2 m, tok güýji 50 A-e deň diýip alyň. (*Jogaby:* 0,25 mN)

17. Iki parallel tokly geçirijileriň her birinden bir tarapa ugrugan 2 A tok geçýär. Tokly geçirijileriň arasyndaky aralyk 4 cm. Tokly geçirijileriň arasyndaky nokatda magnit meýdanynyň induksiýasy nämä deň? (*Jogaby:* nola deň)

18. $4 \cdot 10^7$ m/s tizlik bilen hereketlenýän proton induksiýasy 5 T bolan bir jynsly magnit meýdanyna uçup girende oňa nähili güýç täsir edýär? Bölejigiň tizlik ugry we meýdan induksiýa güýç çyzyklarynyň arasyndaky burçy 45° -a deň diýip alyň. (*Jogaby:* 22,4 pN)

19. Magnit induksiýasy 0,3 T bolan bir jynsly magnit meýdanyna induksiýa çyzyklaryna perpendikulýar ýagdaýda 160 Mm/s tizlik bilen uçup giren elektronyň hereket traýektoriasynyň egrilik radiusyny tapyň. (*Jogaby:* 3 mm)

20. Bir jynsly magnit meýdanyna dik uçup giren elektronyň aýlaw döwri 8 ns bolsa, magnit meýdanynyň induksiýasyny anyklaň. (*Jogaby:* 4,5 mT)

21. Induksiýasy 1,5 T bolan magnit meýdanynyň induksiýasy çyzyklaryna dik ýagdaýda alfa bölejik uçup girdi. Oňa täsir eden güýç 120 pN -e deň bolsa, onuň tizligi nähili bolupdyr? (*Jogaby:* $2,5 \cdot 10^7$ m/s)

I BABY JEMLEMEK BOÝUNÇA TEST SORAGLARY

- Elektrik togunyň magnit täsiri tok haýsy gurşawlardan geçende bolýar?**
A) elektrolitlerden; B) metallardan;
C) wakuumda; D) islendik gurşawdan.
- Magnit akymynyň birligini görkeziň.**
A) Tesla; B) Weber; C) Amper; D) Ersted.
- Geçirijiden hemişelik tok geçende onuň töwereginde nähili meýdan emele gelýär?**
A) elektrik meýdany; B) magnit meýdany;
C) elektromagnit meýdany; D) grawitasion meýdan.
- Suratda 4 jübüt toguň geçiş ugurlary şekillendirilen. Haýsy ýagdaýda olar özara dartysýar?**
A) $\uparrow\downarrow$; B) $\rightarrow\leftarrow$; C) $\downarrow\downarrow$; D) $\rightarrow\downarrow$.
- Suratda 4 jübüt toguň geçiş ugurlary şekillendirilen. Haýsy ýagdaýda olar özara itekleşýär?**
A) $\uparrow\downarrow$; B) $\rightarrow\rightarrow$; C) $\downarrow\downarrow$; D) $\rightarrow\downarrow$.
- Magnit meýdanyna ýerleşdirilen meýdany $0,05 \text{ m}^2$ bolan tokly ramkadan 2 A tok geçýär. Eger ramkany aýlandyryjy maksimal güýç momenti $40 \text{ mN}\cdot\text{m}$ bolsa, ramka ýerleşýän meýdanyň induksiýasy nämä deň?**
A) $4\pi \cdot 10^{-6} \text{ T}$; B) $6\pi \cdot 10^{-6} \text{ T}$;
C) $2\pi \cdot 10^{-6} \text{ T}$; D) $8\pi \cdot 10^{-6} \text{ T}$.
- Radiusy 4 cm bolan sim halkadan $0,8 \text{ A}$ tok geçýär. Halkanyň merkezindäki magnit induksiýasyny kesgitläň.**
A) 2 T ; B) $0,4 \text{ T}$; C) $0,5 \text{ T}$; D) $0,2 \text{ T}$.
- Induksiýasy $0,1 \text{ T}$ bolan magnit meýdan çyzyklaryna dik ýerleşen 25 cm uzynlykdaky geçirijä meýdanyň täsir güýji $0,5 \text{ N-e}$ deň. Geçirijiden geçýän tok güýji nämä deň?**
A) $2,5 \text{ A}$; B) $0,4 \text{ A}$; C) $1,25 \text{ A}$; D) $0,2 \text{ A}$.

9. Magnit meýdanynyň induksiýa çyzyklaryna dik ugurda elektron we proton uçup girýär. Protonyň massasy elektronyň massasyndan 1800 esse uly. Bölejikleriň haýsysyna täsir eden Lorens güýji uly bolýar?
- A) Elektron; B) Protona;
C) Iksinde birmeňzeş; D) Täsir güýji nola deň.
10. Çep el düzgüniniň kömeginde nähili ululyklaryň ugry kesgitlenýär?
- A) Amper güýji; B) Lorens güýji;
C) Amper we Lorens güýçleri; D) Induksion tok ugry.
11. Aşakdaky getirilen güýçleriň haýsy biri iş etmeýär?
- A) Amper güýji; B) Lorens güýji;
C) Kulon güýji; D) sürtülme güýji.
12. Lorens güýji hereketdäki zaryadlanan bölejigiň tizligini nähili üýtgedýär?
- A) Tizligini artdyrýar; B) Tizligini kemeldýär;
C) Tizligini üýtgetmeýär; D) Tizligiň ugruny üýtgedýär.
13. Lorens güýjüniň aňlatmasyny görkeziň.
- A) $F = \frac{mv^2}{R}$; B) $F = I \cdot B \cdot l \cdot \sin\alpha$;
C) $F = \mu_0 \frac{I_1 \cdot I_2}{2\pi \cdot d} \cdot \Delta l$; D) $F = qvB \cdot \sin\alpha$.
14. Proton induksiýasy 40 mT bolan bir jynsly magnit meýdanyna güýç çyzyklaryna dik ýagdaýda $2 \cdot 10^7$ m/s tizlik bilen uçup girende ol nähili radiusly töweregi çyzar ($m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$ kg)?
- A) 1,5 cm; B) 4 cm; C) 2,5 cm; D) 5,2 cm.
15. Bir jynsly magnit meýdanyna dik uçup giren elektronyň aýlaw döwri $20 \cdot 10^{-12}$ s bolsa, magnit meýdanynyň induksiýasyny anyklaň (T).
- A) 1,5; B) 1,8; C) 2,5; D) 3,2.

1-nji bapda öwrenilen iň möhüm düşüňjeler, düzgünler we kanunlar

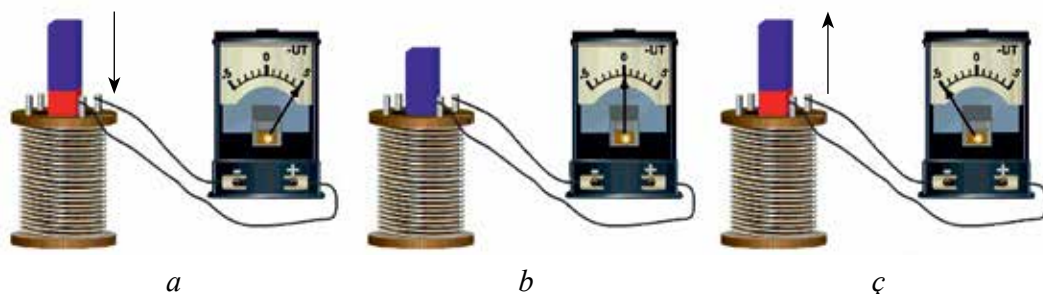
Magnit güýç çyzyklary	Magnit güýç çyzyklary magnitiň demirgazyk polýusyndan çykyp, günorta polýusyna girýän ýapyk çyzykdan ybarat.
Magnit induksiýa akymy	ΔS –meýdandan geçýän magnit induksiýa akymy Φ diýlip, magnit induksiýa B wektorynyň, şu meýdana köpeltmek hasylyna aýdylýar $\Phi = B \cdot \Delta S$.
Magnit akymy birligi	Magnit meýdanynyň induksiýasy 1 T -a deň bolan magnit meýdanynyň induksiýa çyzyklaryna dik goýlan 1 m ² meýdany kesip geçýän magnit akymy 1 Wb-ge deň 1 Wb=1 T · m ² .
Bio – Sawar – Laplasyň formulasy	Tokly geçirijiniň islendik Δl elementini, tokly geçirijiniň daşyndaky A nokadynda emele getiren magnit induksiýasyny anyklaýar. $\Delta B = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I \cdot \Delta l \cdot \sin \alpha}{r^2}$
Magnit meýdanynyň superpozisiýa prinsipi	$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3 + \dots + \vec{B}_n$. Giňişligiň käbir nokadyndaky jemleýji meýdanyň induksiýasy her bir tokly geçirijiniň şol nokatda emele getiren magnit meýdanynyň induksiýalarynyň wektor jemine deň.
Göni toguň magnit meýdanynyň induksiýasy	$B = \mu_0 \frac{I}{2\pi \cdot d}$ –geçirijiden geçýän tok güýjüne göni, geçiriji bilen induksiýasy hasaplanýan nokadyň arasyndaky aralyga ters proporsional.
Aýlanma tok merkezindäki magnit meýdanynyň induksiýasy	$B = \mu_0 \frac{I}{2R}$ –geçirijiden geçýän tok güýjüne göni, töweregiň radiusyna ters proporsional.
Tokly ramkanyň aýlandyryjy momenti	$M = I \cdot B \cdot S \sin \alpha$, konturdan geçýän tok güýji, konturyň meýdany we induksiýa wektorynyň ugry bilen konturyň tekizligine geçirilen poloitel normalyň (\vec{n}) ugrunyň arasyndaky burçuň sinusyna göni proporsional.

Magnit meýdanynda edilen iş	$A = I \cdot \Delta\Phi$ tokly geçirijini magnit meýdanynda orun üýtgedende edilen iş geçirijiden geçýän tok güýji bilen onuň hereket dowamynda kesip geçen magnit akymynyň üýtgemeginiň köpeltmek hasylyna deň.
Tokly geçirijileriň özara täsirleşmegi	Parallel geçirijilerden garşylykly ugurda tok akanda, olar bir-birinden itekleşýär. Toklaryň ugry birmeňzeş bolanda geçirijiler bir-birine dartylýar.
Iki tokly parallel geçirijileriň arasyndaky täsir güýji	$F = \mu_0 \frac{I_1 \cdot I_2}{2\pi \cdot d} \cdot \Delta l$ –parallel tokly geçirijileriň birlik uzynlyklaryna dogry gelen özara täsir güýji olardan geçýän tok güýçleriniň köpeltmek hasylyna göni, arasyndaky aralyga bolsa ters proporsionaldyr.
Tok güýjüniň birligi Amperiň kesgitlemesi	Amper – wakuumda bir-birinden 1 m aralykda parallel ýerleşýän, çäksiz uzyn göni geçirijilerden tok geçende, geçirijileriň her bir metr uzynlygyna $2 \cdot 10^{-7}$ N özara täsir güýjüni emele getirýän hemişelik tok güýjüdür.
Lorens güýji	$F_L = qvB\sin\alpha$ – magnit meýdanynda hereketlenýän zaryadlanan bölejige şu meýdan tarapyndan täsir edýän güýç.
Çep el düzgüni	Eger çep eliň aýasyna magnit induksiýasy wektoryny dik düşýän we süýem barmaklaryň ugry položitel zaryadyň ugry bilen birmeňzeş bolsa, onda 90° -a gerilen başam barmak Lorens güýjüniň ugruny görkezýär.
Magnit meýdanyna dik uçup giren bölejigiň aýlanma radiusy	$R = \frac{mv}{qB}$ –bölejik traýektoriyasynyň egrilik radiusy onuň massasy bilen tizliginiň köpeltmek hasylyna göni, zaryady bilen magnit meýdanynyň induksiýasynyň köpeltmek hasylyna ters proporsional.
Magnit meýdanyna dik uçup giren bölejigiň aýlaw döwri	$T = 2\pi \frac{m}{qB}$ – bölejigiň aýlaw döwri onuň tizligine bagly bolman, bölejigiň massasyna, zaryadyna we magnit meýdanynyň induksiýasynyň ululygyna bagly bolýar.

II bap. ELEKTROMAGNIT INDUKSIÝASY

7-nji tema. ELEKTROMAGNIT INDUKSIÝASY HADYSASY. INDUKSIÝANYŇ ELEKTRIK HEREKETLENDIRIJI GÜÝJI. FARADEÝIŇ KANUNY

1820-nji ýylda daniýaly alym G. Ersted toguň magnit täsirini açansoň, iňlis alymy **Maýkl Faradeý** magnit meýdany arkaly elektrik toguny almagy özüne maksat edinipdir. Ol bu meseläniň üstünde 10 ýyldan gowrak işläp, 1831-nji ýylda ony üstünlikli çözüpdir.



2.1-nji surat.

Görkezme esbaplardan peýdalanmak bilen Faradeý tarapyndan geçirilen tejribä garalyň. Ol tegek bilen galwanometri zygider birikdirip, ýapyk zynjyr emele getiripdir (2.1-nji surat). Tegegiň içine hemişelik magnit girizilende, galwanometriň strelkasynyň gyşarýandygyny görmek mümkin. Munda tegekde tok emele gelyär (2.1-nji *a* surat). Eger magniti hereketlendirmän tegegiň içinde dynçlykda saklansa galwanometriň strelkasy noly görkezýär, ýagny tegekde toguň ýokdugyny görkezýär (2.1-nji *b* surat). Magnit tegegiň içinden sogrup alynýan wagtda bolsa, ýene tegekde toguň emele gelenligi görünýär. Munda galwanometriň strelkasy ters tarapa gyşarýar (2.1-nji *ç* surat). Eger magnit dynçlykda bolup, tegek herekete getirilse-de, şu hadysany görýäris. Diýmek, tegegi kesip geçýän magnit akymy islendik ýol bilen üýtgedilende tegekde elektrik hereketlendiriji güýji emele gelyän eken.

Simli ramkanyň uçlary bir-birine gönüden-göni (ýa-da olaryň uçlary käbir abzal arkaly) birikdirilen bolsa, oňa ýapyk kontur diýmek mümkin. Onda galwanometre birikdirilen tegek özara yzygider birikdirilen ýapyk kontury düzýär.

Magnit meýdanynyň akymy özgermegi sebäpli ýapyk konturda elektrik togunyň emele geliş hadysasy **elektromagnit induksiýa hadysasy**, konturda emele gelen tok bolsa *induksion* tok diýip atlandyrylýar.

Faradeý özi amala aşyran tejribe netijelerini derňäp, aşakdaky netijä gelipdir: **induksion tok ýapyk konturda diňe geçiriji kontury arkaly geçýän magnit induksiýa akymy özgerende emele gelýär, ýagny magnit akymy diňe üýtgäp duran wagt dowamynda bar bolýar.**

Mälim bolşy ýaly, elektrik zynjyrynda tok uzak wagt bar bolup durmagy üçin zynjyryň käbir böleginde elektrik hereketlendiriji güýji (EHG) çeşmesi bolmaly. Konturda hemişelik ýagdaýda magnit akymynyň üýtgäp durmagy netijesinde emele gelen EHG onda induksion togy emele getirýän daşky çeşme wezipesini ýerine ýetirýär. Induksion togy emele getirýän EHG **induksiýanyň elektrik hereketlendiriji güýji** diýilýär.

Ýapyk konturda emele gelen elektromagnit induksiýasy EHG, san bahasy taýdan şu kontury kesip geçýän magnit akymynyň özgermegine deň we alamaty taýdan garşylyklydyr:

$$\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}. \quad (2-1)$$

Muňa *elektromagnit induksiýasy kanuny* ýa-da *Faradeý–Makswell kanuny* diýilýär.

(2–1) aňlatmadaky (–) alamat konturda emele gelýän induksion toguň ugru bilen bagly bolup, ol Lensiň düzgünine laýyklykda düşündirilýär.

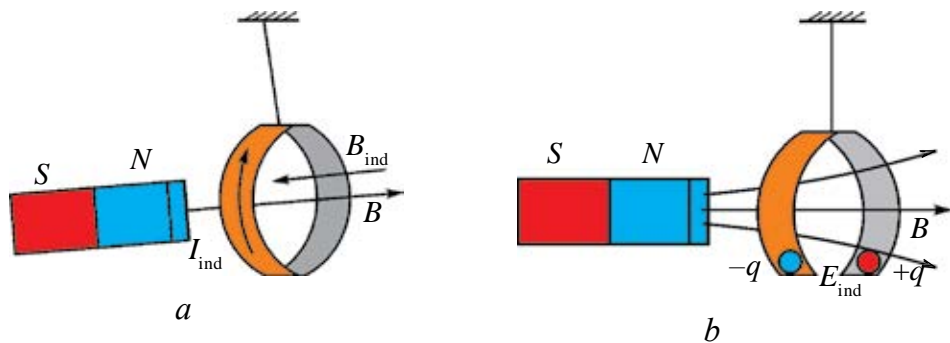
HBS-da induksiýanyň elektrik hereketlendiriji güýjüň birligi edip wolt (V) kabul edilen. $[\mathcal{E}_i] = \left(\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right) = \frac{T \cdot M^2}{c} = \frac{H \cdot M^2}{A \cdot M \cdot c} = \frac{J}{A \cdot c} = \frac{A \cdot B \cdot c}{A \cdot c} = B$.

Eger kontur N sany sargydan ybarat bolsa, konturda emele gelen induksiýa EHG aşakdaky aňlatmanyň kömeginde hasaplanýar:

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

Rus alymy H.Lens induksion toguň ugruny kesgitlemek maksadynda aşakdaky tejribäni geçiripdir. Ol biri bitin we ikinjisi kesik bolan ýeňil

alýuminiý halkalary ýüpe daňyp, daýanja asypdyr (2.2-nji surat). Eger magnit bitin halka ýakynlaşdyrylsa, onda induksion tok emele gelýär. Şol bir wagtda bu tok halkanyň içinde özüniň magnit meýdanyny emele getirýär. Emele gelen magnit meýdany bolsa magnitiň halka ýakynlaşmagyna garşylyk görkezýär we ondan gaçýar (2.2-nji *a* surat). Eger magniti halkadan uzaklaşdyryp başlasak, halka magnite dartylyp, oňa eýerýär.



2.2-nji surat.

Magnit kesik halka ýakynlaşdyrylanda ýa-da ondan uzaklaşdyrylanda magnitiň halka täsiri bolmaýar. Munuň sebäbi kontur ýapyk bolmanlygy üçin halkada induksion tok emele gelmeýänligidir (2.2-nji *b* surat). Tejribe netijelerine görä Lens induksion toguň ugruny kesgitlemegiň düzgünini tapypdyr. Bu düzgün onuň hormatyna *Lensiň düzgüni* diýlip atlandyrylyp, aşakdaky ýaly kesgitleýär: **ýapyk konturda emele gelen induksion tok şeýle ugrugan bolup, ol özüniň magnit meýdany bilen şu togy emele getirýän magnit akymynyň üýtgemegine garşylyk görkezýär.**



1. Nähili hadysa elektromagnit induksiýasy hadysasy diýilýär?
2. Näme üçin kesik halka magnit ýakynlaşdyrylanda olar özara täsirleşmeýär?
3. *Lensiň düzgüniniň kesgitlemesini aýdyň.*
4. *Elektromagnit induksiýa kanunyny düşündiriň.*

Mesele çözmegiň nusgasy

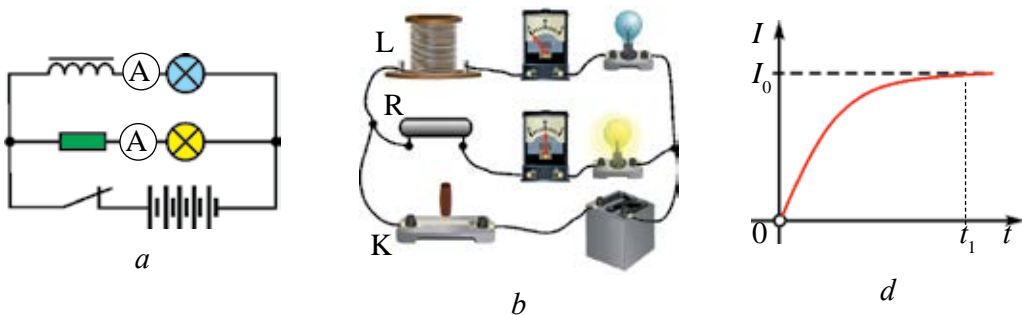
Geçiriji halka arkaly geçýän magnit akymy 0,2 s dowamynda 5 mWb -e üýtgäpdir. Halka 0,25 Ω elektrik garşylygyna eýe bolsa, halkada nähili induksion tok emele gelýär?

Berlen:	Formulasy:	Çözülüşi:
$\Delta t = 0,2 \text{ s}$	$\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$	$I = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{0,25 \cdot 0,2} \text{ A} = 0,1 \text{ A.}$
$\Delta\Phi = 5 \text{ mWb} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ Wb}$	$I = \frac{\mathcal{E}_i}{R} = -\frac{\Delta\Phi}{R \cdot \Delta t}$	<i>Jogaby: $I = 0,1 \text{ A.}$</i>
$R = 0,25 \ \Omega$		
Tapmaly:	$[I] = \frac{\text{Wb}}{\Omega \cdot \text{s}} = \text{A}$	
$I = ?$		

8-nji tema. ÖZ-ÖZÜNDE INDUKSIÝA HADYSASY. ÖZ-ÖZÜNDE INDUKSIÝANYŇ EHG. INDUKTIWLIK

Islendik konturdan geçýän tok şu kontury kesip geçýän magnit akymyny emele getirýär. Eger konturdan geçýän tok üýtgeşe, onuň emele getiren magnit akymy-da üýtgeýär. Netijede konturda induksion EHG emele gelýär. Bu hadysa *öz-özünde induksiýa hadysasy* diýýärler.

Öz-özünde induksiýa hadysasyna syn etmek mümkin bolan elektrik zynjyry 2.3-nji *a* suratda getirilen. Zynjyr iki sany birmeňzeş lampadan, R garşylykdan, köp sargyly tegekden, açardan we tok çeşmesinden ybarat. Lampalaryň biriniň içinde demir özeni bolan tegek arkaly, ikinjisi R garşylyk arkaly tok çeşmesine birikdirilen. Açar birikdirilende tegek arkaly zynjyry birikdirilen lampa birneme gijigip, R garşylyk arkaly birikdirilen ikinji lampa bolsa, açar birikdirilen badyna ýanýandygyny görýäris (2.3-nji *b* surat). Çünki, açar birikdirilen badyna tegekden geçýän tok güýji t_1 wagtyň içinde noldan I_0 çenli üýtgeýär (2.3-nji *ç* surat).



2.3-nji surat.

Bu döwürde tegekde tok çeşmesi emele getiren toga ters ugrugan öz-özünde induksiýa togy emele gelyär. Bu birinji lampanyň gijräk ýanmagyna sebäp bolýar.

Edil şeýle, açar ýazdyrylanda-da ikinji lampa şol bada öçüp, emma birinji lampa haýal öçügsiräp öçýär.

Toguň emele getiren magnit meýdany magnit akymy bilen häsiýetlenýär. Tegegiň içindäki emele gelen magnit akymy nähili fiziki ululyklara bagly bolýar?

Tejribelerden görnüşi ýaly, tegegiň içinde emele gelen magnit akymy: *birinjiden*, tegekde emele gelen magnit akymy ondan geçýän tok güýjüne göni proporsional, ýagny:

$$\Phi \sim I,$$

ikinjiden, tegekde emele gelen magnit akymy tegegiň geometrik ölçeglerine (sargylar sany, kese kesiginiň meýdany, uzynlygy) we özeni bardygyna bagly eken.

Şu tejribeleriň netijesini umumlaşdyryp, aşakdaky netijä gelyäris: tokly geçirijiniň emele getiren magnit akymy ondan geçýän tok güýjüne we tegegiň parametrlerine-de bagly bolýar, ýagny:

$$\Phi = L \cdot I, \quad (2-3)$$

munda: L —tegegiň geometrik ölçeglerine we tegek ýerleşýän gurşawyň magnit häsiýetlerine bagly bolan proporsionallyk koeffisiýenti bolup, oňa tegegiň induktiwligi diýilýär.

HBS-da induktiwligiň birligini öz-özünde induksiýa hadysasyny birinji bolup synlan amerikan alymy J. Henriniň hormatyna *henri* (H) kabul edilen.

(2–3) aňlatma görä tegekde emele gelen öz-özünde induksiýa elektrik hereketlendiriji güýjüň aňlatmasyny aşakdaky ýaly ýazýarys:

$$\mathcal{E} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}, \quad (2-4)$$

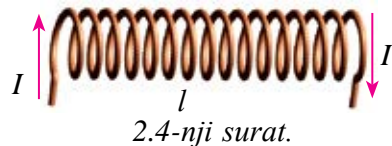
bu aňlatmadan aşakdaky netije gelip çykýar: **öz-özünde induksiýa elektrik hereketlendiriji güýjüniň ululygy konturdaky tok güýjüniň üýtgeýiş tizligine ($\frac{\Delta I}{\Delta t}$) göni proporsional bolýar.**

(2–4) deňlikden induktiwligiň (ýa-da öz-özünde induksiýa koeffisiýenti-niň) aşakdaky fiziki manysy we birligi gelip çykýar: **tok güýjüniň üýtgeýiş**

teizligi $1 \frac{\text{A}}{\text{s}}$ bolanda konturda bir wolt öz-özünde induksiýa EHG emele gelse, konturyň induktiwligi 1 H-a deň bolýar, ýagny:

$$1\text{H} = \frac{1\text{V}}{1\text{A/s}} = \frac{1\text{V} \cdot \text{s}}{1\text{A}}.$$

Uzynlygy l , kese kesiginiň meýdany S , sargylar sany N bolan uzyn tegek ýa-da solenoidiň (2.4-nji surat) induktiwligi aşakdaky aňlatma bilen kesgitlenýär:



$$L = \frac{\mu_0 \cdot \mu \cdot N^2 \cdot S}{l}. \quad (2-5)$$

Munda: μ_0 – koeffisiýent wakuумыň magnit hemişeligi bolup, onuň san bahasy $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{H}}{\text{A}^2}$ -a deň. μ – solenoidiň içindäki gurşawyň magnit siňdirijiligi (maddanyň magnit siňdirijiligi barada soňky temada jikme-jik durup geçeris).

Öz-özünde induksiýa hadysasyny mehanikadaky inersiýa hadysasyňa meňzetmek mümkin. Inersiýa hadysasynda jisimiň massasy nähili ähmiýete eýe bolsa, öz-özünde induksiýa hadysasynda induktiwlik hem şeýle ähmiýete eýe. Ýagny, massa näçe uly bolsa, jisim şonça inerträk; induktiwlik näçe uly bolsa, zynjyrdaky toguň üýtgeýşi şonça haýal (inert) bolýar. Ýokarda garalan mysaldaky tegege zygider birikdirilen lampanyň ýanmagynyň we öçmeginiň ýuwaş-yuwaşdan geçmek prosesini, inerträk jisimiň ýerinden haýal gozganmagy we onuň togtamagy birden amala aşmazlygy bilen deňeşdirmek mümkin.



1. Nähili hadysa öz-özünde induksiýa hadysasy diýilýär?
2. Öz-özünde induksiýa hadysasy bolýan zynjyry çyzyp, ony düşündiriň.
3. Öz-özünde induksiýa koeffisiýentiniň birligi näme?
4. Öz-özünde induksiýa EHG-niň aňlatmasyny ýazyň we ony düşündiriň.

Mesele çözmegiň nusgasy

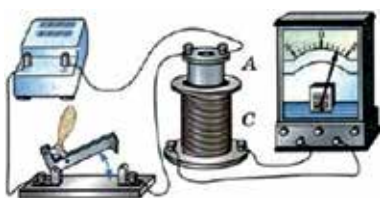
Tegekdäki tok 0,2 s dowamynda noldan 3 A çenli deňölçeqli üýtgände 1,5 V öz-özünde induksiýa EHG emele gelse, tegegiň induktiwligi näçä deň?

Berlen:	Formulasý:	Çözülişi:
$\Delta t = 0,2 \text{ s}$ $\Delta I = 3 \text{ A}$ $\mathcal{E}_{ind.} = 1,5 \text{ V}$	$\mathcal{E}_{ind.} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$	$L = \frac{1,5 \text{ V} \cdot 0,2 \text{ s}}{3} = 0,1 \text{ H.}$
Tapmaly: $L = ?$	$ L = \frac{\mathcal{E}_{ind.} \cdot \Delta t}{\Delta I}$	Jogaby: $L = 0,1 \text{ H.}$

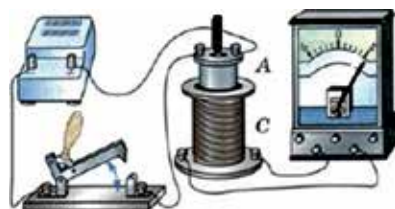
9-njy tema. MADDALARYŇ MAGNIT HÄSIÝETLERI

Ençeme (meselem, demir, nikel, kobalt ýaly) maddalar magnit meýdanyna girizilende ýa-da olardan tok geçende magnitlenip galýandygyny görmek bolýar. Olar magnit ýaly daşynda magnit meýdanyny emele getirýär. Onuň täsirinde magnitlenip galýan şeýle maddalara **magnetikler** diýilýär.

Biz 2-nji temada tegegiň içinde emele gelen magnit meýdany tegekden geçýän tok güýjüne proporsionaldygyna garapdyk. Tegegiň içindäki magnit meýdanyny bahalamak maksadynda aşakdaky görkezmeleli tejribäni geçirmek mümkin. Görkezme gurluşyň umumy görnüşi 2.5-nji *a* suratda getirilen. Görkezme gurluşy tok çişmesinden, iki tegekden, dürli maddadan ýasalan özenlerden, ampermetrden we açardan ybarat.



a



b

2.5-nji surat.

Tegege naprýaženiýäni üýtgetmezden, onuň içine nobatma-nobat dürli hili tebigatly metal özenler girizilip tejribe gaýtalansa, onuň içindäki magnit meýdanynyň induksiýasynyň hem dürlüçe üýtgemegi sebäpli galwanometriň strelkasynyň gýşarmasynyň dürlüçe üýtgeýändigini görýäris (2.5-nji *b* surat).

Tegegiň içinde emele gelýän magnit meýdanynyň induksiýasy oňa girizilen maddanyň tebigatyna bagly eken, ýagny:

$$B = \mu \cdot B_0. \quad (2-6)$$

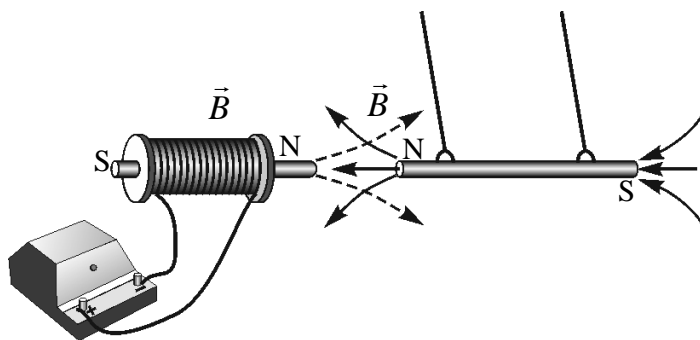
Diýmek, tokly tegegiň käbir gurşawda emele getiren magnit meýdanynyň induksiýasy (B), onuň wakuumda emele getiren magnit meýdanynyň induksiýasy (B_0)-a göni proporsional bolup, gurşawyň görnüşi (μ) -a hem bagly bolýar. (2-6) aňlatmadan μ -ny tapsak:

$$\mu = \frac{B}{B_0}. \quad (2-7)$$

Bu deňlikdäki μ -gurşawyň magnit syzyjylygy diýlip atlandyrylýar. Ol diňe gurşawyň tebigatyna bagly bolup, gurşawdaky meýdanyň induksiýasy, wakuumdaly magnit meýdanynyň induksiýasyndan näçe esse tapawutlanýandygyny aňladýar.

Tebigatda duşýan ähli maddalar magnit syzyjylygyna garap üç görnüşe bölünýär. Bular: **diamagnetikler, paramagnetikler we ferromagnetikler.**

Magnit syzyjylygy birden kiçi ($\mu < 1$) bolan maddalara diamagnetikler diýilýär. Altyn, kümüş, mis, sink we käbir gazlar diamagnetiklerdir. Magnit meýdanyna girizilen diamagnetikler ony gowşadýar. Şeýle maddalara magnit meýdany ýakynlaşdyrylanda meýdandan uzaklaşýar (2.6-njy surat).



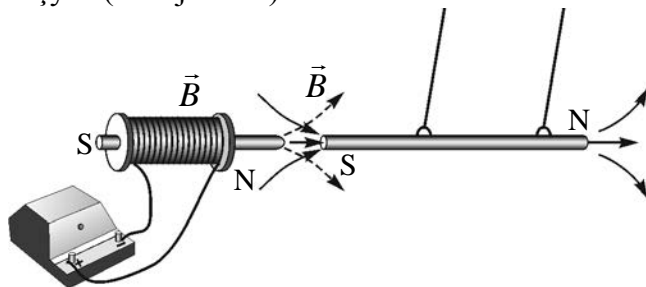
2.6-njy surat.

Magnit syzyjylygy birden birneme uly ($\mu > 1$) bolan maddalara **paramagnetikler** diýilýär.

Paramagnetiklere platina, alýuminiý, hrom, marganes, kislorod ýaly maddalar girýär. Magnit meýdanyna girizilen paramagnetikler meýdany bölekleyin güýçlendirýär.

Magnit syzyjlygy birden örän uly ($\mu \gg 1$) bolan maddalara **ferromagnetikler** diýilýär. Demir, nikel, kobalt we olaryň käbir garyndylary ferromagnetiklerdir. Magnit meýdanyna girizilen ferromagnetikler ony güýçlendirýär.

Şeýle maddalardan ýasalan jisimleri magnit meýdanyna girizilende meýdana ýakynlaşýar (2.7-nji surat).



2.7-nji surat.

Ferromagnetikler tebigatda onçakly köp bolmasa-da, olar häzirki zaman tehnikasynda giňden ulanylýar. Meselem, transformator, tok generatory, elektrodwigatel we başga gurluşlaryň özenleri ferromagnit materiallardan ýasalýar. Soňky wagtlarda hemişelik magnitler lukmançylykda hem giňden ulanylyp gelinýär. Olardan gan basyşyny peseldiji gurluş hökmünde ele dakylýan bilezik taýýarlanýar.



1. Magnetikler diýip nämä aýdylýar?
2. Magnit syzyjlygyň fiziki manysyny düşündiriň.
3. Tebigatdaky maddalar magnit syzyjlygyna görä nähili görnüşlere bölünýär?
4. Ferromagnetikleriň tehnikada ulanylyşyna degişli mysallar getiriň.

Mesele çözmegiň nusgasy

Magnit meýdanynyň induksiýasy 0,50 T bolan özensiz tegege magnit syzyjlygy 60-a deň bolan ferromagnit girizildi. Tegegiň içinde magnit meýdanynyň induksiýasy näçä üýtgär?

Berlen:

$$B_0 = 0,50 \text{ T}$$

$$\mu = 60$$

Tapmaly:

$$\Delta B = ?$$

Formulasý:

$$B = \mu \cdot B_0$$

$$\Delta B = \mu \cdot B_0 - B_0$$

Çözülişi:

$$\Delta B = (60 \cdot 0,5 - 0,5) \text{ T} =$$

$$= (30 - 0,5) \text{ T} = 29,5 \text{ T}.$$

Jogaby: $\Delta B = 29,5 \text{ T}$.

10-njy tema. MAGNIT MEÝDANYNYŇ ENERGIÝASY

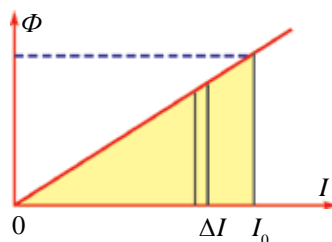
Zarýadlanan jisim elektrik meýdanynyň energiýasyna eýe bolşy ýaly, tokly geçirijiniň töwereginde emele gelen magnit meýdan hem energiýa eýe bolýar. Magnit meýdanynyň energiýasyny hasaplamaga aşakdaky mysalda garap geçýäris. Induktivligi L bolan tegek tok çeşmesine reostat arkaly zygider birikdirilen bolsun (2.8-nji surat).

Tegekden geçýän toguň energiýasynyň bir bölegi onda magnit meýdanyny emele getirmäge sarplanýar. Energiýanyň saklanma kanunyna görä, tok emele getiren energiýa magnit induksiýasy akymyny almak üçin sarplanan işine deň bolýandygyny aňladýar, ýagny:

$$W=A.$$



2.8-nji surat.



2.9-njy surat.

Reostatyň sürmesini sürüp, tegekden geçýän togy deňölçegli artdyrýarys. Tegekde emele gelen magnit akymy ($\Phi=L \cdot I$) ondan geçýän toga göni proporsional, ýagny tok artdygy saýyn magnit akymy hem çyzykly artýar (2.9-njy surat). Çyzgyda getirilen üçburçlugyň meýdanynyň geometrik manysy edilen işi düşündirýär. Bu meýdanyň san bahasy:

$$A = \frac{I \cdot \Phi}{2}. \quad (2-8).$$

Onda tokly geçirijiniň töwereginde emele gelen magnit meýdanynyň energiýasyny hasaplamagyň formulasy aşakdaky görnüşe gelýär:

$$W=A = \frac{I \cdot \Phi}{2} = \frac{L \cdot I^2}{2}. \quad (2-9)$$

Diýmek, tokly konturyň magnit meýdanynyň energiýasy onuň induktiwligi bilen konturdan geçýän tok güýjüniň kwadratynyň köpeltmek hasylynyň ýarysyna deň eken.

(2-9)dan görnüşi ýaly, toguň magnit meýdanynyň energiýasynyň aňlatmasyny hereketlenýän jisimiň kinetik energiýasynyň $\left(E_k = \frac{m \cdot v^2}{2}\right)$

aňlatmasy bilen deňeşdirip, induktiwligiň mehanikadaky massa meňzeş fiziki ululykdygyny görýäris. Ýokarda bellenişi ýaly, mehanikada jisimiň massasy onuň tizligini üýtgetmekde nähili rol oýnasa, induktiwlik hem konturda tok güýjüniň üýtgemeginde şeýle rol oýnaýar.

Elektromagnitiň esasy solenoidi tegegi düzýär. Solenoidiň içine girizilen ferromagnit özeni onuň induktiwligini ýiti artdyrýar. Netijede elektromagnit tegegiň töwereginde magnit meýdany hem güýçlenýär we ol agyr ýükleri arkaýyn göterýär.

Tokly tegegiň töweregindäki magnit meýdanynyň emele gelmegine esaslanyp, ýükleri göterip bilýän elektromagnit kranlar halk hojalygynyň dürli ugurlarynda giňden ulanylýar (2.10-njy surat).



2.10-njy surat.



1. Tegekden geçýän toguň energiýasynyň sarpyny düşündiriň.
2. Tegekde emele gelen magnit akymy nähili ululyklara bagly?
3. Magnit meýdanynyň energiýasyny düşündiriň.
4. Magnit meýdanynyň energiýasynyň hasabyna işleýän nähili gurluşlary bilýärsiňiz?

Mesele çözmegiň nusgasy

Magnit meýdanynyň energiýasy 4 mJ bolmagy üçin, induktiwligi 0,2 H bolan tegegiň sargysyndaky tok güýji näçe bolmaly?

Berlen:

$$W = 4 \text{ mJ} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ J}$$

$$L = 0,2 \text{ H}$$

Tapmaly:

$$I = ?$$

Formulasý:

$$W = \frac{L \cdot I^2}{2}$$

$$I = \sqrt{\frac{2 \cdot W}{L}}$$

$$[I] = \sqrt{\frac{\text{J}}{\text{H}}} = \text{A}$$

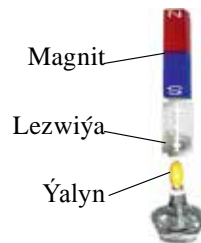
Çözülişi:

$$I = \sqrt{\frac{2 \cdot 4 \cdot 10^{-3}}{0,2}} \text{ A} = 0,2 \text{ A.}$$

Jogaby: $I = 0,2 \text{ A.}$



Amaly ýumuş. Bu tejribeleri özüňiz geçirjek boluň we ýüze çykýan fiziki hadysany düşündiriň.



2-nji gönükme.

1. Kontury kesip geçýän magnit akymy $0,4$ s içinde 5 Wb-dan 13 Wb çenli deňölçegli üýtgedi. Konturda emele gelen induksiýa EHG-ni tapyň. (Jogaby: 20 V)

2. 250 sany sarga eýe bolan tegegiň içinde magnit akymy $0,4$ s-da 2 Wb-a üýtgedi. Tegekde emele gelen induksiýa EHG-ni tapyň. (Jogaby: 1250 V)

3. Magnit akymynyň üýtgeýiş tizligi $0,15$ Wb/s bolanda, tegekde 120 V (EHG) emele gelse, tegekdäki sargylar sany näçe bolupdyr? (Jogaby: 800 sany)

4. Tok güýji $0,6$ A bolanda induktiwligi 80 mH bolan tegekde nähili magnit akymy emele geler? (Jogaby: 48 mW)

5. Induktiwligi $0,8$ H we kese kesiginiň meýdany 200 cm² bolan tegek arkaly 2 A tok geçýär. Eger tegek 50 sargydan ybarat bolsa, onuň içindäki magnit meýdanynyň induksiýasy nähili? (Jogaby: $1,6$ T)

6. Induktiwligi 2 H bolan tegekde öz-özünde induksiýa EHG-niň bahasy 36 V bolmagy üçin tegekdan geçýän toguň üýtgeýiş tizligi nähili bolmaly? (Jogaby: 18 A/s)

7. Özensiz tegekdäki magnit meýdanynyň induksiýasy 25 mT -a deň. Eger tegegiň içine magnit syzyjylygy 60 bolan ferromagnit özeni girizilse, tegekdäki magnit meýdanynyň induksiýasy nähili bolar? (Jogaby: $1,5$ T)

8. Tokly tegekdäki magnit meýdanynyň induksiýasy 20 mT-a deň. Tegegiň içine ferromagnit özeni girizilende onda emele gelen magnit meýdanynyň induksiýasy 180 mT-a artan bolsa, tegege düşürilen özeniň magnit syzyjylygy nämä deň? (Jogaby: 10)

9. Radiusy 2 cm bolan tegekdan 3 A tok geçýär. Tegegiň içine magnit syzyjylygy 20 bolan ferromagnit özeni girizilse, tegegiň içindäki magnit

meýdanynyň induksiýasy nähili bolar? Tegekdäki sargylar sany 150-e deň. (Jogaby: 0,28 T)

10. Solenoidden 2,5 A tok geçende, onda 0,8 mWb magnit akymy emele gelse, magnit meýdanynyň energiýasyny kesgitleň. (Jogaby: 2,5 mJ)

11. Induktivligi 5 mH bolan tegekdäki 0,4 A tok geçýär. Tegegiň magnit meýdanynyň energiýasyny tapyň. (Jogaby: 4 mJ)

12. Tegekdäki 3 A tok geçende onuň magnit meýdanynyň energiýasy 60 mJ -a deň bolsa, tegegiň induktivligi nämä deň bolar? (Jogaby: 90 mH)

II BABY JEMLEMEK BOÝUNÇA TEST SORAGLARY

- 1. Elektromagnit induksiýasy hadysasyny kim açyş edipdir?**
A) Amper; B) Ersted; C) Faradeý; D) Lens.
- 2. Induksiýa EHG-niň birligini görkeziň.**
A) T/s; B) Wb/s; C) H; D) A/s.
- 3. Induksion toguň ugry kim tarapyndan anyklyan?**
A) Amper; B) Ersted; C) Makswel; D) Lens.
- 4. Tegekdäki sargylar sany 4 esse artsa, ondaky induksion EHG nähili üýtgär?**
A) 2 esse artýar; B) 4 esse artýar;
C) 4 esse kemelýär; D) 2 esse kemelýär.
- 5. Konturdan geçýän magnit akymy 0,3 s dowamynda 15-den 12 Wb çenli deňölçegli kemelen bolsa, konturda emele gelen induksiýa EHG-ni tapyň (V).**
A) 10; B) 9; C) 4,5; D) 5.
- 6. 150 sarga eýe bolan tegekdäki magnit akymy 0,5 s-da 15 mWb-a üýtgän bolsa, onda indusirlenen EHG-ni anyklaň (V).**
A) 10; B) 5; C) 9; D) 4,5.
- 7. Magnit akymynyň üýtgeýiş tizligi 120 mWb/s bolanda, tegekte 30 V EHG emele gelse, tegekdäki sargylar sany nämä deň?**
A) 200; B) 250; C) 400; D) 500.
- 8. Tegekdäki tok 0,4 s içinde 5 A-e üýtgände, 15 V öz-özünde induksiýa EHG emele geldi. Tegegiň induktivligi nämä deň (H)?**
A) 1,2; B) 2,5; C) 4; D) 1,5.
- 9. Tok güýji 0,8 A bolanda tegekte emele gelen magnit akymy 240 mWb-a deň. Tegegiň induktivligi nämä deň (H)?**
A) 1,2; B) 0,4; C) 0,3; D) 0,5.

10. Paramagnit maddalaryň magnit syzyjlygy nähili bolýar?
 A) $\mu > 1$; B) $\mu \gg 1$; C) $\mu < 1$; D) $\mu = 1$.
11. Tegege girizilen ferromagnit özeni nähili wezipäni ýerine ýetirýär?
 A) magnit meýdanyny güýçlendirýär; B) elektrik meýdanyny güýçlendirýär;
 C) elektrik meýdanyny gowşadýar; D) magnit meýdanyny gowşadýar.
12. Magnit meýdanynyň induksiýasy 80 mT bolan özensiz tegege magnit syzyjlygy 25-e deň bolan ferromagnit özeni girizildi. Tegeke magnit meýdanynyň induksiýasy näçe bolar (T)?
 A) 1,2; B) 4; C) 2; D) 3,6.
13. Garşylygy 0,04 Ω bolan kontur arkaly geçýän magnit akymy 0,6 s-da 0,012 Wb-a üýtgände, konturda emele gelen tok güýjüni tapyň (A).
 A) 0,5; B) 1,5; C) 3; D) 0,4.
14. Induktivligi 30 mH bolan tegekden 0,8 A tok geçýär. Tegegiň magnit meýdanynyň energiýasyny hasaplaň (mJ).
 A) 1,2; B) 4; C) 2; D) 9,6.
15. Tegekden 2 A tok geçende onuň magnit meýdanynyň energiýasy 40 mJ-a deň bolsa, tegegiň induktivligi nämä deň (mH)?
 A) 20; B) 40; C) 25; D) 10.

**II bapda öwrenilen iň möhüm düşüňjeler,
 düzgünler we kanunlar**

Elektromagnit induksiýa hadysasy	Magnit akymynyň üýtgemegi sebäpli şu meýdanda ýerleşýän ýapyk konturda tok emele geliş prosesi.
Induksion tok	Ýapyk kontury kesip geçýän magnit akymy üýtgände onda emele gelen elektrik togy.
Elektromagnit induksiýasy kanuny	Ýapyk konturda emele gelen elektromagnit induksiýasy EHG, san bahasy taýdan şu kontury kesip geçýän magnit akymynyň üýtgeýşine deň we alamaty taýdan garşylyklydyr: $\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$.
Lensiň düzgüni	Ýapyk konturda emele gelen induksion tok şeýle ugrugan bolup, ol özüniň magnit meýdany bilen şu togy emele getirýän magnit akymynyň üýtgemegine garşylyk görkezýär.

Tokly geçirijiniň emele getiren magnit akymy	Tokly geçirijiniň emele getiren magnit akymy (Φ) ondan geçýän tok güýjüne we geçirijiniň (L) induktiwligine bagly: $\Phi = L \cdot I$.
Induktiwligiň birligi	Tok güýjüniň üýtgeýiş tizligi $1 \frac{\text{A}}{\text{s}}$ bolanda, konturda bir wolt öz-özünde induksiýa EHG emele gelse, konturyň induktiwligi 1 H -a deň bolýar.
Öz-özünde induksiýa EHG	$\mathcal{E} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$ <p>öz-özünde induksiýa elektrik hereketlendiriji güýjüniň ululygy konturdaky ($\frac{\Delta I}{\Delta t}$) tok güýjüniň üýtgeýiş tizligine göni proporsional bolýar.</p>
Magnetikler	Daşky magnit meýdanynyň täsirinde magnitlenip galýan maddalar.
Magnit syzyjylygy	Gurşawyň tebigatyna bagly bolup, gurşawdaky we wakuumdaky magnit meýdanynyň induksiýalarynyň gatnaşygyny aňladýar.
Diamagnetikler	Magnit syzyjylygy birden kiçi ($\mu < 1$) bolan maddalar.
Paramagnetikler	Magnit syzyjylygy birden birneme uly ($\mu > 1$) bolan maddalar.
Ferromagnetikler	Magnit syzyjylygy birden örän uly ($\mu \gg 1$) bolan maddalar. Olar meýdany güýçlendirmek häsiýetine eýe.
Magnit meýdanynyň energiýasy	$W_{\text{mag}} = \frac{L \cdot I^2}{2}$ <p>toğun magnit meýdanynyň energiýasy, konturyň induktiwligi bilen ondan geçýän tok güýjüniň kwadratynyň köpeltmek hasylynyň ýarysyna deň.</p>

III bap. ELEKTROMAGNIT YRGYLDYLAR

GIRIŞ

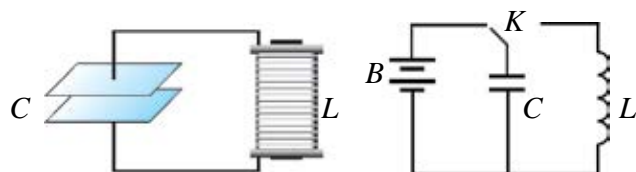
Biz janajan respublikamyzyň dürli şäherlerinde we obalarynda ýaşaýarys. Olar paýtagtdan ýüzlerçe we münlerçe kilometr uzaklykda ýerleşýär. Olar bir-birinden şonça uzakda ýerleşýändigine seretmezden bir-birimiziň üstünlüklerimizden hemişe habarlydyrys. Şunuň bilen birlikde bütin dünýäde bolýan wakalardan hem habardar bolup durýarys. Bu habarlary biz her gün görýän telewizor, eşidýän radio, gepleşýän telefon arkaly köpräk bilýäris. Ýogsam, bu habarlary dünýäniň dürli ýerlerinden telewizorymyza, radiopriýomnige, öýjüklü telefonymyza näme alyp gelýär?

Söz, ses, teswir ýa-da başga maglumatlary uzak aralyklara elektron ýa-da elektromagnit signallary görnüşinde geçirmäge **telekommunikasiýa** diýilýär. Maglumatlary elektrik signallary görnüşinde geçirijiler arkaly geçirmegi 1837-nji ýylda iňlis oýlap tapyjylary U. Kuk we Ç. Uistonlar açys edipdi. Asly käri suratkeş bolan amerikaly S. Morze habary mahsus notatlardan we tirelerden ybarat elipbiý arkaly geçirmegi oýlap tapýar. Bu usul soňra bütin dünýä boýunça ulanylyp başlandy. 1876-njy ýylda A. G. Bell telefony oýlap tapýar. Häzirki wagtda öýlerimize we dürli edaralara birikdirilen telefonlar stansiýa bilen metal geçirijiler arkaly birikdirilen bolsa, şäherlerara we ýurtlarara telefon stansiýalary optiki süýümlü kabeller bilen birikdirilen. Şeýle kabeller arkaly habarlar lazer şöhlesiniň kömeginde geçirilýär. Bir jübüt kabel arkaly bir wagtyň özünde 6000 sany telefon abonentleri gepleşip bilerler. Mundan daşary, biziň radiopriýomniklerimiz we telewizorlarymyz simsiz ýagdaýda maglumatlary alýar. El telefonlarymyz arkaly simsiz maglumat çalyşýarys. Bu maglumatlar elektromagnit tolkunlary arkaly daşalýan eken.

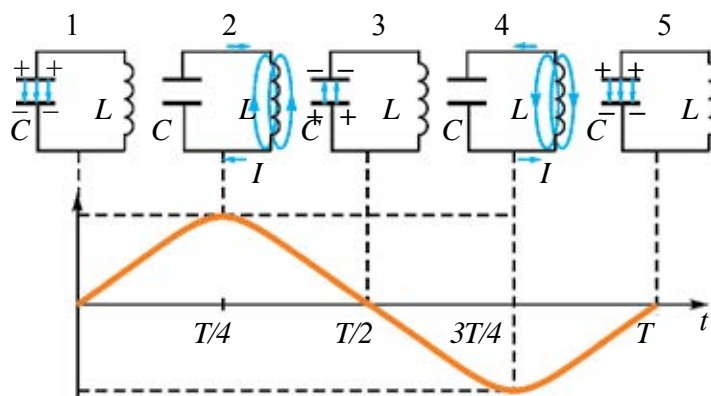
Habarlar arkaly gelen teswirler we sesler telewizor, radiopriýomnik we el telefonlarymyzda nähili emele gelýär? Bu soraglara şu bapda Siz eziz okuwçylar jogap taparsyňyz.

11-nji tema. ERKIN ELEKTROMAGNIT YRGYLDYLAR (YRGYLDYLY KONTUR). YRGYLDYLY KONTURDA ENERGIÝANYŇ ÜYTGEÝŞI

Ýönekeý elektromagnit yrgyldylary kondensator we induktiw tegekden ybarat bolan elektrik zynjyrynda almak mümkin. Kondensator, induktiw tegek, hemişelik tok çeşmesi we öçürip-ýakyjydan ybarat elektrik zynjyryny düzeliň (3.1-nji surat). Munda ýönekeýleşdirmek üçin zynjyryň elektrik garşylygyny hasaba almaýarys. Öçürip-ýakyjy çep tarapa birikdirilende C kondensatoryň plastinalary batareýadan zarýadlanýar. Munda kondensatoryň plastinalarynyň arasynda energiýasy maksimal bolan $W_e = \frac{q_M^2}{2C}$ elektrik meýdany emele gelýär. Soňra öçürip-ýakyjyny sag tarapa birikdirýäris, munda zarýadlanan kondensator L tegek bilen birigýär. Soňky geçýän prosese giňräk garalyň (3.2-nji surat).



3.1-nji surat.



3.2-nji surat.

Kondensatoryň ýokarky plastinasy položitel, aşaky plastinasy otrisatel alamatda zarýadlanan bolanlygyndan tok çeşmesine öwrülýär (1-nji halat). Netijede kondensatoryň položitel plastinasyndan, induktiw tegek arkaly otrisatel plastinasyna tarap zarýadlar göçýär, ýagny tok emele gelýär. Bu toguň

daşynda magnit meýdany emele gelýär. Bu tok, tegegiň induktiwligi sebäpli ýuwaş-ýuwaşdan artyp, özüniň maksimal bahasyna ýetýär (suratdaky grafige garaň). Tegekden geçýän toguň töwereginde emele gelen magnit meýdany hem artýan bolýar (2-nji halat). Munda kondensatoryň plastinalarynyň arasyndaky elektrik meýdanynyň energiýasy nola çenli kemelýär. Tegegiň töweregindäki

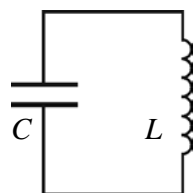
magnit meýdanynyň energiýasy barha artyp, özüniň maksimal $W_m = \frac{LI_M^2}{2}$ bahasyna ýetýär. Öňki temalardan mälim bolşy ýaly, elektromagnit induksiýa hadysasyna görä, üýtgeýän magnit meýdanynda ýerleşýän tegekde induksion naprýaženiýe emele gelýär. Tok güýji barha kemelip, induksion naprýaženiýe kondensatory öňküsine garanda ters alamatda zaryadlaýar (3-nji halat). Zaryadlanan kondensator ýene induktiw tegek arkaly tok emele getirýär (4-nji halat). Bu tok hem artýan bolup, onuň emele getiren magnit meýdany tegekde induksion naprýaženiýe emele getirýär. Tok barha kemelip, induksion naprýaženiýe, kondensatory gaýtadan zaryadlaýar (5-nji halat). 5-nji halat we 1-nji halatlarda kondensatoryň zaryadynyň alamatlary birmeňzeş. Diýmek, soňky prosesler öňki ýaly zygyderlikde dowam edýär.

Garap geçilen proseslerden aşakdaky netijeleri çykarýarys:

1. Kondensatordan we induktiw tegekden ybarat zynjyrda, bir gezek hemişelik tok çeşmesinden kondensatora berlen zaryad, ýapyk zynjyrda üýtgeýän togy emele getirýär.

2. Ilki çeşmeden alnan energiýa kondensatoryň plastinalarynyň aralygynda elektrik meýdanynyň energiýasy hökmünde toplansa, soňluk bilen tegegiň töweregindäki magnit meýdanynyň energiýasyna öwrülýär. Soňra magnit meýdanynyň energiýasy, elektrik meýdanynyň energiýasyna we ş.m. periodik ýagdaýda öwrülip durýar.

10-njy synpda islendik gaýtalanýan prosese yrgyldy diýilýändigini barada aýdylypdy. Diýmek, kondensatordan we tegekden ybarat zynjyrdaky proses hem yrgyldy häsiýetli. Oňa **elektromagnit yrgyldylar** diýilýär. Elektromagnit yrgyldylar emele gelýän (L) tegekden we (C) kondensatordan ybarat ýapyk zynjyra **yrgyldyly kontur** diýilýär (3.3-nji surat).



3.3-nji surat.

Yrgyldyly konturda emele gelýän elektromagnit yrgyldylar periodyny (ýygylygyny) anyklamagyň formulasy iňlis fizigi U. Tomson tarapyndan anyklanan.

$$T = 2\pi\sqrt{LC} \quad \text{ýa-da} \quad \nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}. \quad (3-1)$$

Munda: T –yrgyldylar periody sekuntlarda, ν –yrgyldylar ýygylygy $\frac{1}{c} = 1$ Hz da ölçelýär.

Elektromagnit yrgyldylar ýüze çykan wagtynda konturda periodik ýagdaýda elektrik meýdanynyň energiýasy, magnit meýdanynyň energiýasyna we tersine öwrülýän eken. Ideal yrgyldyly konturda energiýanyň sarpy bolmanlygy sebäpli yrgyldylar sönmeýär. Doly energiýa saklanyp galýar we onuň bahasy islendik wagtda aşakdaka deň bolýar:

$$W = \frac{q^2}{2C} + \frac{Li^2}{2} = \frac{q_M^2}{2C} = \frac{LI_M^2}{2} = \text{const.} \quad (3-2)$$

Munda: L –tegegiň induktiwligi, C –kondensatoryň sygymy, i we I_m –tok güýjüniň degişlilikde pursatlaýyn we maksimal bahalary, q we q_m –kondensatordaky zarýadyň degişlilikde pursatlaýyn we maksimal bahalary.

Yrgyldyly konturda kondensatordaky elektrik meýdanynyň energiýasynyň tegekdäki magnit meýdanynyň energiýasyna we tersine, tegekdäki magnit meýdanynyň energiýasy kondensatordaky elektrik meýdanynyň energiýasyna öwürülme hadysasyny 10-njy synpda garalan puržinli maýatnikde süýnen puržiniň potensial energiýasynyň, ýüküň kinetik energiýasyna we tersine öwürülişine deňeşdirmek mümkin. Şoňa görä, mehaniki we elektrik yrgyldylaryň parametrleriniň arasyndaky meňzeşligi aşakdaky jedwelde getirýäris.

Mehaniki ululyklar	Elektrik ululyklar
x –koordinata	q –zarýad
v –tizlik	i –tok güýji
m –massa	L – induktiwlik
k –puržiniň gatylygy	$1/C$ –sygyma ters bolan ululyk
$kx^2/2$ –potensial energiýa	$q^2/(2C)$ –elektrik meýdanyň energiýasy
$mv^2/2$ –kinetik energiýa	$Li^2/2$ –magnit meýdanynyň energiýasy

Elektromagnit we mehaniki yrgyldylar dürli tebigata eýe bolsa-da, meňzeş deňlemeler bilen aňladylýandygyny nygtamak ýerliklidir.

Mesele çözmegiň nusgasy

1. Yrgyldyly konturdaky kondensatoryň sygymy 10^{-5} F, tegegiň induktiwligi 0,4 H. Kondensatordaky maksimal naprýaženiýe 2 V-a deň. Yrgyldyly konturyň hususy yrgyldylarynyň periodyny we konturdaky maksimal energiýany tapyň.

Berlen:	Formulasý:	Çözülişi:
$C=10^{-5} \text{ F}$	$T=2\pi \sqrt{LC}$	$T=2 \cdot 3,14 \sqrt{0,4 \cdot 10^{-5}} \text{ s} =$
$L=0,4 \text{ H}$	$W = \frac{q^2}{2C} = \frac{CU^2}{2}$	$= 6,28 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ s} = 0,01256 \text{ s.}$
$U=2 \text{ V}$		$W = \frac{10^{-5} \cdot 2^2}{2} \text{ J} = 20 \mu\text{J.}$
Tapmaly:		<i>Jogaby:</i> 0,01256 s, 20 μJ .
$T-?$		
$W-?$		



1. 3-3-nji suratdaky ýagdaýda konturdaky energiýa nirede jemlenen?
2. Yrgyldyly konturda yrgyldylar nähili emele gelýär?
3. Konturda emele gelýän elektromagnit yrgyldylaryň ýygylýgy tegegiň induktivligine nähili bagly?

12-nji tema. YRGYLDYLARY GRAFIKI ÝAGDAÝDA ŞEKILLENDIRMEK. TOGTAÝAN ELEKTROMAGNIT YRGYLDYLAR

Biz garap geçen yrgyldyly konturda emele gelýän elektromagnit yrgyldylary almak üçin başlangyç $t_0=0$ wagt momentinde kondensatora q_m zarýad berildi we ondan soň sistema daşardan hiç hili täsir edilmedi. *Daşky täsir bolmadyk ýagdaýda peýda bolýan yrgyldylara erkin yrgyldylar* diýilýär.

10-njy synpda öwrenilen mehaniki yrgyldylaryň we elektromagnit yrgyldylaryň deňlemeleriniň meňzeşliginden kondensatordaky zarýadyň üýtgeýşini aşakdaky ýaly ýazýarys:

$$q = q_m \cos 2\pi vt. \quad (3-3)$$

$U = q / C$ bolýandygy hasaba alynsa, kondensatordaky naprýaženiýe üýtgemegi üçin

$$U = U_m \cos 2\pi vt \quad (3-4)$$

aňlatmany almak mümkin. Tegekdäki tok güýji

$$I = I_m \cos(2\pi vt + \pi/2) \text{ ýa-da } I = I_m \sin 2\pi vt \quad (3-5)$$

kanunalaýyklyga görä kesgitlenýär.

Fiziki ululyklaryň wagtyň geçmegi bilen sinus ýa-da kosinus kanuny boýunça | periodik üýtgemegine **zygydlerli yrgyldylar** diýilýär.

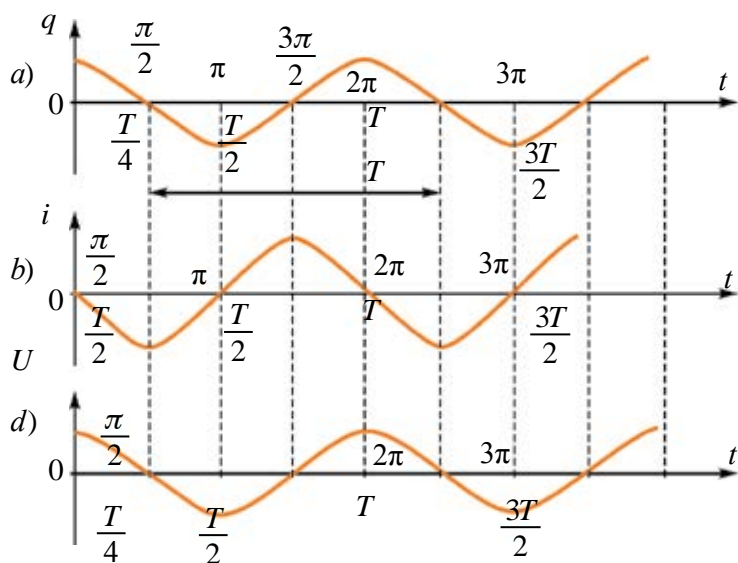
| Yrgyldaýan ululygyň iň uly bahasynyň moduly **yrgyldy amplitudasy** ýa-da **amplituda bahasy** diýlip atlandyrylýar.

Mehaniki yrgyldylarda amplituda jisimiň deňagramlylyk ýagdaýyndan iň uly gyşarmagyna, elektromagnit yrgyldylarda bolsa, kondensatoryň plastinalaryndaky elektrik zaryadynyň iň uly bahasyna (q_m) deň.

Zygydlerli yrgyldydaky ululyklaryň wagta baglylygyny şekillendirmek üçin grafiki usul amatlydyr.

Elektromagnit yrgyldylaryň zaryada, güýjenmä we tok güýjüniň wagta baglylyk grafiklerini çyzalyň. Munuň üçin bu ululyklaryň (3–3), (3–4) we (3–5) deňlemelerinden peýdalanýarys. Bu deňlemeleri deňeşdirip görülse, yrgyldylar bir-birinden fazalaryň süýşmegine görä tapawutlanýandygyny görmek mümkin.

Ýokardaky deňlemeleriň grafiklerini çyzalyň. Absissa okunyň aşagyna period ülüşlerinde aňladylan wagt, üstüne bolsa şoňa laýyk gelýän yrgyldylar fazasy goýlan. Ordinata oklaryna degişli q , i we U ululyklar goýlan (3.4-nji surat).



3.4-nji surat.

Bu grafiklerde masştab mälim bolsa, absissa okundan periody (wagty), ordinata okundan bolsa yrgyldaýan ululyk amplitudasyny ýa-da pursatlaýyn

bahasyny kesgitlemek mümkin. Şonuň ýaly-da, fazalaryň süýşmelerini hem grafiklerden deňeşdirip tapmak mümkin. Meselem, kondensatoryň plastinalaryndaky zarýad we naprýaženiýe maksimal bolan wagtda, tok güýji nola deň.

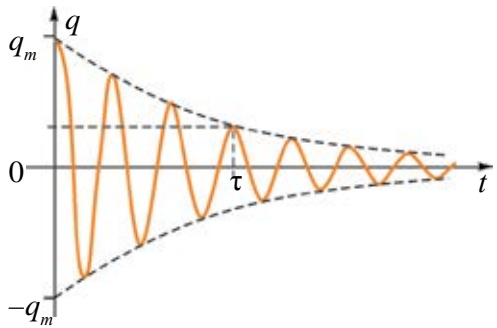
Konturdaky tok güýji yrgyldylary faza boýunça zarýadyň yrgyldylaryndan $\frac{\pi}{2}$ öňe geçip gidýär. Zarýad bilen güýçjenme birmeňzeş fazada üýtgeýär.

Ýokarda aýdylyşy ýaly, ideal yrgyldyly konturda emele gelen yrgyldylar togtamaýar. Real konturda R nola deň bolmanlygyndan elektrik energiýasy barha ýylylyga öwrülýär we yrgyldylar amplitudasy wagtyň geçmegi bilen barha kemelýär (3.5-nji surat.).

Şeýle yrgyldylara *togtaýan yrgyldylar* diýilýär.

Konturyň garşylygy näçe uly bolsa, onda $Q = PRt$ energiýanyň şonça köp sarplanýandygyny nygtamak ýerliklidir. Konturyň garşylygy artdygy saýyn yrgyldylar periody hem barha artýar. Diýmek, togtaýan yrgyldylar zzygiderli bolmaýan eken.

Togtaýan yrgyldylar periodik bolmadyk yrgyldylara girýär. Olaryň deňlemeleri differensial deňlemeler arkaly aňladylandygy sebäpli çylşyrymly mesele hasaplanýar. Şu sebäpli olaryň çözüwi getirilmezden, grafigini getirmek bilen çäklenýäris.



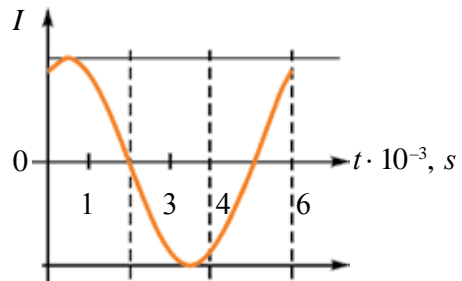
3.5-nji surat.

Mesele çözmegiň nusgasy

1. Suratda yrgyldyly konturdaky toguň özgerişleri getirilen. Wagtyň $2 \cdot 10^{-3}$ s we $3,5 \cdot 10^{-3}$ s aralygyndaky energiýanyň özgerişini häsiýetlendirin.

Çözülişi: Getirilen grafige görä wagtyň $2 \cdot 10^{-3}$ s we $3,5 \cdot 10^{-3}$ s aralygynda tegekden geçýän tok güýji artyp, özüniň maksimal bahasyna ýetýär.

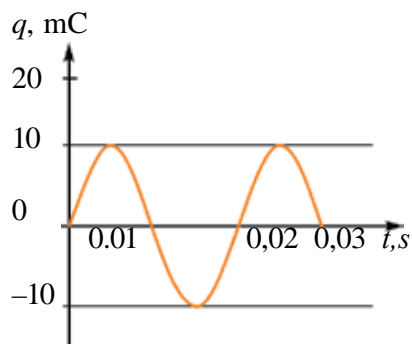
Diýmek, kondensatordaky elektrik meýdanynyň energiýasy nola çenli kemelýär we tegekdeki magnit meýdanynyň energiýasy artyp, maksimal bahasyna ýetýär.



1. Yrgyldyly konturdaky magnit we elektrik meýdanynyň energiýalarynyň wagta baglylyk grafiklerini çyzyň.

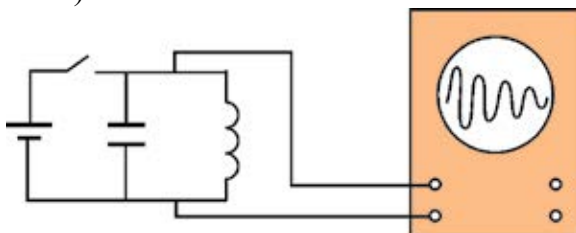
2. Konturdaky yrgyldylaryň togtamagy tegekdäki sargylar sanyna nähili bagly?

4. Suratda konturyň kondensatoryndaky zaryadyň wagta baglylyk grafigi getirilen. Konturyň induktiwlik tegegindäki tok güýjüniň $t = 1/300$ s-daky bahasyny anyklaň.



13-nji tema. TRANZISTORLY ELEKTROMAGNIT YRGYLDYLARYŇ GENERATORY

Yrgyldyly konturda ýokary ýygyllykly elektromagnit yrgyldylaryň emele gelşini bildik. Konturda emele gelýän yrgyldylary ossillografiýň ekranynda syn edilse, onda yrgyldylaryň amplitudasy wagtyň geçmegi bilen barha kemelýär (3.6-njy surat).



3.6-njy surat.

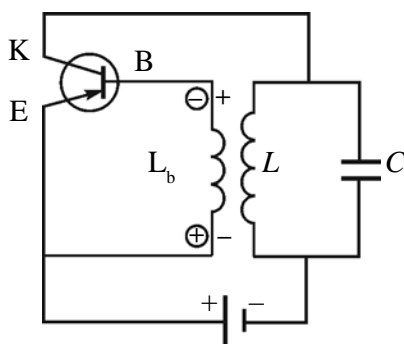
Munuň sebäbi, ýokarda seredilişi ýaly, konturda tegegi düzýän we birikdiriji geçirijileriň elektrik garşylygydyr. Mälim bolşy ýaly, geçiriji elektrik garşylygy sebäpli tok geçende gyzýar. Elektrik energiýasy ýylylyk energiýasyna öwrülýär. Şoňa görä konturda emele gelen erkin elektromagnit yrgyldylar *togtaýan yrgyldylardyr*.

Yrgyldylar togtamazlygy üçin sarp bolan energiýany batareýanyň kömeginde yrgyldyly kontura periodik ýagdaýda berip durmaly. Bu diýildigi öçürip-ýakyjy hemişelik ýagdaýda kontura birikdirilen ýagdaýda galman, eýsem periodik ýagdaýda birikdirip-ýazdyrylyp durulmalydyr. *10-njy synpdan yrgyldylar fazasyny ýada salyň*. Şoňa görä, öçürip-ýakyjy kondensatoryň plastinalarynyň gaýtadan zaryadlanma döwründe, batareýanyň polýuslaryndaky güýjenmäniň alamaty bilen gabat gelende dirikdirilmeli.

Munuň üçin öçürip-ýakyjy nähili işlemeli? Konturdaky yrgyldylar ýygylygy 1 MHz bolsun, diýip çak edeliň. Onda öçürip-ýakyjyny bir sekuntda million gezek öçürip ýakmaly. Bu wezipäni hiç hili mehaniki ýa-da elektromehaniki gurluşlar ýerine ýetirip bilmeýär.

Bu wezipäni diňe elektron gurluş, ýagny tranzistor ýerine ýetirip bilýär. 10-njy synpda getirilen *p-n-p* görnüşdäki tranzistoryň işleýşini ýada salalyň. Tranzistordan tok geçmegi üçin baza – emitter aralygyna aýratyn, kollektor–emitter aralygyna aýratyn batareýa birikdirilerdi. Baza batareýanyň otrisatel polýusy, emittere bolsa položitel polýusy birikdirilende tranzistor arkaly tok geçýär (öçürip-ýakyjy birikdirilen). Eger batareýanyň polýuslary çalşyryp birikdirilse, tok geçmeýär (öçürip-ýakyjy kesilen). Diýmek, tranzistor öçürip-ýakyjy wezipesini ýerine ýetirip bilýär. Şoňa görä, konturda togtamaýan elektromagnit yrgyldylary almak üçin ony çeşmä tranzistor arkaly birikdirmeli.

3.7-nji suratda ýokary ýygylykly tog-tamaýan elektromagnit yrgyldylary emele gelýän generatoryň shemasy getirilen. Munda L we C -dan ybarat kontur tok çeşmesine tranzistor arkaly birikdirilen. Birikme momentinde L tegekden geçýän tok artýan harktere eýe bolýar. Onuň töwereginde emele gelen magnit meýdany hem artýan harktere eýe bolýar. Bu magnit meýdany L_b baglanyşyk tegegini kesip geçip, onda özara induksiýa elektrik hereketlendiriji güýjüni emele getirýär. 3.7-nji suratda onuň



3.7-nji surat.

L_b tegegiň uçlaryndaky alamatlary tegelejikleriň içinde görkezilen. Munda tranzistoryň (B) bazasyna otrisatel alamatly, (E) emitterine položitel alamatly naprýaženiýe berilýär we tranzistordan doly tok geçýär. Bu wagtda konturdaky C kondensator zarýadlanýar. L tegegiň induktiwligi sebäpli ondan geçýän tok artmagyny bes edýär. L_b -de elektrik hereketlendiriji güýji emele gelmeýär we tranzistordan tok geçmeýär. Açar ýazdyryldy. Indi C kondensator L tegege razrýadlanyp başlaýar we yrgyldyly konturda elektromagnit yrgyldylar emele gelýär. Konturda elektromagnit yrgyldylar ýüze çykanda L tegekden geçýän toguň hem ululygy, hem ugry üýtgäp durýar. Diýmek, L_b -de emele gelen elektrik hereketlendiriji güýjüň alamaty üýtgäp durýar. Tranzistor kä açyk halatda, kä ýapyk halatda bolýar.

Şeýdip, konturdaky C kondensator periodik ýagdaýda batareýadan zarýadlanyp durýar. Ýöne, naprýaženiýe çeşmesi yrgyldyly kontura periodik ýagdaýda, položitel polýusa birikdirilen kondensatoryň plastinasy diňe položitel zarýadlanan wagtda birikdirilýän bolsa, kondensator üznüksiz zarýadlanyp durýar. Onda yrgyldylar togtamaýar. Tersine bolanda yrgyldylar emele gelmeýär. Diýmek, tranzistoryň açylyp-ýapylmagyny konturdaky yrgyldylaryň özi dolandyrmaly. Tranzistoryň baza – emitter zynjyry *giriş zynjyry*, kollektor – emitter zynjyry *çykyş zynjyry* diýlip atlandyrylýar. Adatda, tranzistoryň giriş bölegine goýlan naprýaženiýesi (togy), çykyş toguny dolandyrýar. Tranzistorly generatorda bolsa, tersine, çykyşdaky (konturdaky) naprýaženiýe girişdäki (L_b) güýjenmäni dolandyrýar. Şeýle prosese *ters baglanyşyk* diýilýär. Şu ters baglanyşyk sebäpli konturyň energiýasy periodik ýagdaýda üpjün edilýär.

Ters baglanyşyk yrgyldylaryň togtamaýanlygyny üpjün etmegi üçin giriş we çykyş zynjyryndaky naprýaženiýeler faza taýdan 180° -a tapawutlanmalydygyny nygtamak ýerliklidir.

Generator işläp çykarýan elektromagnit yrgyldylaryň ýygylgy Tomsonyň formulasy (3–1) bilen aňladylýar.

Şeýdip, generatorda togtamaýan *awtoyrgyldylar* emele gelýär. Awtoyrgyldylar togtamaýan yrgyldylaryň ikinji görnüşi hasaplanýar. Olaryň mejbury yrgyldylardan esasy tapawudy şundan ybarat, ýagny olara daşky periodik täsir gerek däl. Energiýa çeşmesi şeýle ulgamyň özünde bar bolup, sarp edilen energiýanyň ýerini doldurýan energiýanyň berilişini ulgamyň özi kadalaşdyryp durýar. Islendik awtoyrgyldy ulgamy aşakdaky böleklerden ybarat: *energiýa çeşmesi, yrgyldy ulgamy we elektron açar*.

Awtoyrgyldylaryň ýygylyklary örän giň diapazonda üýtgeýär. Olar radioaragatnaşykda, telewideniýede, EHM-de we başga gurluşlarda ulanylýar.

Elektromagnit yrgyldylar janly organizmlere hem peýdaly, hem zyýanly täsir etmegi mümkin. Adam organizmindäki her bir agza özboluşly rezonans ýygylgyga eýe. Daşky yrgyldyly täsiriň ýygylgy şu rezonans ýygylgyga deňleşende täsir güýçli bolýar. Elektromagnit şöhlelenmeleriň adamyň ruhyýetine täsir edýändigini subut edilen.

Häzirki zaman lukmançylygynda inňän ýokary ýygylkly elektromagnit yrgyldylardan peýdalanýan bejeriş usullary günden güne giň ýaýraýar. Şonuň ýaly-da, optiki diapazondaky (UM-şöhleler) elektromagnit şöhlelenmelerden hem bejermek, hem diagnostikada peýdalanylýar.



1. Real yrgyldyly konturdaky erkin yrgyldylar näme üçin togtaýar?
2. Awtoyrgyldynyň mejburi yrgyldydan tapawudy nämede?
3. Awtoyrgyldy ulgamy nähili esasy elementlerden ybarat?
4. Generatoryň işleýşinde tranzistor nähili wezipäni ýerine ýetirýär?
5. Ters baglanyşyk näme?

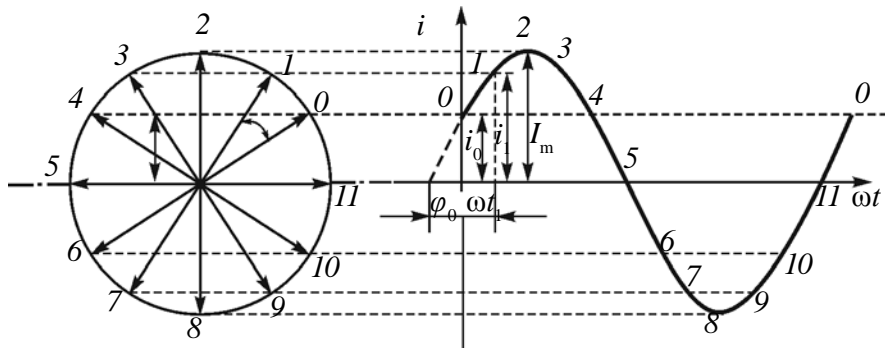
14-nji tema. ÜÝTGEÝÄN TOGUŇ ZYNJYRYNDAKY AKTIW GARŞYLYK

Biz ýokarda käbir fiziki ululyklaryň wagta baglylykda üýtgeýändigini grafiki ýagdaýda şekillendiripdik. Olary şekillendirmek üçin wektor diagrammalar usuly hem giňden ulanylypdy. Aýdaly, zynjyrdaky toguň üýtgeýändigini

$$i = I_m \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$$

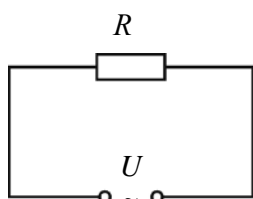
deňleme bilen berlen bolsun.

Uzynlygy I_m -e deň bolan wektory alyp, ony sagat strelkasyna ters ugurda aýlanma herekete getireliň. Munda onuň bir gezek aýlanmagy üçin gitden wagty, i ululygyň üýtgeýiş döwrüne deň bolsun. Onda \vec{I}_m wektoryň wertikal okdaky proyeksiýasy, i ululygyň pursatlaýyn bahasyna deň bolýar.



3.8-nji surat.

Gündelik durmuşda we tehnikada üýtgeýän tok zynjyrlaryna dürli sarp edijiler birikdirilýär. Ütük, elektrik çyrasy, wentilýator we ş.m. Olarda elektrik energiýasy ýylylyk, ýagtylyk, mehaniki we başga energiýalara öwrülýär. Bu sarp edijiler naprýaženiýe çeşmesine birikdirilende elektrik togunyň geçmegine tebigy ýagdaýda dürlüçe garşylyk görkezýän eken. Olaryň tebigatyny öwrenmek üçin üýtgeýän tok zynjyryna dürli karakterdäki sarp edijileri birikdirip görýäris.



3.9-njy surat.

Ilki, üýtgeýän tok zynjyrynda bize öňünden mälim bolan R garşylyk birikdirilen ýagdaýa garalyň (3.9-njy surat). Bu garşylyk *aktiw garşylyk* bolsun. Aktiw garşylyk diýilmeginiň sebäbi ondan tok geçende elektrik energiýasy başga görnüşdäki (ýylylyk, ýagtylyk we başga) energiýa doly öwrülýär.

Geçiriji simler arkaly R garşylyk U güýjenmä eýe bolan üýtgeýän tok çeşmesine birikdirilen bolsun. Ol naprýaženiýe

$$u = U_m \cos \omega t \quad (3-6)$$

kanunalaýyklyk boýunça üýtgesin. Zynjyryň bir bölegi üçin Omuň kanunyndan peýdalanyp, R garşylykdan geçýän tok güýjüniň pursatlaýyn bahasyny tapýarys

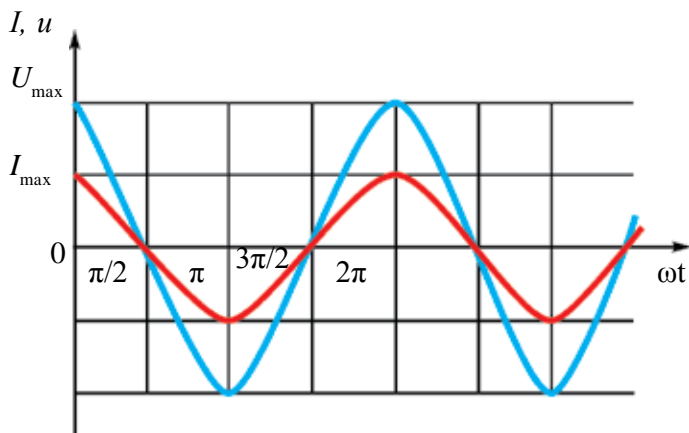
$$i = \frac{u}{R} = \frac{U_m \cos \omega t}{R} = I_m \cos \omega t.$$

Munda: $I_m = \frac{U_m}{R}$ – tok güýjüniň amplituda bahasy. Şeýdip, diňe aktiw garşylykdan ybarat zynjyrdaky tok güýjüniň üýtgeýändigini

$$i = I_m \cos \omega t \quad (3-7)$$

görnüşde bolýan eken.

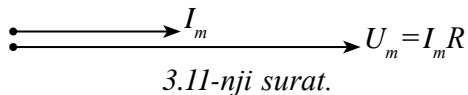
Güýjenmäniň (3–6) üýtgeýiş deňlemesini tok güýji üçin alnan (3–7) deňleme bilen deňeşdirilse, aktiw garşylykdaky güýjenmäniň we tok güýjüniň yrgyldylary birmeňzeş fazada bolýar diýen netijä gelinýär. Güýjenmäniň we tok güýjüniň yrgyldylarynyň grafikleri 3.10-njy suratda getirilen.



3.10-njy surat.

Güýjenmäniň we tok güýjüniň yrgyldylarynyň fazalarynyň arasyndaky gatnaşygy wektor diagramma arkaly görkezme mümkin (3.11-nji surat).

Diagrammada üýtgeýän tok güýjüniň amplitudasy bilen üýtgeýän naprýaženiýe amplitudasy parallel wektorlar görnüşinde şekillenýär, olaryň arasyndaky burç, ýagny yrgyldy fazalarynyň tapawudy nola deň.



Gündelik durmuşda sarp edilýän elektrik güýjenmäniň ýygylgy 50 Hz -e deň. Bu diýen söz nakal süýümlü elektrik çyrasy bir sekuntda 100 gezek öçüp-ýanýar. Ýöne biziň gözümiz bir sekuntda ortaça 16–20 gezek üýtgeýän prosesii duýmaýanlygy sebäpli biz lampoçkanyň öçüp-ýanyandygyny duýmaýarys. Şonuň üçin üýtgeýän toguň kuwwatyny bilmek uly ähmiýete eýe.

Aktiv garşylykly zynjyrdaky kuwwat. Üýtgeýän toguň pursatlaýyn kuwwaty $P = i U$ bilen kesgitlenýär. Tok güýjüniň we güýjenmäniň pursatlaýyn bahalary üçin (3–7) we (3–6) aňlatmalary goýsak,

$$P = I_m \cos \omega t \cdot U_m \cos \omega t \text{ ýa-da } P = P_m \cos^2 \omega t \quad (3-8)$$

-a eýe bolarys.

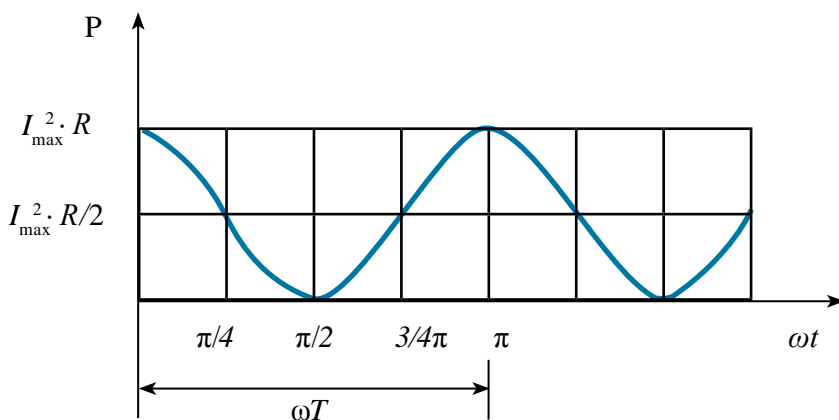
Munda: $P_m = I_m \cdot U_m$ bolup, üýtgeýän toguň maksimal bahasy diýilýär. $\cos^2 \omega t$ aňlatma hemişe položitel bolanlygyndan üýtgeýän tok kuwwatynyň pursatlaýyn bahasy hem položitel alamatly bolýar (3.12-nji surat).

3.12-nji suratdan görnüşi ýaly, üýtgeýän toguň pursatlaýyn kuwwatynyň ululygy periodik ýagdaýda üýtgäp durýar. Onda elektrik plitasyndan üýtgeýän tok geçende bölünip çykýan ýylylygyň mukdaryny nähili formulanyň kömeginde kesgitleýäris? Munuň üçin üýtgeýän toguň effektiv bahasy düşünjesini girizýäris.

Üýtgeýän toguň I_{ef} effektiv bahasy diýip, birmeňzeş wagtyň içinde aktiv garşylykdan üýtgeýän tok geçende bölünip çykýan ýylylyga deň ýylylyk mukdaryny bölüp çykarýan hemişelik tok güýjüne deň ululyga aýdylýar.

Tejribelerden görnüşi ýaly, tok güýjüniň effektiv bahasy onuň maksimal bahasy bilen aşakdaky ýaly baglanandyr:

$$I_{ef} = \frac{I_M}{\sqrt{2}}. \quad (3-9)$$



3.12-nji surat.

Üýtgeýän naprýaženiýäniň effektiw bahasyny (3–9) -a meňzeşlikde ýazmak mümkin:

$$U_{ef} = \frac{U_m}{\sqrt{2}}. \quad (3-10)$$

Mesele çözmegiň nusgasy

1. Amplituda bahasy 30 V bolan üýtgeýän tok zynjyryna rezistor birikdirilende ondan 2 A tok geçdi. Rezistorda berlen ortaça kuwwaty tapyň.

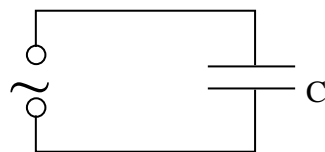
Berlen:	Formulasý:	Çözülişi:
$U_m = 30 \text{ V}$ $I_m = 2 \text{ A}$	$P = \frac{I_m U_m}{2}$	$P = \frac{2 \text{ A} \cdot 30 \text{ B}}{2} = 30 \text{ W.}$
Tapmaly: $P = ?$		<i>Jogaby: 30 W.</i>



1. Aktiw garşylyk diýip nämä aýdylýar?
2. Aktiw garşylykda naprýaženiýe bilen tok güýjüniň arasyndaky faza süýşmesi nämä deň?
3. Aktiw garşylykda bölünip çykan effektiw kuwwaty kesgitlemegiň formulasyny ýazyň.
4. Zynjyrdaky tok güýji $i = 8,5 \sin(628t + 0,325)$ kanuny boýunça üýtgeýär. Tok güýjüniň effektiw bahasyny, yrgyldylar fazasyny we ýygylgyny tapyň.

15-nji tema. ÜÝTGEÝÄN TOGUŇ ZYNJYRYNDAKY KONDENSATOR

Tejribeler, hemişelik toguň zynjyryna kondensator birikdirilse, ondan tok geçmeýändigini görkezýär. Çünki, kondensatoryň plastinalarynyň arasy dielektrik bilen bölünen.



3.13-nji surat

Ýöne kondensatory üýtgeýän tok zynjyryna birikdirilse, ondan tok geçýän eken. Kondensator arkaly geçýän tok güýji nähili fiziki parametrlere baglydygyny öwrenmek üçin üýtgeýän tok zynjyryna diňe kondensator birikdirilen ýagdaýa garalyň (3.13-nji surat).

Kondensator C sygyma deň we oňa goýlan naprýaženiýe

$$u = U_m \cos \omega t \quad (3-11)$$

kanunalaýyklyk boýunça üýtgesin. Birikdiriji simleriň garşylygy $R=0$ bolsun. Onda kondensatordaky naprýaženiýe $u = U_m \cos \omega t = \frac{q}{C}$ bolýar. Munda q -kondensator plastinalaryndaky zarýad bolup $q = CU_m \cos \omega t$ -a deň. Zynjyrdaky tok güýjüni tapmak üçin zarýad formulasyndan birinji tertipli proizwodny alýarys: $i = q' = -U_m C \omega \sin \omega t = U_m C \omega \cos(\omega t + \frac{\pi}{2})$. Ony tok güýjüniň pursatlaýyn bahasy bilen deňeşdirilse, $I_m = U_m C \omega$ bolýandygy gelip çykýar. Munda I_m -tok güýjüniň maksimal bahasy. Onda kondensatordan geçýän tok güýjüniň deňlemesi aşakdaky ýaly bolýar:

$$i = I_m \cos(\omega t + \frac{\pi}{2}). \quad (3-12)$$

Bu deňlemäni kondensatora berlen naprýaženiýäniň aňlatmasy (3-11) bilen deňeşdirilse, zynjyrdaky tok güýjüniň yrgyldylary, naprýaženiýäniň yrgyldylaryndan faza boýunça $\frac{\pi}{2}$ -ä öňde barýandygyny görýäris (3.14-nji surat). 3.15-nji suratda üýtgeýän toguň zynjyryna diňe kondensator birikdirilen ýagdaý üçin üýtgeýän tok güýjüniň we naprýaženiýäniň wektor diagrammasy getirilen. Zynjyrdaky kondensatoryň sygym garşylygy:

$$X_c = \frac{1}{\omega C}. \quad (3-13)$$

Onda tok güýjüniň amplituda bahasy aşakdaky ýaly bolýar:

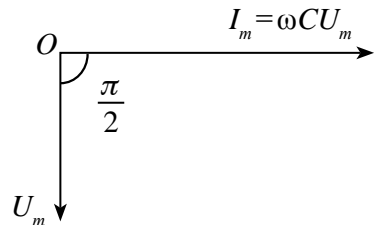
$$I_m = \frac{U_m}{X_C}$$

Bu aňlatma zynjyryň bir bölegi üçin Omuň kanuny bolup, aktiw garşylygyň ýerinde X_C ululyk dur. Şonuň üçin oňa **sygym garşylygy (reaktiw garşylyk)** diýilýär. Sygym garşylygy-da Ω (Om) larda ölçelýär.

Mundan kondensatordan geçýän tok güýjüniň kondensatoryň sygymyna we üýtgeýän toguň ýygylgyna bagly bolýandygy gelip çykýar. Sygym we ýygylk näçe uly bolsa, zynjyryň garşylygy şonça kiçi bolýar we degişlilikde tok güýji uly bolýar.



3.14-nji surat.



3.15-nji surat.

Mesele çözmegiň nusgasy

Ýygylgy 50 Hz bolan üýtgeýän toguň zynjyryna sygymy $50 \mu\text{F}$ bolan kondensator birikdirilen. Zynjyryň sygym garşylygy nämä deň?

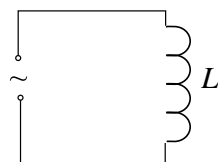
<p>Berlen:</p> <p>$C = 50 \mu\text{F} = 50 \cdot 10^{-6} \text{ F}$</p> <p>$\nu = 50 \text{ Hz}$</p> <hr/> <p>Tapmaly:</p> <p>$X_C - ?$</p>	<p>Formulasý:</p> $X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi\nu C}$	<p>Çözülişi:</p> $X_C = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 50 \cdot 10^{-6}} \text{ Om} =$ $= \frac{10^6}{6,28 \cdot 2500} \text{ Om} = 63,69 \text{ Om}.$ <p>Jogaby: 63,69 Ω.</p>
--	--	--



1. Nämä sebäpden kondensator arkaly hemişelik tok geçmeýär, ýöne üýtgeýän tok geçýär?
2. Sygym garşylygy nähili ululyklara bagly?
3. Üýtgeýän toguň zynjyryna diňe kondensator birikdirilen ýagdaýda üýtgeýän toguň güýji bilen naprýażeniýäniň arasyndaky fazalar tapawudy nämä deň?
4. $X_C = \frac{1}{2\pi\nu C}$ aňlatmadan garşylyk birligi Ω -ni getirip çykaryň.

16-njy tema. ÜÝTGEÝÄN TOGUŇ ZYNJYRYNDAKY INDUKTIW TEGEK

Şeýle tejribe geçireliň. Hemişelik tok çeşmesine yzygider edip elektrik çyrasyny we induktiw tegegi birikdireliň. Munda çyranyň ýanyş ýagtylygyna üns bereliň. Soňra elektrik çyrasyny we induktiw tegegi yzygider edip effektiw naprýaženiýesi hemişelik naprýaženiýesine deň ($U_{ef} = U_{hemişelik}$) bolan çeşmä birikdirip, çyranyň ýanyş ýagtylygyna üns bereliň. Şonda üýtgeýän toguň zynjyryna birikdirilen çyranyň röwşenligi kemräk bolar eken. Munuň sebäbini anyklamak üçin diňe induktiw tegek birikdirilen ýagdaýa garalyň (3.16-njy surat).



3.16-njy surat.

Induktivligi L -e deň bolan tegekdən geçýän tok güýji

$$i = I_m \cos \omega t \quad (3-14)$$

kanunalaýyklyk boýunça üýtgesin. Birikdiriji simleriň we tegegiň garşylygy $R_s = R_L = 0$ bolsun.

Tegekdən geçýän tok, tegegiň induktiwligi sebäpli onda öz-özünde induksiýanyň elektrik hereketlendiriji güýjüni (EHG) emele getirýär. Onuň pursatlaýyn bahasy

$$\mathcal{E} = -L i' \quad (3-15)$$

bilen kesgitlenýär. Munda: i' – tok güýjünden wagt boýunça alnan birinji tertipli proizwodny $i' = I_m \omega \sin \omega t$ bolýandygy hasaba alynsa, EHG-niň pursatlaýyn bahasy

$$\mathcal{E} = -I_m \omega L \sin \omega t$$

-e deň bolýar. Zynjyrdaky EHG, tegegiň uçlaryndaky naprýaženiýe we aktiw garşylykdaky potensial peselme

$$iR = \mathcal{E} + u \quad (3-16)$$

gatnaşyk arkaly baglanan. $R=0$ bolýandygy hasaba alynsa, (3-15) deňleme

$$0 = \mathcal{E} + u \quad \text{ýa-da} \quad u = -\mathcal{E}$$

görnüşe eýe bolýar. Onda naprýaženiýe

$$u = I_m \omega L \sin \omega t = I_m \omega L \cos(\omega t + \frac{\pi}{2}) \quad (3-17)$$

deňleme bilen kesgitlenýär. Ony naprýaženiýäniň pursatlaýyn bahasy bilen deňeşdirilse, $U_m = I_m \omega L$ bolýandygy gelip çykýar. Munda:

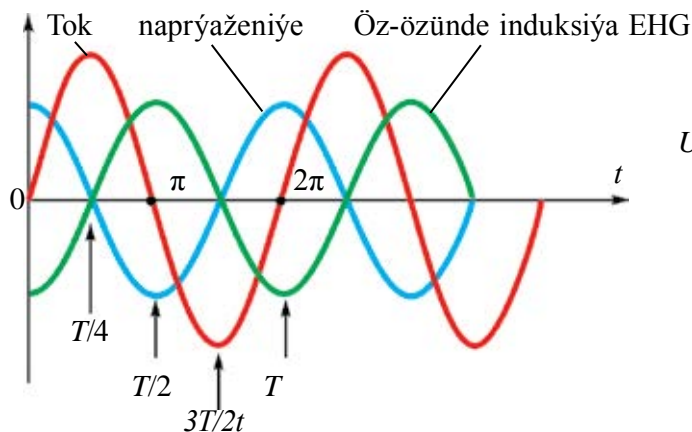
U_m – naprýaženiýäniň amplituda bahasy. Onda tegegiň uçlaryna goýlan naprýaženiýäniň deňlemesi aşakdaky ýaly bolýar:

$$u = U_m \cos(\omega t + \frac{\pi}{2}). \quad (3-18)$$

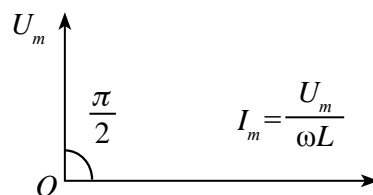
Bu deňlemäni tegekden geçýän tok güýjüniň aňlatmasy (3-14) bilen deňeşdirilse, tegegiň uçlaryna goýlan naprýaženiýäniň yrgyldylary, tok güýjüniň yrgyldylaryndan faza boýunça $\frac{\pi}{2}$ -e öňde barýandygyny görýäris (3.17-nji surat). 3.18-nji suratda üýtgeýän toguň zynjyryna diňe induktiw tegek birikdirilen ýagdaý üçin üýtgeýän tok güýjüniň we naprýaženiýäniň wektor diagrammasy getirilen.

Tegekdäki naprýaženiýäniň amplituda bahasyny, zynjyryň bir bölegi üçin ýazylýan Omuň kanuny bilen deňeşdirilse, ωL köpeltmek hasylynyň garşylygy aňlaýandygy mälim bolýar. Belgileme girizýäris: $X_L = \frac{U_M}{X_L}$

Tegegiň garşylygy: $X_L = \frac{U_M}{X_L} \omega L. \quad (3-19)$



3.17-nji surat.



3.18-nji surat.

Onda tok güýjüniň amplituda bahasy aşakdaky ýaly bolýar:

$$I_m = \frac{U_m}{X_L}.$$

Bu aňlatma zynjyryň bir bölegi üçin Omuň kanuny bolup, aktiw garşylygyň ýerinde X_L ululyk dur. Şonuň üçin oňa **induktiw garşylyk (reaktiw garşylyk)** diýilýär. Induktiw garşylyk hem Ω (Om) larda ölçelýär.

Mundan tegekden geçýän tok güýji tegegiň induktiwligine we üýtgeýän toguň ýygylgyna bagly bolýandygy gelip çykýar. Induktiwlik we ýygyllyk

näçe uly bolsa, zynjyryň garşylygy şonça uly bolýar we degişlilikde geçýän tok güýji kiçi bolýar.

Mesele çözmegiň nusgasy

Ýygylgy 10 kHz bolan üýtgeýän toguň zynjyryna induktiwligi 5 H bolan tegek birikdirilen. Zynjyryň induktiw garşylygy nämä deň?

Berlen: $\nu = 10 \text{ kHz} = 10000 \text{ Hz}$ $L = 5 \text{ H}$	Formulasý: $X_L = \omega L = 2\pi\nu L$	Çözülişi: $X_L = 2 \cdot 3,14 \cdot 10000 \cdot 5 \Omega =$ $= 6,28 \cdot 50000 \Omega = 314000 \Omega = 314 \text{ k}\Omega.$
Tapmaly: $X_L = ?$		Jogaby: 314 kΩ.



1. Üýtgeýän toguň zynjyrynda induktiwlik tok güýjüne nähili täsir edýär?
2. Üýtgeýän toguň zynjyryna diňe tegek birikdirilende üýtgeýän tok güýji bilen naprýażeniýäniň arasyndaky fazalar tapawudy nämä deň?
3. Induktiw garşylyk nähili ululyklara bagly?
4. Induktiw garşylykdan näme maksatda peýdalansa bolýar?
5. $X_L = \omega L$ aňlatmadan garşylyk birligi Ω -ni getirip çykaryň.

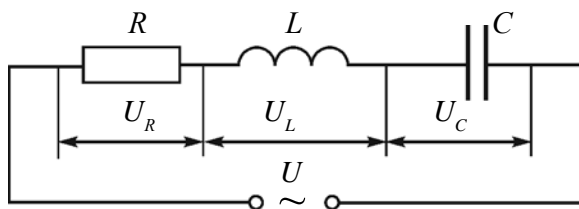
17-nji tema. AKTIW GARŞYLYK, INDUKTIW TEGEK WE KONDENSATOR ZYGYDIDER BIRIKDIRILEN ÜÝTGEÝÄN TOGUŇ ZYNJYRY ÜÇIN OMUŇ KANUNY

Garşylygy R bolan rezistor, induktiwligi L bolan induktiw tegek we sygymy C bolan kodensatory zygider birikdirip, zynjyr düzeliň (3.19-njy surat) we onuň uçlaryna $U = U_m \cos \omega t$ üýtgeýän naprýażeniýe bereliň. Sarp edijiler zygider birikdirilenligi sebäpli olardan geçýän tok güýçleri birmeňzeş bolýar. Bu tok güýji

$$i = I_m \cos \omega t \quad (3-20)$$

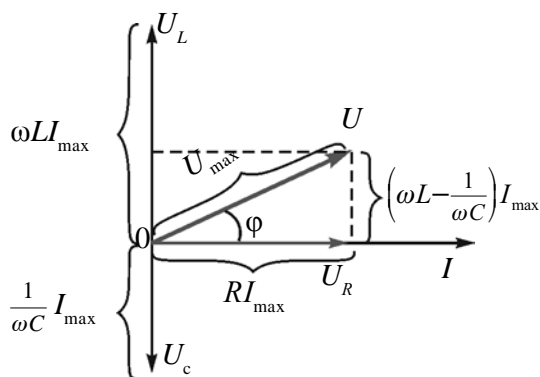
kanunalaýyklyk boýunça üýtgesin. Umumy naprýażeniýe bolsa sarp edijilerdäki naprýażeniýe peselmeleriniň wektorlarynyň jemine deň:

$$\vec{U} = \vec{U}_R + \vec{U}_C + \vec{U}_L. \quad (3-21)$$



3.19-njy surat.

Munda: \vec{U} – zynjyrdaky umumy naprýaženiýe, \vec{U}_R – rezistordaky naprýaženiýe, \vec{U}_C – kondensatordaky naprýaženiýe we \vec{U}_L – tegekdäki naprýaženiýe. Olaryň amplituda bahalaryny U_R , U_C we U_L bilen belgiläp, wektor diagrammasyny düzeliň.



3.20-nji surat.

Tok güýjüniň amplitudasyny gorizontál ok boýunça ýönelen wektor görnüşinde alalyň (3.19-njy surat). Aktiw garşylykdaky naprýaženiýäniň yrgyldylarynyň fazasy tok güýjüniň yrgyldylarynyň fazasy bilen gabat gelýär. Kondensatordaky naprýaženiýäniň yrgyldylary tok güýjüniň yrgyldylaryndan faza taýdan $\frac{\pi}{2}$ -e yzda bolýar. Tegekke bolsa naprýaženiýe yrgyldysy tok güýjüniň yrgyldysyndan $\frac{\pi}{2}$ -e öňde bolýar. Wektor diagrammada kondensatordaky naprýaženiýe $U_C = \frac{1}{\omega C} \cdot I_{\max}$ we tegekdäki naprýaženiýe $U_L = \omega L \cdot I_{\max}$ garşylykly ugurda bolýar. Jemleýji naprýaženiýe $U_{LC} = U_L - U_C$ bolýar.

Umumy (U) naprýaženiýäni tapmak üçin \vec{U}_{LC} wektory \vec{U}_R wektora goşýarys. 3.20-nji suratdan $U^2 = U_R^2 + U_{LC}^2$. Mundan umumy naprýaženiýäniň maksimal bahasynyň aňlatmasy aşakdaky ýaly bolýar:

$$U_m = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2}. \quad (3-22)$$

Omuň kanunyna görä

$$U_R = I_{\max} \cdot R, \quad U_L = I_{\max} \cdot X_L \quad \text{we} \quad U_C = I_{\max} \cdot X_C.$$

Olary (3-22) aňlatma goýulsa

$$U_m = \sqrt{I_{\max}^2 R^2 + (I_{\max} X_L - I_{\max} X_C)^2} = I_{\max} \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}.$$

Mundan:

$$I_{\max} = \frac{U_m}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}. \quad (3-23)$$

Bu aňlatma **üýtgeýän toguň doly zynjyry üçin Omuň kanuny** hasaplanýar.

$X_L = \omega L$ we $X_C = \frac{1}{\omega C}$ lary (3-23)-e goýsak,

$$I_{\max} = \frac{U_m}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}$$

eýe bolarys. Munda:

$X_L - X_C = \omega L - \frac{1}{\omega C}$ garşylyga *reaktiw garşylyk* diýilýär.

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \quad (3-24)$$

aňlatma **üýtgeýän toguň zynjyrynyň doly garşylygy** diýilýär.

Zynjyrdaky toguň yrgyldylary bilen naprýaženiýäniň yrgyldylarynyň arasyndaky faza tapawudyny wektor diagrammadan peýdalanyp kesgitlemek mümkin:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{U_L - U_C}{U_m} \quad \text{ýa-da} \quad \operatorname{tg} \varphi = \frac{X_L - X_C}{R}. \quad (3-25)$$

Üýtgeýän tok zynjyrynyň häsiýetli aýratynlygy, generatordan alynýan energiýanyň diňe aktiw garşylykda ýylylyk energiýasy hökmünde bölünip çykýanlygydyr. Reaktiw garşylykda energiýa bölünip çykmaýar.

Reaktiw garşylykda periodik ýagdaýda elektrik meýdanynyň energiýasy magnit meýdanynyň energiýasyna, we tersine, öwrülip durýar. Periodyň birinji çäryeginde, kondensator zaryadlananda, energiýa zynjyra berilýär we elektrik meýdanynyň energiýasy hökmünde toplanýar. Periodyň soňky çäryeginde bu energiýa magnit meýdanynyň energiýasy görnüşinde gaýtadan çeşmä berilýär.

Mesele çözmegiň nusgasy

Napryáženiýäniň maksimal bahasy 120 V, ýygylgy 100 Hz bolan üýtgeýän tok çeşmesine ululygy 200 Ω bolan aktiw garşylyk, sygymy $5 \cdot 10^{-6}$ F bolan kondensator we induktiwligi 400 mH bolan tegek birikdirilen. Zynjyrdaky tok güýjüniň maksimal bahasyny tapyň.

Berlen:	Formulasý:	Çözülişi:
$R=200 \Omega$ $U=120 \text{ V}$ $\nu=100 \text{ Hz}$ $C=5 \cdot 10^{-6} \text{ F}$ $L=400 \text{ mH}=0,4 \text{ H}$	$I_{\max} = \frac{U_M}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}$ $\omega = 2\pi\nu$	$I_{\max} = \frac{120}{\sqrt{4000 + (251,2 - 318,5)^2}} \text{ A} = \frac{120}{211} \text{ A} = 0,57 \text{ A.}$
Tapmaly: $I_{\max} = ?$		Jogaby: 0,57 A.



- Üýtgeýän toguň zynjyrynda näme sebäpden tok güýjüniň yrgyldylary bilen napryáženiýäniň yrgyldylarynyň arasynda faza süýşmesi emele gelýär?
- Näme sebäpden reaktiw garşylyklarda energiýa bölünip çykmaýar?
- Zynjyrdaky aktiw garşylyk we tegek bolan ýagdaý üçin üýtgeýän tok güýjüniň amplituda bahasyny hasaplamagyň formulasyny getirip çykaryň.
- Zynjyrdaky aktiw garşylyk we kondensator bolan ýagdaý üçin üýtgeýän tok güýji bilen napryáženiýäniň arasyndaky fazalar tapawudyny tapmagyň formulasyny ýazyň.

18-nji tema.

ÜÝTGEÝÄN TOGUŇ ZYNJYRYNDA REZONANS HADYSASY

Üýtgeýän toguň zynjyrynda garşylygy R bolan garşylyk, induktiwligi L bolan tegek we sygymy C bolan kondensator zygider birikdirilende tok zynjyrynyň doly garşylygy

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

aňlatma bilen anyklanýandygy Size mälim. Mundan, eger $X_C = X_L$ bolup galsa, $X_C - X_L = 0$ tapawut nola deň bolup, $Z_{\min} = R$ bolýandygy gelip çykýar. Mun-

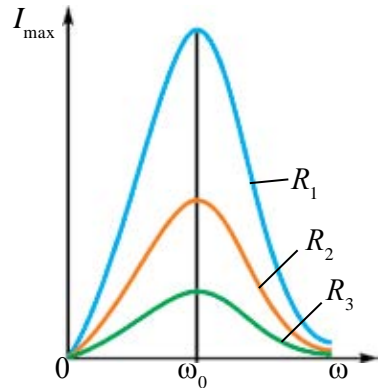
da zynjyryň garşylygy özünüň minimal bahasyna ýetýär. Zynjyrdaky tok güýjüniň amplitudasy

$$I_m = \frac{U}{Z} = \frac{U_M}{R}. \quad (3-26)$$

Diýmek, bu şertde zynjyrdaky tok güýjüniň amplitudasy artyp gidýän eken. Bu hadysa elektrik zynjyryndaky **rezonans** diýilýär. Rezonans bolmagy üçin

$$\omega L = \frac{1}{\omega C} \text{ ýa-da } \omega_{\text{rez}} = \frac{1}{\sqrt{LC}} \text{ şert kanagatlandyrylmaly.}$$

Biz aktiw garşylygy nola deň bolan yrgyldyly konturda emele gelýän erkin yrgyldylaryň ýygylgy $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ aňlatma bilen anyklanýandygyny bilýäris. Onda zynjyrdaky rezonans emele gelmegi üçin zynjyra goýlan daşky periodik naprýaženiýäniň ýygylgy zynjyryň hususy ýygylgyna deň bolmalydygy gelip çykýar. $\omega_{\text{rez}} = \omega_0$. 3.21-nji suratda zynjyrdaky tok güýjüniň amplituda bahasynyň oňa goýlan daşky naprýaženiýäniň ýygylgyna baglylyk grafigi getirilen. I_m -iň ýygylgyga bagly grafige rezonansyň egri çyzygy diýilýär.



3.21-nji surat.

3.21-nji suratda $R_1 < R_2 < R_3$. Daşky naprýaženiýäniň ýygylgynyň barha artmagy bilen zynjyrdaky toguň amplituda bahasy barha artýar we $\omega_{\text{rez}} = \omega_0$ bolanda maksimal baha ýetýär. Soňra ýygylgyň artmagy bilen toguň bahasy barha kemelýär.

Syn edilen rezonans hadysasyna **naprýaženiýeler rezonansy** diýilýär.

Çünki, rezonans wagtynda toguň artmagy bilen tegekdäki we kondensatordaky naprýaženiýeler birdenkä artýar. Olaryň bahasy daşky naprýaženiýäniň bahasyndan hem artyk bolmagy mümkin.

Rezonans wagtynda induktiw tegekdäki we kondensatordaky naprýaženiýäniň yrgyldylarynyň amplitudasy aşakdaky ýaly bolýar:

$$U_{L_{\text{rez}}} = U_{C_{\text{rez}}} = I_m X_L = I_m X_C = \frac{U_M}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}. \quad (3-27)$$

Yrgyldyly konturlarda $\frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}} > 1$ şert ýerine ýetirilýär. Şonuň üçin tegek-däki we kondensatordaky naprýaženiýeler zynjyra goýlan naprýaženiýeden artyk bolýar we R kemelmegi bilen barha artýar. Umuman alanda, aktiw garşylygyň uly bahalarynda rezonans amalda bolmaýar.

Rezonans döwründe üýtgeýän toguň amplituda bahasy bilen umumy naprýaženiýäniň amplitudasy birmeňzeş fazada yrgyldaýar.

Rezonans hadysasyndan tehnikada giňden peýdalanylýar. Radiopriýomniklerde daşardan gelýän köp radiostansiýalaryň içinden gerekli stansiýanyň signallaryny bölüp almak rezonans hadysasyna esaslanan. Munda priýomnigiň giriş bölegindäki yrgyldyly konturdaky sygym ýa-da induktiwlik bahasy üýtgedilip, onuň hususy ýygylgy, kabul edilmeli bolan stansiýanyň signalynyň ýygylgyna deň edip sazlanýar. Konturda hut şol saýlanan ýygylkly signal üçin rezonans hadysasy ýüze çykyp, onuň emele getiren naprýaženiýesi iň uly bolýar. Elektrotehnik gurluşlarda hem rezonans hadysasy hasaba alynýar. Çünki, rezonans döwründe tegekde ýa-da kondensatorda naprýaženiýäniň has artmagy onda *elektrik deşikleriň (proboý)* ýüze çykmagyna getirmegi mümkin.

Mesele çözmegiň nusgasy

1. Ýygylgy 50 Hz bolan üýtgeýän toguň zynjyrynda induktiwligi 100 mH bolan induktiw tegek we C sygymly kondensator birikdirilen. Kondensatoryň sygymy näçä deň bolanda rezonans hadysasy ýüze çykýar?

Berlen:	Formulasý:	Çözülişi:
$v = 50 \text{ Hz}$	$\omega L = \frac{1}{\omega C}$	$C = \frac{1}{4 \cdot 3,14^2 \cdot 50^2 \cdot 100 \cdot 10^{-3}} \text{ F} = \frac{10}{98596} \text{ F} \approx$
$L = 100 \text{ mH} = 0,1 \text{ H}$		
Tapmaly:	$4\pi^2 v^2 = \frac{1}{\omega C}$	$\approx 0,0001 \text{ F} \approx 101,4 \text{ } \mu\text{F}.$
$C = ?$	$C = \frac{1}{4\pi^2 v^2 L}$	<i>Jogaby: $\approx 100 \text{ } \mu\text{F}.$</i>



1. Naprýaženiýeler rezonansyna laýyk gelýän wektor diagrammasyny çyzyň.
2. Nähili şert ýerine ýetirilende üýtgeýän toguň zynjyrynda elektrik deşikleriň emele gelmegi mümkin?
3. Naprýaženiýeler rezonansyndan ýene nirelerde peýdalanmak mümkin?
4. Toklaryň rezonansy hem bolýarmy?
5. Ideal yrgyldyly konturda rezonans wagtynda tok güýjüniň amplituda bahasy nämä deň bolýar?

19-njy tema.

LABORATORIYA IŞI: ÜYTGEÝÄN TOGUŇ ZYNJYRYNDA REZONANS HADYSASYNY ÖWRENMEK

Işň maksady. Üytgeýän toguň zynjyrynda naprýaženiýeler rezonansy hadysasyny öwrenmek.

Gerekli esbaplar. 1. Üytgeýän toguň (ses) generatory (TG).

2. Ferromagnit özene eýe bolan induktiv tegek ($L=1$ H).

3. Sygymy $10 \mu\text{F}$ çenli üytgeýän kondensatorlar batareýasy.

4. Iki multimetr.

5. Garşylyklar toplumu.

6. Öçürip-ýakyjy we birikdiriji simler.

Işň ýerine ýetirilişi. 3.22-nji suratdaky shema boýunça esbaplary birikdirip, zynjyr ýygylýar.

1. TG -dan çykyşda 100 Hz we 10 V bolýan ýagdaýa dogrulanýar.

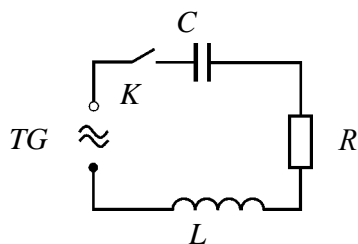
2. Multimetrleri üytgeýän naprýaženiýäni ölçeyän we ölçeg diapazony 20 V bolan ýagdaýa geçirilýär we olar kondensatora we tegege parallel birikdirilýär.

3. Açary birikdirip, kondensatora (U_C) we tegege (U_L) birikdirilen multimetr görkezijileri bellik edilýär. Munda $U_C > U_L$ bolýandygyna üns berilýär.

4. Generatorň çykyşyndaky üytgeýän toguň ýygylýgyny 10 Hz-dan barha artdyryp, U_C we U_L lar ýazyp barylýar.

5. Tejribäni $U_C = U_L$ bolýança dowam etdirilýär. Netijeler jedwele ýazylýar.

6. $U_C = U_L$ şert ýerine ýetirilýän ýagdaý üçin $2\pi\nu L = \frac{1}{2\pi\nu C}$ dan zynjyryň rezonans ýygylýgy hasaplanýar: $\nu_r = \frac{1}{\sqrt{4\pi^2 LC}}$. Hasaplap tapylan ýygylýgyň bahasy tejribede anyklanan ýygylýgyň bahasy bilen deňeşdirilýär.



3.22-nji surat.

Tejribe №	TG ýygylýgy, Hz	U_C , V	U_L , V
1.			
2.			

7*. Tejribe ýene ýygylgy artdyryp gaýtalanýar.

8. Kondensatordaky U_c we induktiw tegekdäki U_L naprýaženiýeleriň generatorň ýygylgyna baglylyk grafigi çyzylýar.



1. Induktivlik artanda zynjyrdaky tok güýji ilki artyp, soň kemeldi. Şeýle özgerişň sebäbi nämede?
2. Sygym artanda zynjyrdaky tok güýji ilki artyp, soň kemeldi. Şeýle özgerişň sebäbi nämede?
3. Eger induktiw tegegiň içine özen girizilip başlananda kondensatordaky, induktiw tegekdäki we aktiw garşylykdaky naprýaženiýe peselmeleri üýtgeýär. Sebäbi nämede?

20-nji tema. ÜÝTGEÝÄN TOGUŇ IŞI WE KUWWATY. KUWWATYŇ KOEFFISIÝENTI

8-nji synpdan Size mälim bolşy ýaly, hemişelik toguň eden işi naprýaženiýe, tok güýji we tok geçip duran wagtyň köpeltmek hasyly hökümünde kesgitlenýär:

$$A = U \cdot I \cdot t. \quad (3-28)$$

Üýtgeýän toguň eden işini kesgitlemek üçin örän kiçi wagt aralygynda onuň bahasyny hemişelik diýip garaýarys. Onda üýtgeýän toguň eden işiniň pursatlaýyn bahasy hem şunuň ýaly formulanyň kömeginde kesgitlenýär:

$$A = u \cdot i \cdot t. \quad (3-29)$$

Eger zynjyryň uçlaryna goýlan naprýaženiýe

$$u = U_m \cos \omega t$$

kanunalaýyklyk boýunça üýtgeýän bolsa, ondaky tok güýji-de garmonik kanunalaýyklyk boýunça faza taýdan tapawutlanmak bilen üýtgeýär:

$i = I_m \cos(\omega t + \varphi)$. Onda üýtgeýän toguň eden işiniň pursatlaýyn bahasy üçin aşakdakyny ýazýarys:

$$A = u \cdot i \cdot t = U_m \cdot I_m \cdot t \cos \omega t \cos(\omega t + \varphi). \quad (3-30)$$

| *Wagt birligi içinde edilen işe kuwwat diýilýär. Şoňa görä üýtgeýän toguň kuwwatynyň pursatlaýyn bahasyny*

$$p = u \cdot i = U_m \cdot I_m \cos \omega t \cdot \cos(\omega t + \varphi) \quad (3-31)$$

aňlatma görnüşde ýazmak mümkin.

Munda kuwwat wagtyň geçmegi bilen hem modul, hem alamat taýdan üýtgeýär. Periodyň birinji ýarymynda kuwwat zynjyra berilse ($p > 0$), ikinji ýarymynda kuwwatyň bir bölegi gaýdyp pudaga berilýär ($p < 0$).

Adatda, ähli ýagdaýlarda uzak möhletleýin sarp edilýän ortaça kuwwaty bilmek möhüm ähmiýete eýe. Munuň üçin bir perioda dogry gelýän kuwwaty kesgitlemek ýeterlidir.

Bir perioda dogry gelen kuwwaty tapmak üçin ilki (3–32) formulany wagta bagly bolmaýan görnüşe getirýäris. Munuň üçin matematika kursundan iki kosinusyň köpeltmek hasyly formulasyndany peýdalanýarys:

$$\cos\alpha \cos\beta = \frac{1}{2} (\cos(\alpha - \beta) + \cos(\alpha + \beta)).$$

Biz garalýan ýagdaýda $\alpha = \omega t$ we $\beta = \omega t + \varphi$. Şoňa görä,

$$p = \frac{U_M \cdot I_M}{2} (\cos\varphi + \cos(2\omega t + \varphi)) = \frac{U_M \cdot I_M}{2} \cos\varphi + \frac{U_M \cdot I_M}{2} \cos(2\omega t + \varphi).$$

Munda aňlatmanyň ikinji goşulyjysynyň bir periodyň dowamynda ortaça bahasy nola deň. Diýmek, bir perioda gabat gelýän ortaça kuwwatyň wagta bagly bolmadyk agzasy

$$\bar{p} = \frac{U_M \cdot I_M}{2} \cos\varphi. \quad \text{bolýar.}$$

Toguň we naprýaženiýäniň effektiv bahalarynyň aňlatmasy hasaba alynsa, ýagny: $U_{ef} = \frac{U_M}{\sqrt{2}}$ we $I_{ef} = \frac{I_M}{\sqrt{2}}$ bolany üçin aşakdaka eýe bolarys:

$$\bar{p} = \frac{U_M}{\sqrt{2}} \frac{I_M}{\sqrt{2}} \cos\varphi = U \cdot I \cos\varphi.$$

Bu ululyga zynjyryň bir bölegindäki **üýtgeýän toguň kuwwaty** diýilýär:

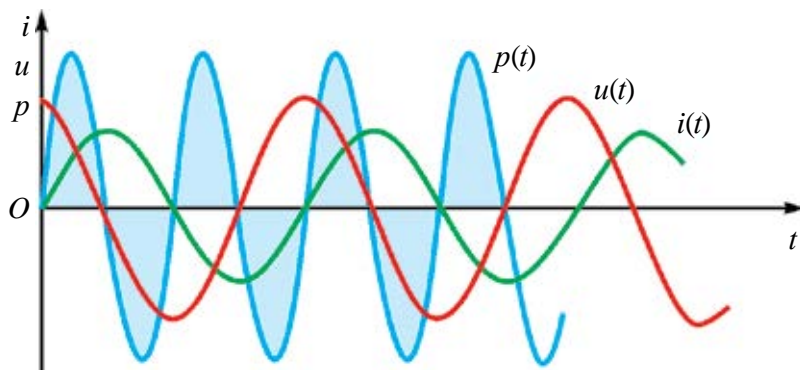
$$P = U \cdot I \cos\varphi. \quad (3-32)$$

Şoňa görä üýtgeýän toguň eden işi aşakdaky formuladan kesgitlenýär:

$$A = U \cdot I \cdot t \cos\varphi. \quad (3-33)$$

Şeýdip, zynjyryň bir bölegindäki üýtgeýän toguň kuwwaty we eden işi tok güýjüniň we naprýaženiýäniň effektiv bahalary bilen kesgitlenýär. Ol, şonuň ýaly-da, naprýaženiýe bilen tok güýjüniň arasyndaky faza süýşmesine hem bagly bolýar. (3–33) formuladaky $\cos\varphi$ köpeltmek hasyly **kuwwat koeffisiýenti** diýlip atlandyrylýar.

Eger zynjyrda reaktiw garşylyk ýok bolsa, onda $\varphi=0$, $\cos\varphi=1$, $P=UI$ bolýar, ýagny biz hemişelik toguň kuwwatyny alarys. Zynjyrda aktiw garşylyk ýok bolsa, $\varphi=+\frac{\pi}{2}$, $\cos\varphi=0$ we $P=0$ -a deň bolýar. Diňe reaktiw garşylyk bar zynjyrda bölünip çykýan kuwwat nola deň bolar eken. Zynjyrda tok bar bolsa-da, nädip ortaça kuwwat nola deň bolmagy mümkin? Ony 3.23-nji suratda getirilen grafiğiň kömeginde düşündirmek mümkin. Grafikde naprýaženiýäniň, tok güýjüniň we kuwwatyň $\varphi=\frac{\pi}{2}$ bahasyndaky pursatlaýyn bahalary getirilen.



3.23-nji surat.

Kuwwatyň pursatlaýyn bahasynyň wagta baglylyk grafigini her bir momente dogry gelen tok güýjüni we naprýaženiýäni bir-birine köpeldip tapylýar. Grafikden görnüşi ýaly, periodyň dördten bir böleginde kuwwat položitel baha eýe we energiýa zynjyryň şu bölegine berilýär; ýöne periodyň soňky çäryeginde kuwwat otrisatel baha eýe we energiýa zynjyryň şol böleginden energiýa alnan pudaga gaýtaryp berilýär. Periodyň dördten bir böleginde zynjyra berlen energiýa toguň magnit meýdanynda toplanýar, soňra pudaga gaýtarylýar.

Üýtgeýän elektrik zynjyrlaryny proyektirlände $\cos\varphi$ -niň uly bolmagyna üns berilýär. Tersine bolanda energiýanyň ep-esli bölegi generatordan zynjyra we ters ugurda öwrülip gezyär. Simler aktiw garşylyga eýe bolanlygy sebäpli, energiýa olary gyzdyrmaga sarp edilýär.

Senagat we durmuş taýdan hyzmat etmek ugurlarynda elektrik dwigatelleri örän giňden ulanylýar. Olar uly induktiw garşylyga we kiçi aktiw

garşylyga eýe bolýar. Şonuň hasabyna $\cos\varphi$ -niň bahasy barha kemelýär. Ony artdyrmak üçin kärhanalaryň pudaklaryna mahsus kompensasiýa edýän kondensatorlar birikdirilýär. Munda elektrodwigatelleriň boş ýa-da ýeterli ýüklemesiz işledilmeli däldigine üns bermeli. Adatda, $\cos\varphi < 0,85$ bolan gurluşlary ulanmaga rugsat berilmelýär.

Mesele çözmegiň nusgasy

1. Induktivligi $0,5 \text{ H}$, aktiw garşylygy $100 \text{ } \Omega$ bolan induktiw tegek we $10 \text{ } \mu\text{F}$ sygymly kondensator $u=300 \sin 200\pi t$ üýtgeýän naprýaženiýe çeşmesine birikdirilen. Toguň kuwwatyny we kuwwat koeffisiýentini tapyň.

<p>Berlen:</p> <p>$L=0,5 \text{ H}$</p> <p>$R=100 \text{ } \Omega$</p> <p>$C=10 \text{ } \mu\text{F}=10^{-5} \text{ F}$</p> <p>$U=300 \sin 200\pi t$</p> <hr/> <p>Tapmaly:</p> <p>$\cos\varphi=?$</p> <p>$P=?$</p>	<p>Formulasý:</p> $P=UI \cos\varphi = \frac{U_M^2}{2Z} \cos\varphi,$ $\cos\varphi = \frac{R}{Z} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}$
--	--

Çözülişi:

$$\cos\varphi = \frac{100 \text{ } \Omega}{\sqrt{100^2 + \left(628 \cdot 0,5 - \frac{1}{628 \cdot 10^{-5}}\right)^2} \text{ } \Omega} = 0,54$$

$$P = \frac{9 \cdot 10^4 \cdot 0,5^2 \cdot B^2}{2\sqrt{10^4 \cdot \Omega^2 - \left(314 - \frac{10^5}{628}\right)^2} \Omega^2} = 132 \text{ Вт.}$$

Jogaby: $\cos\varphi=0,54$; $P=132 \text{ W}$.



1. Üýtgeýän toguň kuwwaty we eden işi nähili kesgitlenýär?
2. Kuwwat koeffisiýenti diýende nämäni düşüňýärsiňiz?
3. Kuwwat koeffisiýentini artdyrmak üçin nähili çäreler görülyär?
4. Kuwwat koeffisiýentini artdyrmak üçin Siz nämeleri teklip eden bolardyňyz?

3-nji gönükme

1. Yrgyldyly kontur sygymy 8 pF bolan kondensator we induktiwligi 0,5 mH bolan tegekden ybarat. Tegekdäki tok güýjüniň maksimal bahasy 40 mA bolsa, kondensatordaky maksimal naprýaženiýe nämä deň? (*Jogaby:* 317 V)

2. Induktiwligi 31 mH bolan tegek, plastinalarynyň meýdany 20 cm², arasyndaky aralyk 1 cm bolan kondensator bilen birikdirilen. Tok güýjüniň maksimal bahasy 0,2 mA, naprýaženiýäniň maksimal bahasy bolsa 10 V. Kondensatoryň plastinalarynyň arasyndaky gurşawyň dielektrik syzyjylygy nämä deň? (*Jogaby:* 7)

3. Ideal yrgyldyly konturyň induktiwligi 0,2 H bolan tegek sygymy 20 µF bolan kondensatordan ybarat. Kondensatordaky naprýaženiýe 1 V bolan wagtda konturdaky tok güýji 0,01 A. Tok güýjüniň maksimal bahasyny anyklaň. (*Jogaby:* 0,012A)

4. Yrgyldyly kontur sygymy 2,5 µF bolan kondensator we induktiwligi 1 H -a deň tegekden ybarat. Kondensatoryň plastinalaryndaky zarýadyň amplitudasy 0,5 µC bolsa, zarýadyň yrgyldylarynyň deňlemesini ýazyň. (*Jogaby:* $0,5 \cdot 10^{-6} \cos 630 \cdot 10^6 t$)

5. Tegegiň induktiwligi 0,04 H bolan yrgyldyly konturyň erkin yrgyldylar ýygylgy 800 Hz. Konturdaky kondensatoryň sygymy nämä deň? (*Jogaby:* 1µF)

6. Sygymy 0,5 µF deň zarýadlanan kondensator induktiwligi 5 mH bolan tegek bilen birikdirilen. Näçe wagtdan soň kondensatoryň elektrik meýdanynyň energiýasy tegegiň magnit meýdanynyň energiýasyna deň bolar? (*Jogaby:* $39 \cdot 10^{-5}$ s)

7. $q = 0,03 \cos(100 \pi t + \frac{\pi}{3})$ deňlemäniň grafigini çyzyň.

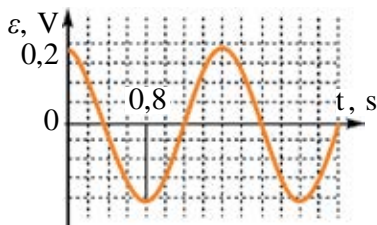
8. Aktiw garşylygy 50 Ω bolan üýtgeýän toguň zynjyryndaky naprýaženiýäniň amplituda bahasy 100 V, yrgyldy ýygylgy 100 Hz. Zynjyrdaky toguň yrgyldylarynyň deňlemesini ýazyň. (*Jogaby:* $2 \cos 200 \pi t$)

9. Zynjyrdaky tok güýji $8,5 \sin(628t + 0,325)$ kanuny boýunça üýtgeýär. Tok güýjüniň effektiw bahasyny, yrgyldylar fazasyny we ýygylgyny tapyň. (*Jogaby:* 6,03 A; 0,325 rad; 100 Hz)

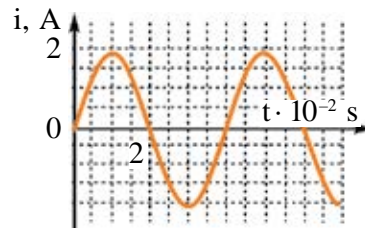
10. Üýtgeýän toguň zynjyryna birikdirilen kondensatordaky tok güýji $0,03 \cos(314 t + 1,57)$ kanuny boýunça üýtgeýär. Kondensatordaky maksimal naprýaženiýe 60 V bolsa, onuň sygymyny anyklaň. (*Jogaby:* 5,3 µF)

11. Üýtgeýän toguň zynjyryna birikdirilen tegegiň uçlaryna goýlan naprýaženiýäniň amplitudasy 157 V, tok güýjüniň amplitudasy 5 A, toguň ýygylgy 50 Hz bolsa, onuň induktiwligi nämä deň. (Jogaby: 0,1 H).

12. Naprýaženiýäniň effektiv bahasy 127 V bolan zynjyra induktiwligi 0,16 H, aktiw garşylygy 2Ω we sygymy $64 \mu\text{F}$ bolan kondensator yzygider birikdirilen. Toguň ýygylgy 200 Hz. Tok güýjüniň effektiv bahasyny tapyň.

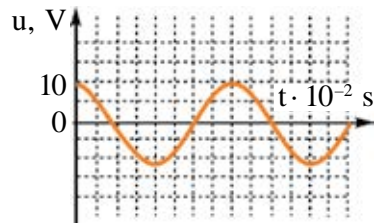


3.24-nji surat.



3.25-nji surat.

13. 3.24-nji suratda zynjyrdaky EHG-niň wagta baglylyk grafigi getirilen. Üýtgeýän toguň maksimal bahasyny, onuň periodyny, ýygylgyny tapyň. $\mathcal{E}(t)$ baglanyşyk formulasyny ýazyň.



3.26-njy surat.

14. 3.25-nji suratda zynjyrdaky tok güýjüniň wagta baglylyk grafigi getirilen. Üýtgeýän toguň maksimal bahasyny, onuň periodyny, ýygylgyny tapyň. $i(t)$ baglanyşyk formulasyny ýazyň.

15. 3.26-njy suratda zynjyrdaky naprýaženiýäniň wagta baglylyk grafigi getirilen. Üýtgeýän toguň maksimal bahasyny, onuň periodyny, ýygylgyny tapyň. $U(t)$ baglanyşyk formulasyny ýazyň.

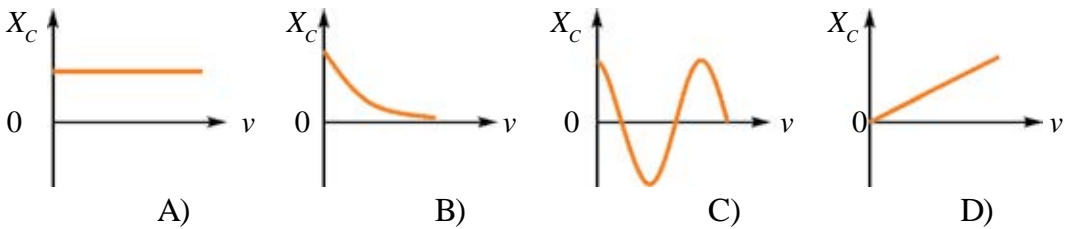
16. Ýygylgy 400 Hz bolan üýtgeýän tok zynjyryna induktiwligi 0,1 H bolan tegek birikdirilen. Zynjyra nähili sygyma eýe bolan kondensator birikdirilse, rezonans hadysasy bolar? (Jogaby: $1,6 \mu\text{F}$)

17. Yrgyldyly kontura birikdirilen kondensatoryň sygymy 50 pF, erkin yrgyldylar ýygylgy 10 MHz. Tegegiň induktiwligini tapyň. (Jogaby: 5,1 μH)

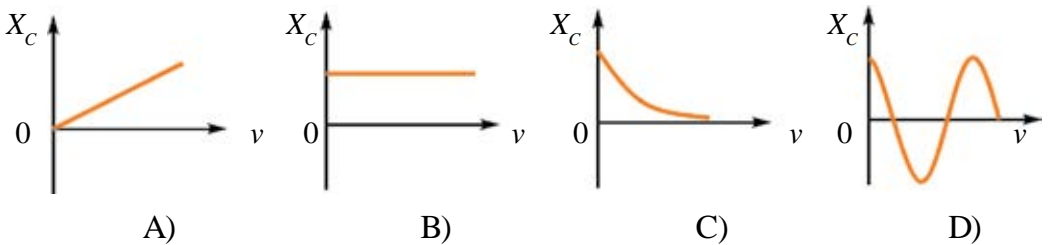
18. Konturdaky naprýaženiýäniň amplitudasy 100 V, yrgyldylar ýygylgy 5 MHz-e deň. Näçe wagtdan soň naprýaženiýe 71 V -a deň bolar? (Jogaby: 25 ns)

III BABY JEMLEMEK BOÝUNÇA TEST SORAGLARY

- Yrgyldyly konturdaky kondensatordaky elektrik zarýady $q=10^{-3} \cdot \cos 100\pi t$ (C) kanunalaýyklyk boýunça üýtgeýär. Konturda emele gelýän elektromagnit yrgyldylarynyň ýygylgyny tapyň.
A) 100 Hz; B) 100π Hz; C) 50 Hz; D) 50π Hz.
- Yrgyldyly konturdaky kondensatorda elektrik zarýady $q=10^{-3} \cdot \cos 1000t$ (C) kanunalaýyklyk boýunça üýtgeýär. Konturda emele gelýän tok güýjüniň amplitudasyny tapyň.
A) 10^{-3} A; B) 1 A; C) 10 A; D) π A.
- Ideal yrgyldyly konturda kondensator sygymyny 9 esse kemeldilse, konturyň yrgyldy ýygylgy nähili üýtgär?
A) 3 esse kemelýär; B) 3 esse artýar;
C) 9 esse kemelýär; D) 9 esse artýar.
- Ideal yrgyldyly konturda elektromagnit yrgyldylar emele gelýär. Munda kondensatordaky elektrik meýdanynyň energiýasynyň maksimal bahasy 2 mJ-a, tegekdäki magnit meýdanynyň energiýasynyň maksimal bahasy hem 2 mJ-a deň boldy. Yrgyldyly konturdaky doly energiýa nämä deň?
A) 0-dan 2 mJ çenli üýtgeýär; B) 0-dan 4 mJ çenli üýtgeýär;
C) üýtgemeyär we 2 mJ-a deň; D) üýtgemeyär we 4 mJ-a deň.
- Aşakda getirilen grafiklerden haýsysynda üýtgeýän elektrik zynjyrlaryndaky sygym garşylygynyň ýygylgyga baglylygy getirilen?



- Aşakda getirilen grafiklerden haýsysynda üýtgeýän elektrik zynjyrlaryndaky induktiw garşylygynyň ýygylgyga baglylygy getirilen?



7. Rezistor, induktiw tegek we sygym zygider birikdirilen zynjyryň doly garşylygy rezonansyň periodyna nähili bolýar?
 A) aktiw garşylykdan uly bolýar;
 B) aktiw garşylyga deň bolýar;
 C) aktiw garşylykdan kiçi bolýar;
 D) aktiw garşylykdan köp esse kiçi bolýar.
8. Aşakda getirilen häsiýetlerden haýsylary togtaýan yrgyldylara degişli?
 1. Zygiderli yrgyldylar. 2. Ideal yrgyldyly konturdaky yrgyldylar. 3. Real yrgyldyly konturdaky yrgyldylar.
 A) 1; B) 2; C) 3; D) 1 we 3.
9. Yrgyldyly konturda emele gelýän elektromagnit yrgyldylaryň siklik ýygylgyny kesgitlemegiň formulasyny görkeziň.
 A) $\frac{1}{T}$; B) $\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$; C) $2\pi\sqrt{LC}$; D) $\frac{1}{\sqrt{LC}}$.
10. Aşakdakylardan haýsasy yrgyldyly konturyň doly energiýasyny aňladýar?
 1. $\frac{q^2}{2C}$. 2. $\frac{Li^2}{2}$. 3. $\frac{q_M^2}{2C}$. 4. $\frac{LI_M^2}{2}$.
 A) 1; B) 2; C) 3; D) 3 we 4.
11. Mehaniki yrgyldylar bilen elektromagnit yrgyldylaryň analogiýasyna görä, puržinli maýatnikdäki ýüküň massasy, elektromagnit yrgyldylardaky haýsy fiziki ululyga gabat gelýär?
 A) zarýad; B) tok güýji;
 C) induktiwlik; D) sygyma ters bolan ululyk.
12. Mehaniki yrgyldylar bilen elektromagnit yrgyldylaryň analogiýasyna görä, yrgyldyly konturdaky tok güýji, mehaniki yrgyldylardaky haýsy fiziki ululyga laýyk gelýär?
 A) koordinata; B) tizlik;
 C) massa; D) puržiniň gatylygy.
13. Tranzistorly generatora yrgyldylaryň togtamaýanlygyny üpjün etmek üçin giriş we çykyş zynjyryndaky naprýaženiýeler faza taýdan näçä tapawutlanmaly?
 A) 60°; B) 90°; C) 180°; D) 270°.

14. Tranzistorly generatorda ters baglanyşyk haýsy element arkaly amala aşyrylýar?

- A) L tegek arkaly; B) C kondensator arkaly
 D) L_0 tegek arkaly; D) tranzistor arkaly.

15. Sözlemi dolduryň. Zynjyra diňe induktiw tegek birikdirilen bolsa, tegekden geçýän tok güýjüniň yrgyldylary, tegegiň uçlaryna goýlan naprýaženiýäniň yrgyldylaryndan faza taýdan ... bolýar.

- A) ... $\frac{\pi}{2}$ -ge öňde ... ; B) ... $\frac{\pi}{2}$ -ge yzda ... ;
 C) ... π -ge öňde ... ; D) ... π -ge yzda

III bapda öwrenilen iň möhüm düşüňjeler, düzgünler we kanunlar

Erkin elektromagnit yrgyldylar	Yrgyldyly konturda bir gezek zarýad berlenden soň emele gelýän elektrik we magnit meýdanynyň yrgyldylary.
Yrgyldyly kontur	Induktiv tegekden we kondensatordan ybarat zynjyr. Yrgyldy peridy $T = 2\pi \sqrt{LC}$.
Togtaýan yrgyldylar	Yrgyldyly konturda kondensatora bir gezek energiýa berlende emele gelýän yrgyldylar. Munda yrgyldylar amplitudasy wagtyň geçmegi bilen barha kemelýär.
Yrgyldyly konturdaky doly energiýa	$W = \frac{q^2}{2C} + \frac{Li^2}{2}$.
Yzygiderli yrgyldylar	Fiziki ululyklaryň wagtyň geçmegi bilen sinus ýa-da kosinus kanunalaýyklygy boýunça periodik üýtgemegi.
Yrgyldy amplitudasy	Yrgyldaýan ululygyň iň uly bahasynyň moduly.
Awtoyrgyldylar	Yrgyldaýan sistemanyň içindäki çeşmäniň hasabyna togtamaýan yrgyldylaryň emele gelmegi.
Ýokary ýygyllykly generator	Energiýa çeşmesi, yrgyldy ulgamy we elektron açardan ybarat sistemada togtamaýan yrgyldylar emele getirýän gurluş.

Ters baglanyşyk	Çykyş zynjyryndan elektrik signallaryň bir böleginiň giriş zynjyryna berilmegi.
Aktiv garşylyk – R	Üýtgeýän tok energiýasyny gaýtmaýan ýagdaýda başga görnüşdäki energiýa öwürýän garşylyk.
Reaktiv garşylyk – X_C , X_L	Üýtgeýän toguň energiýasyny elektrik ýa-da magnet meýdanynyň energiýasyna we tersine öwürýän garşylyk. $X_C = \frac{1}{\omega C}$; $X_L = \omega L$.
Aktiv garşylykly zynjyrdaky kuwwat	$P = P_m \cos^2 \omega t$.
Üýtgeýän toguň we naprýaženiýäniň effektiv bahalary	$I_{ef} = \frac{I_M}{\sqrt{2}}$; $U_{ef} = \frac{U_M}{\sqrt{2}}$.
Üýtgeýän toguň doly zynjyry üçin Omuň kanuny	$I_m = \frac{U_M}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}$.
Üýtgeýän toguň zynjyrynyň doly garşylygy	$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$.
Zynjyrdaky toguň yrgyldylary bilen naprýaženiýäniň yrgyldylarynyň arasyndaky faza tapawudy	$\text{tg}\varphi = \frac{U_L - U_C}{U_m}$ ýa-da $\text{tg}\varphi = \frac{X_L - X_C}{R}$.
Rezonans hadysasy	Daşky mejbur ediji güýjüň ýygylgy, sistemanyň hususy ýygylgyna deň bolanda yrgyldylar amplitudasynyň barha artmagy.
Yzygider rezonans ýa-da naprýaženiýeler rezonansy	Üýtgeýän toguň zynjyrynda daşky elektrik çeşmesiniň ýygylgy, zynjyryň hususy ýygylgyna deň bolanda kondensatorda we tegekke naprýaženiýäniň ýiti artmagy.
Üýtgeýän toguň kuwwaty	$P = U I \cos\varphi$.
Üýtgeýän toguň eden işi	$A = U I t \cos\varphi$.

IV bap. ELEKTROMAGNIT TOLKUNLAR WE TOLKUN OPTIKASY

Elektrik zynjrlarynda elektromagnit yrgyldylaryny öwrenmegiň görkezişi ýaly, napryžaženiýäniň we tok güýjüniň üýtgeýändigini, zynjryň bir böleginden ikinjisine örän uly tizlikde, ýagny 300 000 km/s bilen ýaýraýar. Bu tizlik geçirijidäki erkin elektrik zarýadlaryň tertipli hereket tizliginden gaty köp esse uly. Elektromagnit yrgyldylaryň bir nokatdan ikinji nokada ibermek mehanizmini diňe meýdan düşünjesinden peýdalanyp düşündürmek mümkin boldy.

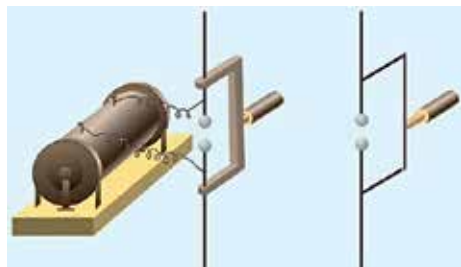
J. K. Makswell 1864-nji ýylda wakuumda we dielektriklerde ýaýrap bilýän elektromagnit tolkunlarynyň bolmagy baradaky gipotezany aýtyp geçýär. Biz elektromagnit meýdany we elektromagnit tolkun nazaryýeti bilen gysgaça tanyşýarys.

21-nji tema. ELEKTROMAGNIT YRGYLDYLARYNYŇ ÝAÝRAÝŞY. ELEKTROMAGNIT TOLKUNLARYŇ TIZLIGI

1831-nji ýylda M. Faradeý tarapyndan açyş edilen elektromagnit induksiýasy hadysasyny çuňňur öwrenen Makswell aşakdaky netijä gelýär: *magnit meýdanynyň islendik üýtgeýşi onuň töwerekdäki giňişlikde köwli elektrik meýdany emele getirýär.*

Faradeýiň tejribelerindäki ýapyk geçirijide induksion EHG emele gelmeginiň sebäpçisi şu üýtgeýän elektrik meýdany hasaplanýar. Bu köwli elektrik meýdany diňe bir geçirijide däl, eýsem açyk giňişlikde-de emele gelmegi mümkin. Şeýdip, magnit meýdanynyň üýtgemegi elektrik meýdany emele getirýär. Tebigatda muňa ters hadysa bolmazmyka, ýagny üýtgeýän elektrik meýdany magnit meýdanyny emele getirmezmikä? Bu takmyn simmetriýa nukdaý nazaryndan alanda Makswelliň gipotezasynyň esasy düzýär. Bu gipoteza görä *elektrik meýdanynyň islendik üýtgeýşi onuň töweregindäki giňişlikde köwli magnit meýdanyny emele getirýär.*

Makswelliň bu gipotezasy esli wagt öz tassyklamasyny tapmazdan geldi. Elektromagnit tolkunlary diňe Makswelliň wepatyndan 10 ýyl geçensoň, eksperimental ýagdaýda G.R.Gers tarapyndan alyndy. 1886–1889-njy ýyllarda G.Gers elektromagnit tolkuny almak üçin ýuka howa gatlagy bilen bölünen diametri 10–30 cm bolan iki şarjagaz ýa-da silindr alyp, göni sterženiň uçlaryna berkidişdir (4.1-nji surat). Başga tejribelerinde tarapy 40 cm bolan metal listden peýdalanylýdyr. Şarjagazlaryň aralygy birnäçe mm töwereginde galdyrylypdyr. Silindr ýa-da şarlar ýokary naprýaženiýeli çeşmä birikdirilen bolup, ony položitel we otrisatel alamatda zarýadlapdyr. Naprýaženiýe mälüm bir baha ýetende, şarjagazlar aralygynda



4.1-nji surat.

uçgun emele gelipdir. Uçgun emele geliş döwründe wibratorda ýokary ýygyllykly togtayan yrgyldylar emele gelýär. Eger elektromagnit yrgyldylar ýaýrap, tolkun emele getirse, ikinji wibratorda EHG emele gelmeği we netijede şarjagazlaryň arasynda uçgun peýda bolmaly. Gers şu hadysa gözegçilik edip, elektromagnit tolkunlaryň bardygyny tassykladypdyr.

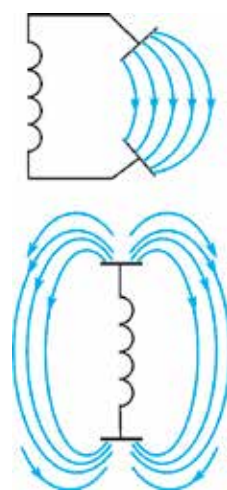
Öňki bapda garalan yrgyldyly kontur ýapyk bolanlygy sebäpli ondan yrgyldylar kem ýaýraýar.

Kondensatoryň plastinalaryny ýuwaş-ýuwaşdan bir-birinden barha uzaklaşdyralyň (4.2-nji surat).

Munda meýdanyň güýç çyzyklary plastinalaryň arasyndan çykyp, giňişlige ýaýrap başlaýar. Eger plastinalardan birini bütinleý ýokary, ikinjisini pese garadyp goýulsa, elektromagnit yrgyldylar giňişlige doly ýaýrap gitýär.

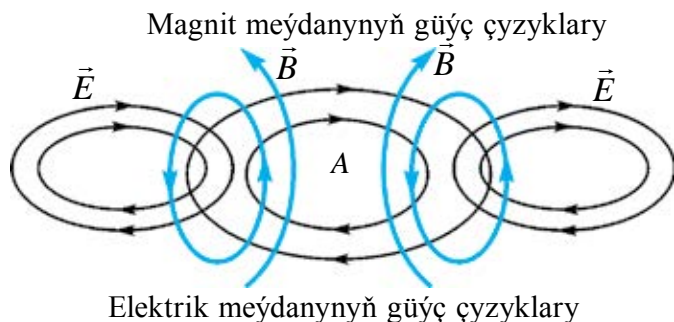
Şeýle görnüşdäki kontura **açyk yrgyldyly kontur** diýilýär.

Ýaýraýan elektromagnit tolkunlaryny göz önümize getirmek üçin 4.3-nji surata garalyň. Nähilidir momentde giňişligiň A zolagynda üýtgeýän elektrik meýdany bolsun. Onda üýtgeýän elektrik meýdany öz töwereginde magnit meýdanyny emele getirýär. Üýtgeýän magnit meýdany goňşy zolakda üýtgeýän elektrik meýdanyny emele getirýär. Giňişligiň zygider ýerleşýän zolaklarynda özara perpendikulýar ýerleşýän,



4.2-nji surat.

periodik ýagdaýda üýtgeýän elektrik we magnit meýdanlary emele gelýär. Elektromagnit tolkunlaryň ýaýramagyna **şöhlelenme** diýlip hem aýdylýar.



4.3-nji surat.

Gersiň tejribelerinde tolkun uzynlygy birnäçe on santimetrdir. Wibrator-da emele gelýän hususy elektromagnit yrgyldylaryň ýygylgyny hasaplap, elektromagnit tolkunlaryň ýaýraýyş tizligini $v = \lambda \cdot \nu$ formulanyň kömeginde anyklaýar. Ol ýagtylyk tizligine deň bolup çykýar.

Soňky döwrebap ölçegler hem bu bahanyň dogrudygyny tassykladý.

Mesele işlemegiň nusgasy

Açyk yrgyldyly konturdaky naprýaženiýe $i = 0,3 \sin 5 \cdot 10^5 \pi t$ kanuny boýunça üýtgeýär. Howada ýaýraýan elektromagnit tolkunynyň uzynlygy λ -ny anyklaň.

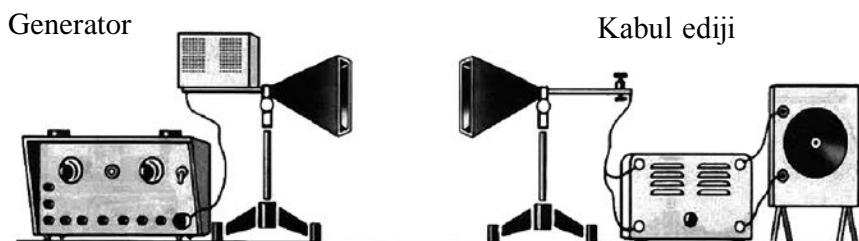
Berlen:	Formulasý:	Çözülişi:
$\omega = 5 \cdot 10^5 \pi \cdot \text{s}^{-1}$ $v = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$	$\omega = 2\pi\nu \Leftrightarrow \nu = \frac{\omega}{2\pi}$ $\lambda = \frac{v}{\nu}$	$\nu = \frac{5 \cdot 10^5 \cdot \pi \cdot \text{s}^{-1}}{2\pi} = 2,5 \cdot 10^5 \text{ Hz.}$ $\lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{2,5 \cdot 10^5} \text{ m} = 1200 \text{ m.}$
Tapmaly: $\lambda = ?$		Jogaby: 1200 m.



1. Açyk yrgyldyly kontur diýende nämäni düşüňýäris?
2. Maxwell elektromagnit meýdanynyň bolmagy nazaryýetini döredende nämelere daýanypdyr?
3. Gersiň wibratorynda ikinji steržene ornaşdyrylan şarjagazlar arasynda çesmä birikdirilmedik bolsa-da, näme sebäpden uçgun çykýar?
4. Gers elektromagnit yrgyldylardan peýdalanmak boýunça nähili pikirleri aýdypdyr?

22-nji tema. ELEKTROMAGNIT TOLKUNLARYNYŇ UMUMY HÄSIÝETLERI (IKI GURŞAWYŇ ARAÇÄGINDE SERPILMEGI WE DÖWÜLMEGI). TOLKUNY HÄSIÝETLENDIRÝÄN ESASY DÜŞÜNJELER WE ULULYKLAR

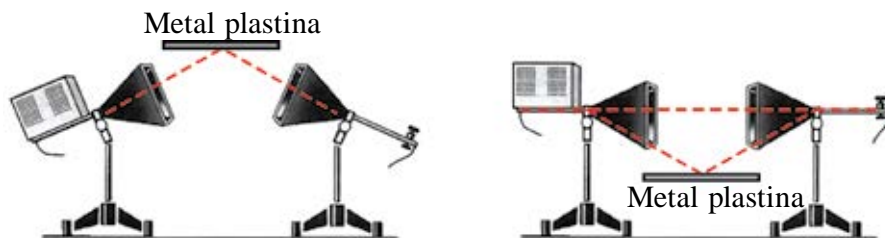
Elektromagnit tolkunlaryň häsiýetlerini elektromagnit tolkun çykarýan mahsus generatoryň kömeginde öwrenmek mümkin. Generatorda emele gelen ýokary ýygylkly elektromagnit tolkun *generator rupory* diýlip atlandyrylýan ýaýradyjy antenadan ýaýradylýar (4.4-nji surat).



4.4-nji surat.

Kabal edýän antenanyň şekli-de edil ýaýradyjy antenna meňzeş bolýar. Antennada kabul edilen elektromagnit tolkun emele getiren EHG kristallik diod arkaly pulsirlenýän toga öwrülýär. Tok güýçlendirilenden soň galwanometre berilýär we bellik edilýär.

Elektromagnit tolkunlarynyň yzyna serpilmegi. Ýaýradyjy we kabul edýän ruporlaryň arasynda metal plastina goýulsa, ses eşidilmeýär. Elektromagnit tolkunlary metal plastinadan geçip bilmezden serpilýär. Indi ýaýradyjy rupory ýokary (aşak) öwürmeli. Metal plastinany ýokary (aşak) 4.5-nji suratda görkezilişi ýaly ornaşdyrallyň. Onda kabul ediji antenna, düşme burçuna deň bolan burçda ýerleşdirilende gowy kabul edilýändigini duýmak mümkin.



4.5-nji surat.

Elektromagnit tolkunlarynyň metal plastinadan yzyna serpilmegini aşakdaky ýaly düşündirmek mümkin. Metala gelip düşen elektromagnit tolkuny metalyň üstünde erkin elektronlaryň mejbury yrgyldylaryny emele getirýär. Bu mejbury yrgyldylaryň ýygylgy elektromagnit tolkunynyň ýygylgyna deň bolýar. Tolkun metaldan geçip bilmeýär, ýöne metalyň üstüniň özi ikilenji tolkunlar çeşmesine öwrülýär, ýagny tolkun üstden serpilýär. Tejribeler elektromagnit tolkunlarynyň iki gurşawyň araçäginden serpilende serpilme kanunynyň ýerine ýetirilýändigini görkezýär.

Metal plastinanyň ýerine dielektrik alynsa, ondan elektromagnit tolkunlary ujypsyz serpiler eken. Çünki, olarda erkin elektronlar örän kem bolýar.

Elektromagnit tolkunlarynyň yzyna serpilmeginden radioaragatnaşykda we radiolokasiýada giňden ulanylýar (4.6-njy surat).



4.6-njy surat.



4.7-nji surat.

Elektromagnit tolkunlaryň döwülmeği. Ony öwrenmek üçin metal plastinanyň ýerine parafin bilen doldurylan üçburçly prizmadan peýdalanlyar (4.7-nji surat). Kabul edişi antenna tolkuny bellige alýar. Diýmek, elektromagnit tolkuny iki gurşaw howa-parafin we parafin-howa araçäginden geçende döwülýär. Tejribeler elektromagnit tolkuny bir gurşawdan ikinjisine geçende **döwülme kanunynyň** ýerine ýetirilýändigini görkezýär:

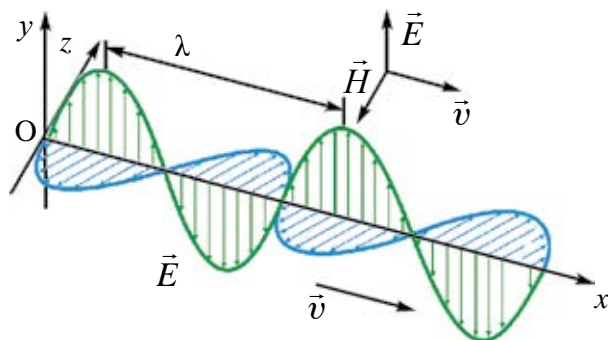
$$n_{21} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_1}} \frac{\sqrt{\epsilon_2}}{c} = \sqrt{\frac{\epsilon_2}{\epsilon_1}}; \quad (4-1)$$

munda: ϵ_1 we ϵ_2 – deňşililikde birinji we ikinji gurşawlaryň dielektrik döwüjligi.

Yrgyldylar fazasy birmeňzeş bolan, bir-birine iň ýakyn duran iki nokadyň arasyndaky aralyga elektromagnit tolkunynyň uzynlygy diýilýär: $\lambda = \frac{c}{\nu}$.

Elektromagnit tolkunynyň esasy häsiýetnamasy onuň ýygylgy ν (periody T) hasaplanýar. Çünki, elektromagnit tolkuny bir gurşawdan ikinjisine geçende onuň tolkun uzynlygy üýtgeýär, ýygylgy üýtgewsiz galýar.

Elektrik meýdanynyň güýjenmesi we magnit meýdanynyň induksiýa wektorlarynyň yrgyldy ugurlary tolkunynyň ýaýraýyş ugruna perpendikulýar bolýar (4.8-nji surat). Diýmek, elektromagnit tolkunlary kese tolkunlar eken.



4.8-nji surat.

Elektromagnit tolkunynyň ýaýraýyş tizligi \vec{v} elektrik meýdanynyň güýjenme wektory \vec{E} we magnit meýdanynyň \vec{B} induksiýa wektoryna perpendikulýar ugrugan.

Elektromagnit tolkunynyň esasy energetik häsiýetnamalaryndan biri *elektromagnit tolkun şöhlelenmesiniň akym dykzlygy* hasaplanýar.

Elektromagnit tolkun şöhlelenmesiniň akym dykzlygy diýip, tolkunynyň ýaýraýyş ugruna perpendikulýar ugurda ýerleşýän S meýdanly üstden Δt wagtda geçýän W elektromagnit energiýasyna aýdylýar:

$$I = \frac{W}{S \cdot \Delta t} \quad (4-2)$$

Tolkun şöhlelenmesiniň akym dykzlygy üstüň birlik boýunça bir periodda geçýän elektromagnit tolkun şöhlelenmesiniň ortaça kuwwatyndan ybarat. Ol *tolkun intensiwligi* diýlip atlandyrylýar.

$P_{\text{ort}} = \frac{W_{\text{ort}}}{t}$ ni (4-2)-a goýulsa, $I = \frac{P_{\text{ort}}}{S}$ bolýar. Şöhlelenmäniň akym dykzlygynyň ýa-da tolkun intensiwliginiň birligi $\frac{W}{M^2}$.

Şöhlelenme akymynyň ugruna perpendikulýar ýerleşýän ugurda meýdany S , ýasaýjysy $c\Delta t$ -ge deň bolan silindr çyzalyň. Silindriň göwrümi

$\Delta V = S \cdot c \Delta t$ -ge deň. Silindriň içindäki elektromagnit meýdanynyň energiýasy, energiýanyň dykzlygynyň göwrüme köpeltmek hasylyna deň:

$$W = w \cdot S \cdot c \Delta t; \quad (4-3)$$

munda: w – elektromagnit tolkun energiýasynyň dykzlygy. (4–3) formulany (4–2) goýup, aşakdaka eýe bolarys:

$$I = wc. \quad (4-4)$$

Elektromagnit tolkunynyň akymynyň dykzlygy, elektromagnit energiýasynyň dykzlygy bilen tolkunynyň ýaýraýyş tizligine köpeltmek hasylyna deň.

Nokatlanç çeşmeden çykýan elektromagnit tolkunlary ähli tarapa ýaýraýar. Şoňa görä, çeşmäniň töwereginde ony gurşap duran zolagy sfera diýip garap, (4–2) formulany aşakdaky ýaly ýazýarys:

$$I = \frac{W}{S \cdot \Delta t} = \frac{W}{4\pi \cdot \Delta t} \cdot \frac{1}{R^2}; \quad (4-5)$$

munda: $S = 4\pi R^2$ sferanyň üstüniň meýdany. Diýmek, nokatlanç çeşmeden çykýan tolkunynyň intensiwligi aralygyň kwadratyna proporsional ýagdaýda barha kemelýän eken.

Elektromagnit meýdanynyň elektrik meýdanynyň güýjenmesi \vec{E} we magnit meýdanynyň induksiýasy \vec{B} yrgyldaýan bölejikleriň \vec{a} tizlenmesine proporsional. Tizlenme bolsa garmoniki yrgyldylarda ýygylgyň kwadratyna proporsional. Şoňa görä $E \sim \omega^2$ we $B \sim \omega^2$ bolýandygy hasaba alynsa, meýdanlaryň energiýasynyň dykzlyklary ýygylgyň dördünji derejesine proporsional bolýandygy gelip çykýar:

$$I \sim \omega^4.$$

Mesele çözmegiň nusgasy

1. Elektromagnit tolkunlar nähilidir bir jynsly gurşawda $2 \cdot 10^8$ m/s tizlik bilen ýaýraýar. Eger elektromagnit tolkunlarynyň ýygylgy 1 MHz bolsa, onuň tolkun uzynlygy nämä deň?

Berlen:	Formulasý:	Çözülişi:
$v = 2 \cdot 10^8$ m/s $\nu = 1$ MHz = 10^6 Hz	$\lambda = \frac{v}{\nu}$	$\lambda = \frac{2 \cdot 10^8}{10^6} \frac{\text{m/s}}{\text{Hz}} = 200$ m.
Tapmaly: $\lambda = ?$		Jogaby: 200 m.



1. Năme sebăpden yşyklandyryş setlerindăki űytgeýăn tok amalda elektromagnit tolkunlaryny şöhlelendirmeýăr?
2. Elektromagnit tolkunlarynyň yzyna serpilmeginden we dűwűlmeginden nirelerde peýdalanylăr?
3. Elektromagnit tolkunlarynyň siňdirilmeginden nirelerde peýdalanylăr?
4. Elektromagnit tolkunlarynyň ýygylygy 3 esse kemeldi. Munda şöhlelenme energiýasy năhili űytgăr?

23-nji tema. RADIOARAGATNAŞYGYŇ FIZIKI ESASLARY. IŇ ÝÖNEKEÝ RADIONYŇ GURLUŞY WE IŞLEÝŞI. RADIOLOKASIÝA

Gadymky dűwűrlerde adamlar bir-birlerine habar iberip durmakda dűrli serişdelerden peýdalanypdylar. Bir ýurtdan ikinji ýurda gatnaýan kerwenler arkaly hat ibermek, kepderileriň aýagyna haty daňyp ugratmak we ş.m. Kăbir ýagdaýlarda mahsus çaparlar haty alyp, çapyk atlara műnűp, togtaman űtirimdirler. Munda hat-habary eltýăn serişdăniň hereket tizligi, kerweniň ýa-da ylgaýan atyň tizligine bagly bolupdyr.

Ikinji tarapdan, eltiji serişdăniň ýolunda ençeme păsgelçilikler bolup, hat-habary eýesine űtirmek kepili bolmandyr.

Habar iberende elektromagnit tolkunlaryndan peýdalanylsa bolmazmyka?

Birinjiden, elektromagnit tolkunlary tebigatdaky iň uly tizlik bilen ýăyraýar. Ikinjiden, ony ýolda garakçylar ýa-da duşmanlar saklap bilmeýăr.

Ýöne Gersiň wibratorynda emele gelen uçgunyň kuwwaty űrăn kiçi bolanlygyndan ondan signallary uzak aralyga ýăýratmakda peýdalanyp bolmaýardy. A.S. Popowyň elektromagnit tolkunlar arkaly habar ibermek boýunça oýlap tapmasyndan băs ýyl űň fransuz fizigi E. Branli elektromagnit tolkunlaryny bellige almagyň ýokary duýgurlykdaky ynamly usulyny tapypdyr. Bu esbapy E. Branli *kogerer* (lat. *kohaerens* – aragatnaşykda bolan) diýip atlandyrýar. Kogerer içinde iki elektrod ornaşdyrylan çűýşe trubkadan ybarat bolup, içine maýda demir gyryndysy salnypdyr. Bu esbapyň garşylygy ýönekeý şertde uly bolýar. Kontura gelen elektromagnit tolkuny ýokary ýygylykly űytgeýăn togy emele getirýăr. Gyryndylaryň arasynda

kiçi uçgunlar peýda bolup, olary bir-birine ýapyşdyrýar. Netijede olaryň garşylygy ýiti kemelýär (A. S. Popowyň tejribesinde 100000 Ω -dan 1000 Ω çenli, ýagny 100 esseden köp). Ýöne bir gezek tok geçenden soň gyryndylar ýapyşyp galýar. Kogereri silkip goýberip, ony ýene işçi ýagdaýa getirmeli bolýar. Munuň üçin A. S. Popow kogerer zynjyryna elektromagnit rele arkaly elektrik jaňyny birikdiripdir. Elektromagnit tolkununy gelende bu jaňnyň çekiji bir wagtda kogerere-de urlup, kogereri işçi ýagdaýa getiripdir.

1895-nji ýylyň 7-nji maýyynda Russiýanyň Sankt-Peterburg şäherinde rus inženeri A.S. Popow birinji gezek habary elektromagnit tolkunlary arkaly iberip, ony kabul etmegi görkezip berýär. Habarlaryň elektromagnit tolkunlary arkaly çalyşylmagyna **radioaragatnaşyk** diýilýär. Habary iberiji gurluşa **radiogeçiriji**, kabul ediji gurluşa **radiopriýomnik** diýilýär.

A.S.Popow 1899-njy ýylda radioaragatnaşygy 20 km uzaklykda ýola goýan bolsa, 1901-nji ýylda 150 km-e ýetirýär.

Soňa meňzeş gurluşlary italýan inženeri G. Markoni hem parallel ýagdaýda oýlap tapypdyr.

Elektromagnit tolkunlarynyň ýygylgy kiçi bolsa, onuň energiýasy kem bolup, uzak aralyga baryp bilmeýär ($W \sim v^4$). Ikinjiden, özara ýakyn ýerleşýän iki radiostansiýanyň habarlary bir-birine garyşyp gidýär. Şu sebäpli radioaragatnaşykda ýokary ýygylkly elektromagnit yrgyldylaryndan peýdalanmak zerurlygy döräpdir.

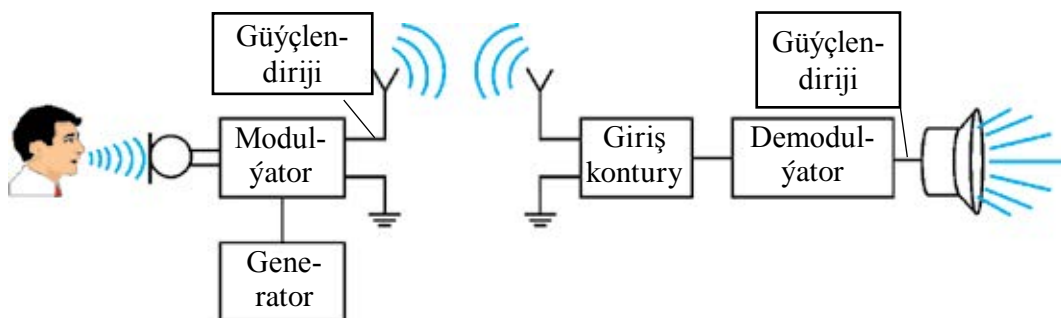
1913-nji ýylda togtamaýan elektromagnit yrgyldylary emele getirýän generator oýlanyp tapylmagy möhüm ädim boldy.

Habary indi ýokary ýygylkly elektromagnit tolkunlarynyň kömeginde iberilip başlandy. Munuň üçin generatorda döredilen ýokary ýygylkly elektromagnit yrgyldylara, pes ýygylkly (ses ýygylgy) yrgyldylary goşup iberilýär. Munda ses yrgyldylary **mikrofonyň** kömeginde elektrik yrgyldylaryna öwürilýär.

Pes ýygylkly elektrik yrgyldylary ýokary ýygylkly elektrik yrgyldylara goşup ibermäge **modulýasiýa** diýilýär. Radioaragatnaşygy alyp barmagyň blok-shemasy 4.9-njy suratda görkezilen.

Modulirlenen yrgyldylar antennanyň kömeginde giňişlige ýaýradylýar. Radioaragatnaşygyň kabul ediji böleginde-de antenna bolýar. Oňa gelip urlan elektromagnit tolkunlary, elektromagnit yrgyldylaryny emele getirýär.

Radiopriyomnikde köp radiostansiýalaryň içinden gerekisini saýlap almak **giriş kontury** arkaly amala aşyrylýar. Şundan soň ýokary ýygyllykly yrgyldylara goşup iberilen pes ýygyllykly yrgyldylar bölünip alnýar. Bu **demodulýatorda** amala aşyrylýar. Telefonyň kerneýinde pes ýygyllykly elektrik yrgyldylary ses yrgyldylaryna öwürülýär.

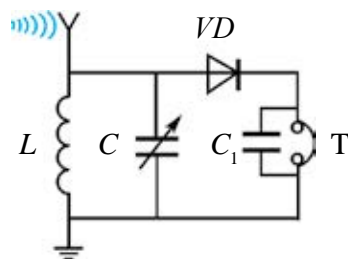


4.9-njy surat.

Radiopriyomnikiň nähili bloklardan ybaratdygy Size mälim. Indi iň ýönekeý radiopriyomnikiň nähili elementlerden ybaratdygyna we işleýşine garap geçeliň (4.10-njy surat).

Antenna gelip urlan radiotolkunlar onda elektromagnit yrgyldylaryny emele getirýär. Induktiv tegek (L) we üýtgeýän sygymly kondensator (C) yrgyldyly kontury emele getirýär. Üýtgeýän sygymly kondensatoryň kömeginde konturyň ýygyllygy, kabul edilmeli bolan radiostansiýanyň ýygyllygyna sazlanýar. Şeýdyp köp radiostansiýalaryň signallarynyň arasyndan gerekisi bölünip alnýar.

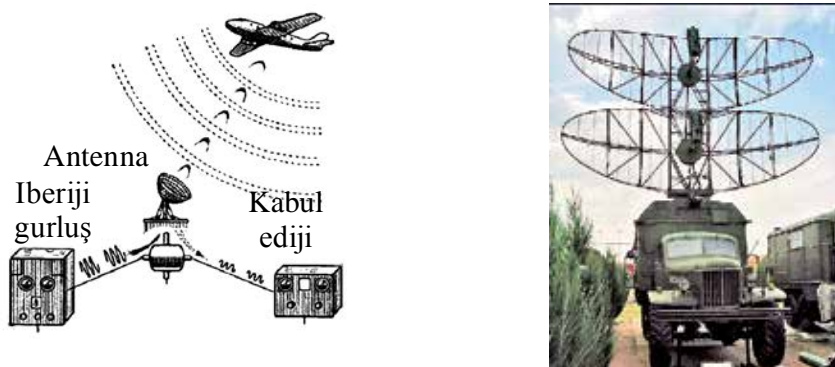
Mälim bolşy ýaly, iberilen habar ýokary ýygyllykly yrgyldylara goşulan ýagdaýda gelýär. Ýokarda aýdylyşy ýaly, olary bir-birinden bölüp bermegi demodulýator gurluşy amala aşyrylar. Oňa köplenç **detektirleme** diýilýär. Bu wezipäni ýarym geçirijili diod ýerine ýetirýär. Giriş konturynda emele gelen ýokary ýygyllykly naprýaženiýe VD diod C_1 kondensator we T telefon arkaly togy emele getirýär. Diod arkaly geçende ýokary ýygyllykly we pes ýygyllykly signallar bir-birinden aýrylýar. Ýokary ýygyllykly signallar C_1 kondensator arkaly, pes ýygyllykly signallar T telefon arkaly geçýär. Telefony gulaga tutup, arkaýyn



4.10-njy surat.

radiogepleşikleri eşitmek mümkin. Getirilen in ýönekeý radiopriýomnikde diod *detektor* wezipesini ýerine ýetirýänligi we başga elektron esbaplar ulanylmaýanlygy sebäpli bu priýomnige *detektorly priýomnik* diýilýär.

Elektromagnit tolkunlaryndan radiolokasiýada hem giňden peýdalanylýar (4.11-nji surat).



4.11-nji surat.

Öňki temada bellenip geçilişi ýaly, munda elektromagnit tolkunlarynyň yzyna serpilmе hadysasyndan peýdalanylýar. Radiolokasiýa kömeginde uçup barýan samolýotlaryň beýikligini, tizligini we nähili uzakdalygyny gaty takyk ölçemek mümkin. Munuň üçin radioiberiji örän gysga wagtyň içinde ölçürip ýakylsa, samolýota urlup yzyna serpilen radiotolkuny bellige almak mümkin.

Elektroapparaturanyň kömeginde tolkun iberilen we yzyna serpilен wagt aralygy Δt ölçense, elektromagnit tolkunlarynyň geçen ýoluny tapmak mümkin. $s = ct$. Munda: c – elektromagnit tolkunynyň tizligi. Tolkunyň obýekte çenli we ondan yzyna serilenligi üçin onuň geçen ýoly

$s = 2l$ bolýar. $l = \frac{ct}{2}$ – antennadan obýekte çenli bolan aralyk. Obýektiň giňişlikdäki ýerleşýän ornuny kesgitlemek üçin radiotolkunlary inçe şöhle şeklinde iberilýär. Munuň üçin antenna sferik görnüşe ýakyn şekilde ýasalýar.

Radiolokasion metod bilen Ýerden Aýa çenli hem-de Merkuriý, Wenera, Mars we Ýupiter planetalaryna çenli bolan aralyklar takyk ölçenen.

Mesele işlemegiň nusgasy

1. Radiolokator tolkun uzynlygy 15 cm bolan elektromagnit tolkunynyň kömeginde işleýär we her sekuntda 4000 impuls çykarýar. Her bir impulsyň dowamlylygy $2 \mu\text{s}$. Her bir impulsda näçe yrgyldy bolýandygyny we radiolokatoryň kömeginde nähili iň kiçi aralykdaky nyşany kesgitlemek mümkinligini tapyň.

Berlen:	Formulasý:	Çözülişi:
$\lambda = 15 \text{ cm}$	$N = \frac{t \cdot c}{\lambda} = \nu T$	$N = \left(\frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot 3 \cdot 10^8}{15 \cdot 10^{-2}} \right) = 4 \cdot 10^3.$
$n = 4000$	$L_{\max} = \frac{1}{2} c \left(\frac{1}{n} - t \right)$	$L_{\max} = \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot 10^8 \left(\frac{1}{4000} - 2 \cdot 10^{-6} \right) \text{ km} \approx$
$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$		$\approx 37,5 \text{ km}$
$t = 2 \mu\text{s} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ s}$		
Tapmaly:		Jogaby: 4000; $L_{\max} \approx 37,5 \text{ km}.$
$N = ?$		
$L_{\max} = ?$		



1. Radiopriýomnikde detektor nähili wezipäni ýerine ýetirýär?
2. Priýomnige giriş kontury näme üçin gerek?
3. Radiolokatoryň kömeginde obýekte çenli bolan aralyk nähili ölçelýär?
4. Iň ýönekeý radiopriýomnikde kodensatoryň sygymy 4 esse kemelse, radiopriýomnik kabul edýän elektromagnit tolkunynyň uzynlygy nähili üýtgär?



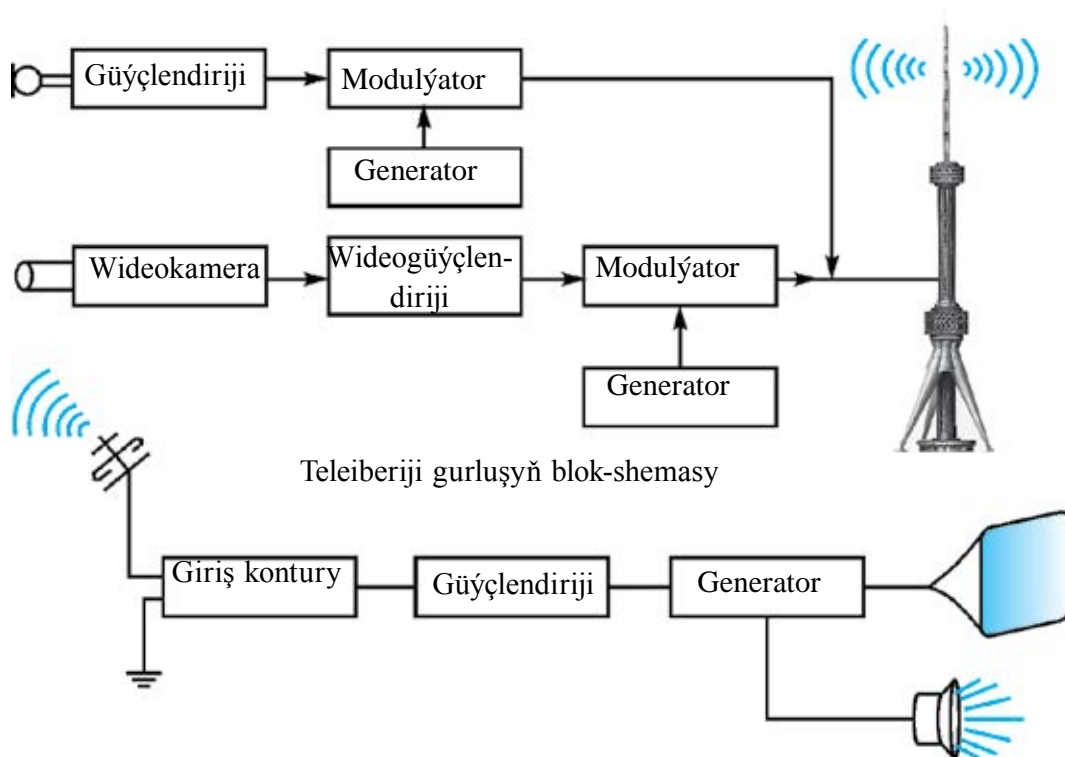
4.10-njy suratda getirilen detektorly priýomnigi ýasap, işledip görüň.

24-nji tema.

TELEWIDENIÝÄNIŇ FIZIKI ESASLARY. DAŞKENT – TELEWIDENIÝÄNIŇ WATANY

Häzirki günde telewizor görmeyän okuwçy bolmasa gerek. Bizi gurşaýan älem baradaky maglumatlary, dürli ýakymly gepleşikleri, multfilmleri hemme görýär. Mundan başga-da, durmuşymyza bolup geýän ýagşy günler, toýlar, döp-dessurlary we çäreleri-de teswire alyp, soňra islän günde gaýtadan görüp bileris. Aýa, Zöhre, Mars planetalaryna gönüden-göni barmazdan hem, onuň üstüni kosmos gämisine ornaşdyrylan telekameralaryň kömeginde görmegimiz hem telewideniýäniň üstünligi sebäplidir. Ýogsam, wideoteswirler bir ýerden ikinji ýere nähili iberilýär? Kabul edilen ýerde signallar ýene nähili edip teswire öwrülýär?

Şular ýaly soraglar okuwçylaryň aglabasyny gyzyklandyrýar, elbetde. Telegepleşikler amala aşyrylýan gurluşyň ýönekeý blok-shemasy 4.12-nji suratda getirilen.



4.12-nji surat.

Öňki temada ses yrgyldylary mikrofonyň kömeginde elektrik yrgyldylaryna öwürüländigini barada aýdylypdy. Edil şeýle teswir hem ilki elektrik signallaryna öwürilýär. Bu proses mahsus **wideokamera** diýlip atlandyrylýan gurluşda amala aşyrylýar. Wideokamerada alnan signallar mahsus elektron gurluşda güýçlendirilýär.

Modulýatorda, generatorda döredilen ýokary ýygyllykly elektromagnit yrgyldylara teswir signallary goşulýar. Teleiberiji gurluşda aýratyn radioiberiji bölegi bolup, onuň işleýşi öňki temada getirilen gurluşdan tapawutlanmaýar.

Teleiberiji gurluşyň ahirky blogunda modulirlenen ses we teswir signallary bitewilikde ýaýradýjy antenna berilýär.

Telepriýomnik gurluşyndaky antennada telesignallar elektrik yrgyldylaryna öwürilýär. Giriş konturynyň kömeginde gerekli ýaýlym

saýlanyp alynýar. Bölünip alnan güýçsüz signal mahsus elektron blokda güýçlendirilip, detektora berilýär. Detektor ýokary ýygylykly signaldan teswir we ses signallaryny bölüp berýär. Teswiriň signaly telewizoryň ekranyna, ses signaly radiokerneýe berilýär.

Häzirki zaman telewizorlary reňkli, sesi dürlüçe äheñde çykýan, aralykdan dolandyrylýan edip taýýarlanýar. Şoňa görä telewizorda ýokarda görkezilen bloklardan daşary başga bloklary hem bolýar.

Telehabarlar ýygylyklary 50 MHz we 230 MHz aralygynda bolan diapazonda ýaýradylýar. Şeýle tolkunlar diňe antennanyň görünýän araçäginde ýaýraýar. Şonuň üçin telehabar bilen uly çägi gurşamak üçin telehabar ýaýradyjylar beýikligini artdyrmak we olary dykyzrak ýerleşdirmek gerek bolýar. Teleýaýlymlary has-da uzaga ibermek üçin hemra aragatnaşyk ulgamyndan peýdalanmak mümkin.

Mälim bolşy ýaly, 1911-nji ýylyň 9-njy maýynda Sankt-Peterburgyň tehnologiýa institutynda B.L.Rozing gözenegiň gozganmaýan teswirini elektron şöhleli trubkanyň ekranında emele getirýär.

Telewideniýäniň mundan soňky ösüşi Daşkent bilen baglanyşykly. Orta Aziýa döwlet uniwersitetiniň laboranty Boris Pawlowiç Grabowskiý hereketli teswire eýe bolan telewizion apparaty döretmek bilen meşgullanypdyr. Inženerler W.I.Popow we N.G. Piskunowlar bilen hyzmatdaşlykda “radiotelefot” apparatynyň konstruksiýasyny işläp taýýarlaýarlar. Oňa 1925-nji ýylyň 9-njy noýabrynda kabul ediş belgisi № 4899 bolan güwänama we soň belgisi №5592 bolan patent berilýär. Bu proyekt häzirki zaman telewizion sistemasynyň ähli elementlerini öz içine alýar. Ýöne, bu “radio arkaly görmek” taslamasyny amala aşyrmak üçin goşmaça apparatura we esbaplar zerurdy. Şonda B.P. Grabowskiniň kömekçisi I.F.Belýanskiý Özbekistan MIK Prezidiumynyň başlygy Ý.Ahunbabaýewe kömek sorap ýüzlenýär. Respublikanyň ýolbaşçylary oýlap tapyjylara ýeterli derejede serişde goýberýär. Telewizion gurluş üçin Daşkendiň ähli kärhanalarynda we laboratoriýalarynda buýurmalar ýerine ýetirilýär.

Häzirki zaman telewizorynyň babasy “Telefot”yň resmi ýagdaýdaky synagy 1928-nji ýylyň 26-njy iýul güni okrug aragatnaşyk binasynda Orta Aziýa Döwlet Uniwersitetiniň professory N.N.Zlatowraskiniň başlyklygynda bolup geçýär. Onda birinji gezek hereketlenýän adamyň teswiri görünýär. 4-nji awgust güni Daşkent şäheriniň Alyşir Nowaýy köçesinde hereketlenýän tramwaýyň teswiri “telefot” arkaly görkezilýär. “Telefot” kämilleşdirildi:

onuň başga wariantlary taýýarlandy we gözlegler bütin dünýä alymlary, inženerleri tarapyndan alnyp barylyp, telewizorlar häzirki gündäki görnüşe eýe boldy. Şoňa görä “Telewideniýäniň watany – Daşkent” diýip göni aýdyp biliris.

* 1956-njy ýylda öňki Orta Aziýa respublikalarynyň arasynda birinjilerden bolup ak-gara reňkli telewizion merkezi Daşkentde işe düşdi. Öňki SSSR-de 1990-njy ýyla çenli diňe iki “Birinji (Moskwa)” we “Ikinji (Orbita)” bütinsoýuz kanaly bardy. Ýerlerde üçünji ýerli ýaýlym boýunça telegepleşikler alnyp barylypdyr. Daşkentde 4-nji ýaýlym hökmünde nobatma-nobat Gyrgyzystanyň we Täjigistanyň telewideniýesi alyp görkezilipdir. 5-nji ýaýlymda Gazagystanyň telegepleşikleri alyp görkezilipdir. 1956-njy ýylda Daşkentde beýikligi 180 m bolan teleminara gurlup, üzüksiz telegepleşikler berlip barypdyr. 1967-nji ýylda SEKAM atly reňkli telewideniýe sistemasy işe girizilýär 1978–85-nji ýyllarda Daşkent şäherinde Bozsuw kanalynyň sag kenarynda 375 m beýiklikde teleminara gurlup, işe düşürildi. Ýeriň astyndaky beýikligi 11 metr bolup, umumy agyrlыgy 6000 tonnadan artyk. Teleminara Merkezi Aziýada 1-nji orunda, jahanda Ostankinodan (Moskwa), Torontodan (Kanada), Togýodan (Ýaponiýa) soň 9 orunda bolupdyr. Özbegistanda 4 sany döwlet telekanaly ÖzTW–1, ÖzTW–2, ÖzTW–3 we ÖzTW–4 bolupdyr. Ahyrky ikisi Russiýanyň kanallaryny görkezipdir. 1998-nji ýylda 30-njy kanal diýlip atlandyrylýan birinji hususy telekenal işe düşýär. 2008-nji ýylda onuň ýygylygynda rus dilinde gepleşikler alyp barýan Sof TS öz işini başlapdyr. Soňky ýyllarda ençeme hususy telekenallar açyldy. 2017-nji ýylda bütin sutkanyň dowamynda işleýän “Özbegistan 24” kanaly öz işini başlady.



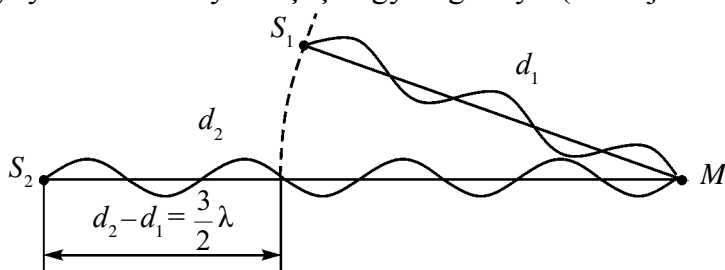
- 1. Telegepleşiklerde teswir nämäniň kömeginde elektrik signallara öwürilýär?*
- 2. Näme sebäpden Daşkendi telewideniýäniň watany diýilýär?*
- 3. Teleminaranyň beýikliginiň barha artmagy bilen telegepleşikleri ibermegiň uzaklygy nähili üýtgeýär?*



Öýüňizdäki telewizory işläp duranda bir ýaýlymdan, ikinji ýaýlyma çalşyryň, sesiniň belentligini üýtgediň. Pultuň kömeginde olar näme sebäpden üýtgeýändigini mümkinligi barada oýlap görüň.

Bahar wagtynda ýagyşdan soň asmanda peýda bolýan älemgoşar, sabynyň köpügi ýa-da asfalta dökülen ýagda görünýän reňkli öwüşginleri görüp lezzetlenýäris. Ýöne onuň peýda boluş sebäpleri barada oýlap görmeýäris. Munuň sebäbi ýagtylyk interferensiýasydyr. Interferensiýa hadysasy islendik tebigata eýe bolan tolkunlara mahsusdyr. Bu hadysanyň manysyna düşünmek üçin öwrenmegi mehaniki tolkunlaryň interferensiýasyndan başlaýarys.

Käbir gurşawda tolkunlar ýaýranda olaryň her biri bir-birinden özbaşdak ýagdaýda edil başga tolkunlar ýok ýaly ýaýraýar. Muňa tolkunlaryň ýaýraýyşynyň *superpozisiýa (özbaşdaklyk) prinsipi* diýilýär. Gurşawdaky bölejigiň islendik wagtdaky jemleýji süýşmegi bölejik gatnaşýan tolkun prosesleriniň süýşmesiniň *geometrik jemine* deň bolýar. Meselem, gurşawda iki tolkun ýaýraýan bolsa, olar ýetip gelen nokatdaky bölejigi bir-birinden özbaşdak ýagdaýda yrgyldadýar. Eger bu tolkunlaryň ýygylyklary deň we fazalar tapawudy hemişelik bolsa, duşuşan nokadynda olar bir-birini güýçlendirýär ýa-da gowşadýar. Bu hadysa tolkunlaryň interferensiýasy diýilýär. Ýygylyklary deň we fazalar tapawudy hemişelik bolan tolkunlara **kogerent tolkunlar** diýilýär. Diýmek, kogerent tolkunlaryň duşuşanda bir-birini güýçlendirmegi ýa-da peseltmegi hadysasyna **tolkunlaryň interferensiýasy** diýilýär. Nähili ýagdaýda olar bir-birini güýçlendirýär ýa-da gowşadýar? Muny öwrenmek üçin suwuň üstünde iki kogerent S_1 we S_2 çeşmeden çykýan tolkunlaryň duşuşmagyna garalyň (4.13-nji surat).



4.13-nji surat.

S_1 çeşmeden çykan tolkunyň M nokada çenli geçen aralygy d_1 , S_2 çeşmeden çykan tolkunyň M nokada çenli geçen aralygy d_2 bolsun. Onda $d_2 - d_1 = \Delta d$ – tolkunlaryň ýolunyň tapawudy diýilýär. Eger ýoluň tapawudy ýarym tolkun uzynlygynyň jübüt sanyna kratny bolsa:

$$\Delta d = 2k \frac{\lambda}{2} \quad (k=0, 1, 2, \dots), \quad (4-6)$$

bu nokatda yrgyldylaryň güýçlenýändigini görmek bolar. (4–6) gatnaşyga interferensiýanyň maksimum şerti diýilýär.

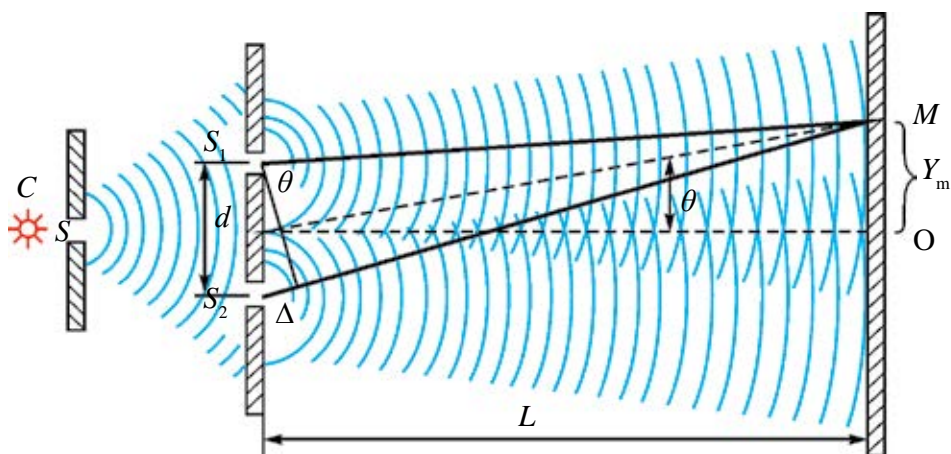
Ýoluň tapawudy ýarym tolkun uzynlygynyň täk sanyna kratny bolsa:

$$\Delta d = (2k+1) \frac{\lambda}{2} \quad (k=0, 1, 2, \dots), \quad (4-7)$$

bu nokatda yrgyldylaryň peselýändigini görmek bolar.

Ýagtylygyň interferensiýasy tolkunlaryň interferensiýasynyň hususy haly hasaplanýar. Ony görmek üçin iki kogerent çeşmeden çykan ýagtylyk tolkunlaryny giňişligiň mälum bir nokadynda duşuşdyrmaly. Ýöne iki aýratyn çeşmäni näçe saýlasak-da olardan çykan ýagtylyk, şöhleleri kogerent bolmaýar. Şoňa görä, esasan bir çeşmeden çykan ýagtylyk şöhlesini emeli ýagdaýda ikä bölüp, kogerent tolkunlar alynýar.

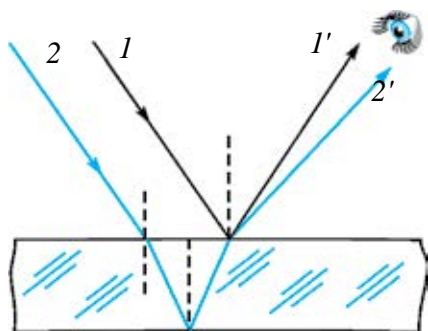
1. Ýunguň metody (1801-nji ýyl). Onuň metody 4.14-nji suratda getirilen. Gün şöhlesi garaňky otaga kiçi S deşikden girýär. Bu şöhle iki S_1 we S_2 deşikden geçip, iki şöhlä bölünýär. Olar ekranda duşuşanda merkezi bölekde ak polosany, çetki böleklerinde reňkli polosalary emele getirýär. Ýung öz tejribelerinde ýagtylygyň tolkun uzynlygyny takyk tapýar. Spektriň çetki melewşe bölegi üçin tolkun uzynlygy $0,42 \mu\text{m}$, gyzyl ýagtylyk üçin $0,7 \mu\text{m}$ -i alýar.



4.14-nji surat.

2. Ýuka plýonkalardaky reňkler.

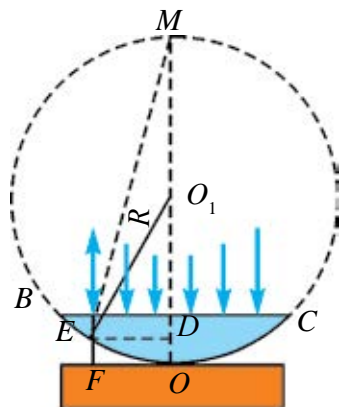
Asfalta dökülen ýag we sabynyň köpügin-däki reňklere dolanalyň. Ak ýagtylyk ýuka plýonka düşýän bolsun (4.15-nji surat). Düşýän tolkununyň bir bölegi (1 tolkun) plýonkanyň üstki böleginden serpilýär. Bir bölegi plýonkanyň içine geçip, onuň aşaky üstünden serpilýär (2 tolkun).



4.15-nji surat.

Serpilen iki tolkun hem (1' we 2') ýörän ýollary bilen tapawutlanýar. Olar gözde duşuşanda interferensiýa görnüşi görünýär. Ak ýagtylyk tolkun uzynlygy 380-den 760 nm aralykda bolan tolkunlardan ybarat bolanlygyndan kabul edijiniň dürli nokatlarynda bir-birini güýçlendirýär we reňkli teswir görünýär.

3. Nýutonyň halkalary. Ýuka plastinanyň üstüne güberçek üste eýe bolan linza goýlan bolsun (4.16-njy surat). Munda ýasy parallel plastina we oňa O nokatda degýän linzanyň üstüniň aralygynda howa gatlagy bolýar. Linzanyň ýasy meýdanyna düşen ýagtylyk howa gatlagynyň üstki we astky üstünden serpilýär. Bu şöhleler duşuşanda interferension görnüş görünýär.



4.16-njy surat.

Eger gurluş monohromatik ýagtylyk bilen ysýklandyrylsa, interferension görnüş ýagty we garaňky halkalar şeklinde bolýar. Eger gurluş ak ýagtylyk bilen ysýklandyrylsa, linzanyň tekizlige degýän nokadyndan serpilen ýagtylykda garaňky menek görünýär. Onuň töwereginde reňkli halkalar ýerleşýär. Degişli sifrdäki halkanyň diamet-rini ölçäp, ýagtylygyň tolkun uzynlygyny ýa-da linzanyň egrilik radiusyny kesgitlemek mümkin:

$$r_{\text{ýagt.}} = \sqrt{\left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda R} \text{ -- ýagty halkalaryň radiusy; } R \text{ -- linzanyň egrilik radiusy, } m=0, 1, 2, 3 \dots$$

$$r_{\text{gar}} = \sqrt{m\lambda R} \text{ -- garaňky halkalaryň radiusy.}$$

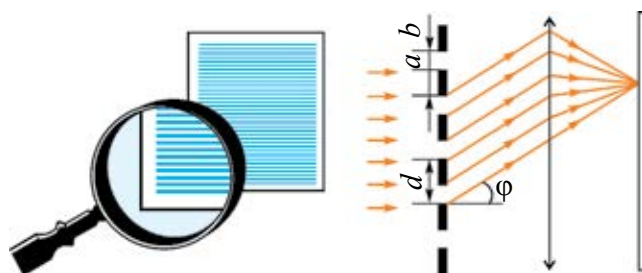
Ýagtylygyň difraksiýasy. Ýagtylygyň öz ýolunda duşan päsgelçiligiň çetki bölegine girýändigini adamlar ep-esli öň duýupdyrlar. Bu hadysanyň ylmy düşündirişini birinji bolup F. Grimaldi beripdir. Ol zatlaryň aňyrsynda peýda bolýan kölegäniň öçügsiräk çykýandygyny düşündirýär. Ol bu hadysany difraksiýa diýip atlandyrýar. Şeýlelikde, *tolkununyň öz ýolunda duşan päsgelçiligi aýlanyp geçmegine tolkunlaryň difraksiýasy diýilýär.* Munda ýagtylygyň göni çyzyk boýunça ýaýraýyş kanuny ýerine ýetirilmeýär. Difraksiýa hadysasyny görmek üçin päsgelçiligiň ölçegi oňa düşýän tolkun uzynlygyndan kiçi bolmalydyr. Ýagtylygyň difraksiýasyny dar deşikden ýagtylyk geçende-de görmek mümkin. Munda-da deşigiň ölçegi oňa düşen ýagtylyk tolkunynyň uzynlygyndan kiçi bolmaly.

Ýagty we anyk difraksion görnüşi almak we syn etmek üçin difraksion gözenekden peýdalanylýar. Difraksion gözenek–ýagtylyk difraksiýasy syn edilýän köp sanly päsgelçilikler we yşlar jeminden ybarat. Difraksion gözenegiň deşikleriniň ýerleşişine garap iki görnüşe bölünýär: *tertipli (üzniüksiz) we tertipsiz difraksion gözenekler.*

Tertipli difraksion gözenekde, deşikleri mälum bir berk tertipde ýerleşýän bolýar. Tertipsiz difraksion gözenekde, deşikleri tertipsiz ýerleşýän bolýar.

Ýasy tertipli difraksion gözenegi taýýarlamak üçin almazyň kömeginde dury plastina parallel we bir-birine örän ýakyn ýerleşýän çyzyklar çekilýär. Çekilen çyzyklar päsgelçilik, olar arasy deşik wezipesini ýerine ýetirýär. Deşigiň ini a , päsgelçiligiň ini b bolsun. Onda $a+b=d$ **gözenegiň hemişeligi** ýa-da **periody** diýilýär.

Ýagtylygyň difraksion gözenekden geçişine garalyň (4.17-nji surat).



4.17-nji surat.

Munda monohromatik şöhle gözenegiň deşikleriniň tekizligine dik düşýän bolsun. Deşikden geçen şöhleler difraksiýa hadysasy sebäpli φ burça gyşarýar. Olary toplap, ekrana düşürilýär. Ekranda difraksion görnüş – garmtyl reňkli aralyklar bilen bölünen ýagty polosalar hatary görünýär.

Munda gözenek hemişeligi d , ýagtylygyň tolkun uzynlygy λ , şöhläniň gözenekde gysarma burçy φ aşakdaky formulanyň kömeginde baglanan bolýar:

$$d \sin \varphi = n \lambda; \quad (4-8)$$

munda: n – difraksion maksimumlaryň tertip nomeri. Eger $n = k$ ($k = 0, 1, 2, \dots$) bolsa, şöhleler duşuşanda bir-birini güýçlendirýär. $n = \frac{2k+1}{2}$ bolanda şöhleler bir-birini gowşadýar.

Ýagtylykda bolýan interferensiýa we difraksiýa hadysalary onuň tolkun aýratynlygyna eýedigini tassyklaýar. Bu hadysalardan tehnikada peýdalanylýar. Meselem, interferometr diýlip atlandyrylýan esbap gaty duýgur bolup, onuň bilen örän kiçi burçlary takyk ölçemek, ýagtylygyň tolkun uzynlygyny kesgitlemek, kiçijik kesimleriň uzynlygyny kesgitlemek, dürli maddalaryň şöhle döwme görkezijisini kesgitlemek, üstüň bütür-südürligini barlamak we ýalpyldama derejesini kesgitlemek mümkin.

Mesele çözmegiň nusgasy

1. Difraksion gözenege tolkun uzynlygy 500 nm bolan monohromatik ýagtylyk düşýär. Ikinji tertipli spektr 30° burç astynda görünse, şu gözenegiň hemişeligi nämä deň?

Berlen:	Formulasý:	Çözülişi:
$\lambda = 500 \text{ nm} = 500 \cdot 10^{-9} \text{ m}$	$d \sin \varphi = n \lambda$	$d = \frac{2 \cdot 500 \cdot 10^{-9}}{\sin 30^\circ} \text{ m} =$
$n = 2$		$= \frac{10^{-6}}{0,5} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ m}.$
$\varphi = 30^\circ$	$d = \frac{n \lambda}{\sin \varphi}$	
Tapmaly		Jogaby: $2 \cdot 10^{-6} \text{ m}.$
$d = ?$		



1. Nämе sebäpden birmeňzeş kuwwata eýe bolan we bir kärhana öndüren iki çyradan çykan ýagtylyk interferensiýa emele getirmeyär?
2. Difraksiýa hadysasyndan haýsy ýerlerde peýdalanmak mümkin?
3. Difraksion gözenekde bolýan spektriň tertip nomeri çäklimi?
4. Interferensiýa hadysasy bolanda ýoluň tapawudy $3,5 \lambda$ -a deň bolsa, nämе bolýar?

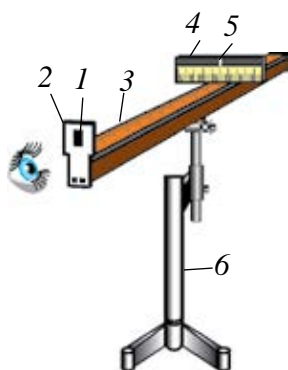


Kompýuteriň diski we lazer bilen interferensiýa we difraksiýa degişli tejribe geçiriň.

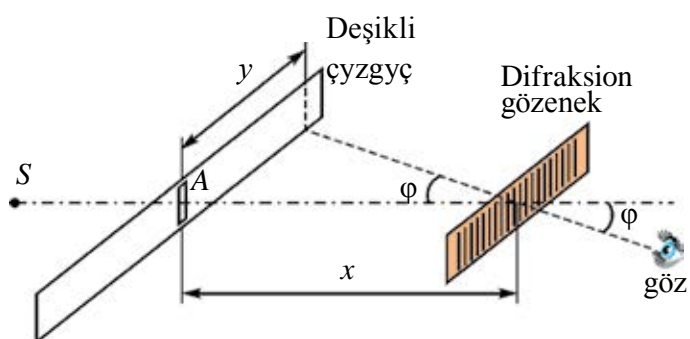
26-njy tema. LABORATORIYA IŞI: DIFRAKSION GÖZENEGIŇ KÖMEGINDE ÝAGTYLYGYŇ TOLKUN UZYNLYGYNÝ KESGITLEMEK

Işň maksady. Ýagtylygyň tolkun uzynlygyny difraksion gözenegiň kömeginde kesgitlemegi öwrenmek.

Gerekli esbaplar we enjamlar. 1. Gözenek hemişeligi $\frac{1}{100}$ mm ýa-da $\frac{1}{50}$ mm bolan difraksion gözenek. 2. Ýagtylyk çeşmesi. 3. Ortasynda deşigi bolan gara ekran. 4. Millimetrli masştaba eýe bolan uzyn we gysga çyzgyçlar. 5. Esbaplar ornaşdyrylan gurluş (4.18-nji surat).



4.18-nji surat.



4.19-njy surat.

Işň ýerine ýetirilişi. Esbaplar ornaşdyrylan gurluşyň (6) üstüne millimetrli masştaba eýe bolan uzyn çyzgyç (3) ornaşdyrylýar. Onuň bir ujuna ortasynda deşigi (5) bolan gara ekran (4) ýerleşdirilýär. Gara ekranda millimetrli masştabaly gysga çyzgyç berkidilen. Gara ekran uzyn çyzgyç boýunça süýşüp bilýän ýagdaýda ornaşdyrylýar. Uzyn çyzgyjyň ikinji ujundaky tutawaja (2) difraksion gözenek (1) ornaşdyrylýar. Ýagtylyk çeşmesi işe düşürilýär. Gözenek we deşik arkaly ýagtylyk çeşmesine garalsa, deşigiň iki tarapynda difraksion spektrleriň birinji, ikinji we ş.m. nomerleri görünýär. Deşikli çyzgyjy ýa-da difraksion gözenegi uzyn çyzgyç boýunça süýşürüp, birinji nomerdäki gyzyň şöhlä şkaladaky bitin sanyň garşysyna getirilýär. Deşikden saýlanan şöhlä çenli bolan aralyk y anyklap alynýar (4.19-njy surat). Soňra difraksion gözenekden deşikli çyzgyja çenli bolan aralyk x ölçäp

alynýar. Munda $y \ll x$ bolýanlygyndan $\sin\varphi \approx \text{tg}\varphi$ diýlip alynýar. $\text{tg}\varphi = \frac{y}{x}$ bolýandygyny hasaba alyp (4–8) formuladan ýagtylygyň tolkun uzynlygy hasaplanýar:

$$\lambda = \frac{d \sin \varphi}{n} = \frac{d \text{tg} \varphi}{n} = \frac{d \cdot y}{n \cdot x};$$

munda: λ – ýagtylyk şöhesiniň tolkun uzynlygy, d – gözenek hemişeligi.

Tejribe ikinji we üçünji nomerdäki gyzyl şöhle üçin geçirilýär. Şoňa meňzeş tejribeler çep tarapda ýerleşýän spektrler üçin ýerine ýetirilýär.

Ölçeg we hasaplama netijeleri aşakdaky jedwele ýazylýar.

Şöhläniň reňki	x , mm	y , mm	n , spektriň tertip nomeri	λ , nm	λ_{ort} , nm	$\Delta\lambda = \lambda_{\text{ort}} - \Delta\lambda $	$\Delta\lambda_{\text{ort}}$	Otnositel ýalňyşlyk $E_{\text{otn}} = \frac{\Delta\lambda_{\text{ort}}}{\lambda_{\text{ort}}}$

Alnan netijeleriň ortaça bahasy, absolýut we otnositel ýalňyşlyklar hasaplanýar.

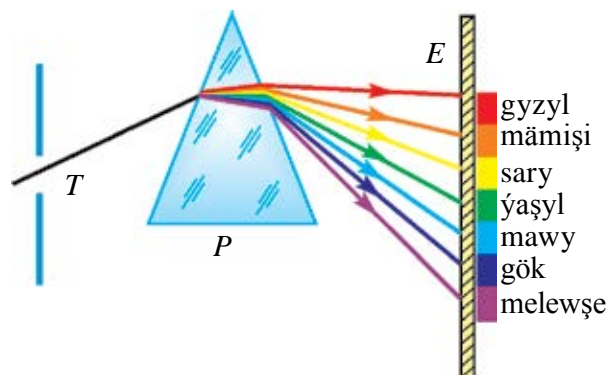
Netijeler sag we çep taraplar üçin deňşdirilýär.



1. *Tejribeleriň anyklygy spektriň tertip nomeriniň barha artmagy bilen nähili üýtgeýär?*
2. *Difraksion gözenegiň peiodynyň barha artmagy ölçegleriň takyklygyna nähili täsir edýär?*
3. *Tejribe monohromatik şöhle (lazer şöhesi) bilen geçirilse, nähili görnüş görüňýär?*
4. *Ak şöhle bilen tejribe geçirilse, difraksion görnüşyň merkezinde näme sebäpden ak polosa emele gelýär?*

27-nji tema. ÝAGTYLYGYŇ DISPERSIÝASY. SPEKTRAL ANALIZ

Dürli hili jisimleriň we maddalaryň reňki baradaky sorag adamlary gadyndan gyzyklandyryp gelipdir. Näme sebäpden Gün gözýetimde batanda gyzaryp batýar? Näme sebäpden älemgoşar emele gelýär? Ýagtylyk käbir minerallardan geçende olar näme sebäpden reňkli döwülýär? ýaly soraglara jogaby diňe Nýutonyň zamanyna gelip jogap tapmak mümkin boldy. 1666-njy ýylda I.Nýuton özi geçiren tejribesi barada aşakdakylary ýazypdyr: “Men dürli şekildäki optiki çüýşeleri işläp bejeren wagtda reňk baradaky mälüm hadysalary barlamak üçin üçburçly çüýşe prizmany taýýarladym. Şu maksatda men otagymy garaňky etdim we gün şöhlesiniň düşmegi üçin äpişgäniň penjiresine örän kiçi deşik ýasadym. Şu deşiğe men prizmany ondan döwlen şöhle diwara düşýän edip ýerleşdirdim. Şeýle usulda alnan dürli-dürli we güýçlendirilen reňkleri görmek we synlamak mende uly gyzyklanma döretdi”. Ýagtylyk prizma arkaly geçende peýda bolan her hili reňkler toplumyny Nýuton **spektr** (latynça spektrum—görüş) diýip atlandyrypdyr (4.20-nji surat).



4.20-nji surat.

Nýuton deşiği gyzyly reňkli çüýşe bilen ýapanda diwarda diňe gyzyly reňkli menegi, ýaşyl reňkli çüýşe bilen ýapanda diňe ýaşyl menek bolýandygyny görýär. Munda ol olaryň döwülmesini hem öwrenýär we her hili reňkler dürlüçe döwülýändigini aňýar.

Meselem, gyzyly reňk başgalaryna garanda kem döwülse, melewşe reňk bolsa hemmesinden güýçli döwülýär.

Nýuton munuň sebäbini bilmeýär. Ýöne bu tejribe ak reňkiň, çylşyrymly reňkdigini görkezýär. Ol esasan ýedi reňkden ybarat eken: gyzyly, mämişi,

sary, ýaşyl, mawy, gök we melewşe. Ak reňkiň çylşyrymlydygyny subut edýän Nýutonyň ýene başga tejribeleri bar. I.Nýuton tegelek alyp, ony sektor görnüşinde esasy ýedi reňke boýap goýýar. Bu tegelek dwigateliň aýlanma okuna berkidilýär. Aýlawyň mälim bir tizliginde reňkli tegelek ak bolup görünýär.

Eger birinji prizmadan geçip, reňklere bölünen ýagtylygyň ýoluna birinji prizma görä 180° -a öwrülen prizma goýulsa, bu prizma ýygnaýjy linzanyň wezipesini yerine ýetirýär. Ondan çykan ýagtylyk dessesi toplanan nokadynda ak reňke bolýar (4.21-nji surat).



4.21-nji surat.

Nýutonyň açyş eden bu hadysasy ýagtylygyň dispersiýasy (latynça disperse – saçyp taşlamak) diýen ady aldy. Şeýdip, Nýuton Günden gelyän ak şöhle ähli reňkli şöhleleriň ýygnyndysyndan ybaratdygyny subut edýär. Gün şöhleleri astynda zatlaryň we predmetleriň dürli reňke görünmeginiň sebäbi, olar käbir reňkleri siňdirmegi, käbirlerini bolsa serpikdirmegidir. Absolýut gara jisim ähli şöhleleri siňdirýär, ak jisim bolsa serpikdirýär.

Ýagtylygyň tolkun nazaryýetine görä, ýagtylyk – giňişlikde örän uly tizlik bilen ýaýraýan tolkunlardyr. Onuň reňki, ýygnylygyna bagly.

Ýagtylyk tolkunlarynyň tolkun uzynlygy örän kiçi. Meselem, gyzyl şöhle iň uly tolkun uzynlygyna eýe bolup, onuň bahasy $\lambda_q = 7,6 \cdot 10^{-7}$ m-a deň. Iň kiçi tolkun uzynlygy melewşe şöhlesine degişli bolup, onuň ululygy $\lambda_b = 3,8 \cdot 10^{-7}$ m. Başga şöhleleriň tolkun uzynlygy olaryň aralygynda ýatýar.

1873-nji ýylda iňlis alymy J.Makswell ýagtylygyň $c = 3 \cdot 10^8$ m/s tizlik bilen ýaýraýan elektromagnit tolkunlardan ybaratdygyny nazary taýdan subut edýär. Bu nazaryýeti G. Gers tejribede tassyklandygy Size mälim.

Bir gurşawdan ikinjisine ýagtylyk geçende onuň tolkun uzynlygy üýtgeýär, ýöne ýygnylygy üýtgemeýär. Bize mälim, bolşy ýaly tolkun tizligi v , onuň uzynlygy λ we ýygnylygy ν özara aşakdaky ýaly baglanan:

$$v = \lambda\nu.$$

Mundan gurşawda dürli reňke eýe bolan şöhleleriň dürli tizlik bilen ýaýraýşy gelip çykýar. Eger gurşawyň şöhle döwme görkezijisi n -iň ýagtylygyň wakuumdaky ýaýraýş tizligi c we gurşawdaky ýaýraýş tizligi v bilen baglylygy (9-njy synpdan ýada salyň)

$$n = \frac{c}{v}$$

hasaba alynsa, gurşawyň şöhle döwme görkezijisi dürli şöhleler üçin dürlüçe bolýandygy gelip çykýar.

Şöhle döwme görkezijisiniň ýagtylygyň tolkun uzynlygyna baglylygyna dispersiýa diýilýär.

Bu – dispersiýa berlen ikinji kesgitlemedir. Mundan prizmadan geçen şöhleler näme üçin dürli burça gýşarmagynyň sebäbini düşünmek bolýar. Diýmek, gyzyl şöhleleriň islendik gurşawdaky tizligi melewşe şöhläniňkiden uly bolýar. Meselem, suwda $v_q = 228\,000$ km/s, $v_b = 227\,000$ km/s, uglerod sulfidde $v_q = 185\,000$ km/s, $v_b = 177\,000$ km/s. Wakuumda ýagtylyk dispersiýasy bolmaýar, çünki onda hemme ýagtylyk tolkunlary birmeňzeş tizlik bilen ýaýraýar.

1807-nji ýylda inlis fizigi Tomas Ýung gyzyl, ýaşyl we mawy reňkleri kombinirläp, ak reňki almagyň mümkindigini subut edýär. Şonuň ýaly-da, gyzyl, ýaşyl we mawy reňkleri kombinirläp, başga reňkleri almak mümkin (4.22-nji surat).



4.22-nji surat.

Gyzyl, ýaşyl we mawy reňkleri Ýung birlenji şöhleler diýip atlandyrýar. Şol birinji reňkleriň hiç birini başga hiç hili reňkleriň kombinirläp almak mümkin däl. Muny ekrana gyzyl, ýaşyl we mawy reňkli ýagtylygy düşürüp aňsat barlamak mümkin. Ähli üç reňk birleşen ýa-da goşulan ýerde ak reňk emele gelýär. Gyzyl reňk bilen mawy reňk goşulanda – garamtyl;

gyzyl we ýaşyl reňk goşulanda sary reňk emele gelýär. Häzirki zaman telewizorlarynda we kompýuteriň ekranlarynda reňkli teswir ynha şu üç reňkiň goşulyşmagyndan alynýar.

Dürli ýagtylyk çeşmelerinden çykan ýagtylygy prizmadan geçirip görülse, hiç biri-de (lazerden daşary) monohromatik, ýagny hut bir ýygylyga eýe bolan şöhläni çykarmaýan eken. Gyzdyrylan maddalar hem özboluşly spektrdäki şöhleleri çykarýar. Olaryň spektrini üç görnüşe bölmek mümkin.

Üznüksiz spektr. Günün spektri ýa-da nakal süýümlü çyradan çykan ýagtylyk üznüksiz spektre eýe bolýar. Madda gaty ýa-da suwuk halynda bolanda hem-de güýçli gysylan gazlar çykarýan ýagtylyk üznüksiz spektre eýe bolýar.

Polosaly spektr. Käbir bir-biri bilen baglanmadyk ýa-da güýçsüz baglanan molekulalar çykarýan ýagtylyk polosa görnüşine eýe bolýar. Polosalar bir-birinden garaňky ýodalar bilen bölünen bolýar.

Çyzykly spektrler. Şeýle spektrde diňe bir çyzyk bolýar. Şeýle spektri bir-biri bilen baglanmadyk atomlar çykarýar. Bir-birinden bölünen atomlar bir tolkun uzynlygyna eýe bolan şöhläni çykarýar.

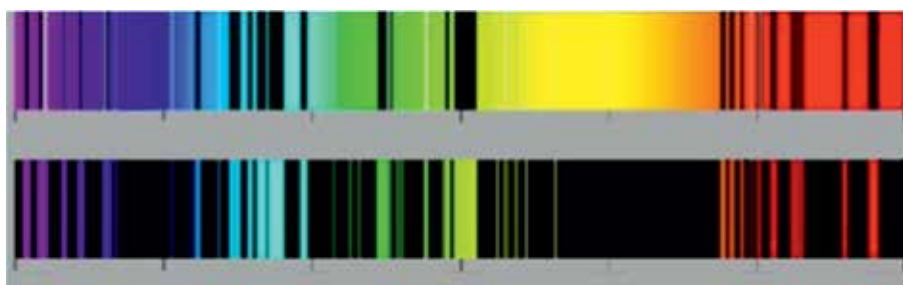
Siňdirme spektrleri. Çyradan çykýan ýagtylygyň ýoluna gyzyl çüýşe goýulsa, ondan diňe gyzyl ýagtylyk geçýär we galan şöhleler siňip galýar. Eger ak şöhläni şöhlelenmeýän gaz arkaly geçirilse, çeşmäniň üznüksiz spektriniň fonunda gara çyzyklar peýda bolýar. Muňa sebäp, gaz mälüm bir ýygylykly şöhleleri siňdirmegidir. Barlaglardan görnüşi ýaly, gaz gyzan wagtynda nähili ýygylykly şöhleleri çykarsa, şeýle ýygylykly şöhleleri siňdirýän eken.

Islendik himiki element özboluşly spektre eýe bolýar. Her bir adamyň barmak yzlary diňe özboluşly bolşy ýaly, bir elementiň spektri başgasynyňka meňzemeýär.

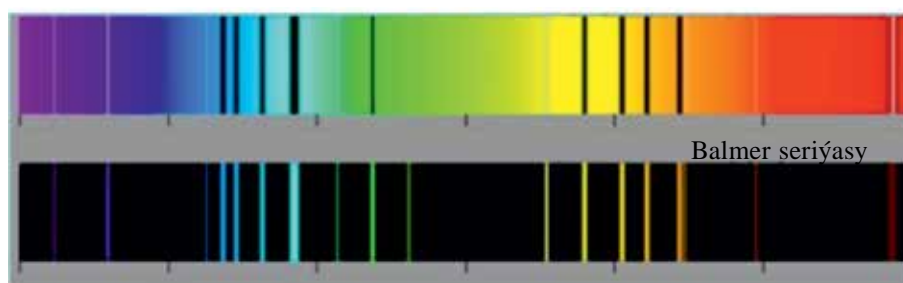
Ynha şu aýratynlyga görä, maddanyň himiki düzümini kesgitlemäge **spektral analiz** diýilýär. Bu örän duýgur usul bolup, barlamak üçin zerur bolan maddanyň massasy 10^{-10} g-dan geçmeýär.

Şeýle analiz köpräk hil karakterine eýe bolýar, ýagny maddada haýsy elementiň bardygyny anyk aýdyp bermek mümkin. Ýöne, onuň näçe mukdarda bolýandygyny kesgitlemek kyn. Çünki, maddanyň temperaturasy pes bolanda ençeme spektral çyzyklar görünmeýär.

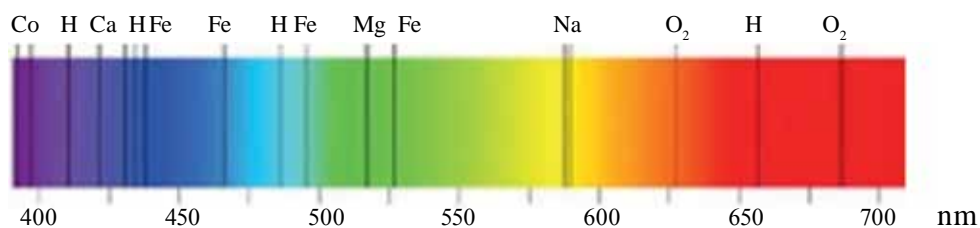
Häzirki döwürde ähli atomlaryň spektri anyklyan bolup, jedweli düzülip goýlan (4.23-nji surat). Spektral analiz usuly bilen rubidiý, seziý we başga ençeme elementler açylan. Seziý sözi “asmanreňk-mawy” diýen manyny aňladýar.



Stronsiý elementiniň spektri



Sink elementiniň spektri



4.23-nji surat.

Hut spektral analiziň kömeginde Günüň we ýyldyzlaryň himiki düzümini kesgitlemek mümkin boldy. Başga usullar bilen olary anyklyp bolmaýar. Geliý elementi ilki Günde, soňluk bilen Ýeriň atmosferasynda tapylandygyny aýtmak ýerliklidir. Elementiň ady geliý “günli” diýen manyny aňladýar. Spektral analizi diňe bir şöhle çykaryş spektri arkaly däl, eýsem siňdirme spektriniň kömeginde-de geçirilýär.

Mesele çözmegiň nusgasy

1. Linzanyň şöhle döwme görkezijisi gyzyň şöhle üçin 1,5-a, melewşe şöhle üçin 1,52-ä deň. Linzanyň iki tarapy birmeňzeş egrilik radiusyna deň bolup, 1 m-e deň. Gyzyň we melewşe şöhleler üçin linzanyň fokus aralyklarynyň arasyndaky tapawudy anyklaň.

Berlen:	Formulasý:	Çözülişi:
$n_q = 1,5$	$\frac{1}{F} = (n-1) \frac{2}{R}$	$F_q = \frac{1}{2(1,5-1)} \text{ m} = 1 \text{ m.}$
$n_b = 1,52$		
$R = 1 \text{ m}$	$F = \frac{R}{2(n-1)}$	$F_d = \frac{1}{2(1,52-1)} \text{ m} = 0,961 \text{ m.}$
Tapmaly:		
$\Delta F = ?$		
	$\Delta F = F_q - F_b$	Jogaby: 3,9 cm.



1. Näme sebäpden ak şöhle prizmadan geçende reňkli şöhlelere bölünip gidýär?
2. Näme sebäpden äpişgäniň aýnasy arkaly geçen Gün şöhlesi spektre bölünmeýär?
3. Gün şöhlesi suwuklykdan geçende spektre bölünmegi mümkinmi?
4. Spektral analiziň kömeginde suwuklygyň düzümini anyklap bolarmy?
5. Difraksiýa sebäpli emele gelen spektr bilen dispersiýa spektriniň arasynda nähili tapawut bor?

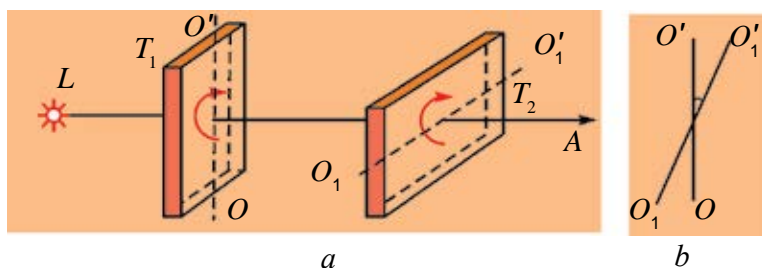
28-nji tema. ÝAGTYLYGYŇ POLÝARLANMAGY

Ýagtylygyň interferensiýasy we difraksiýasy hadysalary ýagtylygyň tolkun tebigatyna eýedigini tassyklady. 10-njy synpdan tolkunlaryň iki görnüşde: boý we kese tolkunlara bölünýändigini Size mälim. Boý tolkunlarda gurşawyň bölejikleriniň yrgyldy ugry, tolkunyň ýaýraýyş ugry bilen bir ugurda bolmagy, kese tolkunlarda bolsa olar özara perpendikulýar bolýandygy hem Size mälim.

Uzak wagtyň dowamynda tolkunlar optikasyny esaslandyryjylar Ýung we Frenel ýagtylyk tolkunlaryny boý tolkunlar diýip hasaplapdyrlar. Çünki boý mehaniki tolkunlar gaty, suwuk we gaz şekilli gurşawda ýaýrap bilýär. Kese mehaniki tolkunlar bolsa diňe gaty jisimlerde ýaýrap bilýär. Ýöne ençeme

geçirilen tejbirelerde ýagtylyk tolkunlaryny, boý tolkunlar diýip garalsa, düşündirmek mümkin dældigini görkezdi. Şeýle tejbirelerden birine garalyň.

Turmalin kristalyndan onuň kristallik gözeneginiň oklaryndan birine parallel ýerleşýän tekizlik boýunça plastina gyrkyp alnan bolsun. Bu plastinany ýagtylyk şöhesine perpendikulýar ýerleşdireliň (4.24-nji surat).



4.24-nji surat.

Bu plastinany ýagtylyk şöhesiniň ugrunda geçen okuň daşynda ýuwaşja aýlalyň. Munda turmalinden geçen ýagtylygyň intensiwliginde hiç hili özgeriş bolmandygyny görýäris. Tejbiräni T_1 plastinadan soň ýene şeýle T_2 plastinany goýup gaýtalaýarys. Bu gezek T_1 plastinany dynçlykda galdyryp, T_2 plastinany okuň daşynda ýuwaşja aýlaýarys. Munda iki plastinadan geçen ýagtylygyň intensiwliginiň barha üýtgeýändigini görýäris. Ýagtylygyň intensiwligi T_2 plastinanyň T_1 -e görä öwrülişine garap (4.24-nji b surat) mälim bir maksimal bahasyndan tä nola çenli kemeler eken. Barlaglardan görnüşi ýaly, eger iki plastinanyň oklary parallel bolsa, geçen şöhläniň intensiwligi ýokary bolýar, perpendikulýar bolsa, nola deň bolýar. Tejbirelerden görnüşi ýaly, geçen ýagtylygyň intensiwligi $\cos^2\alpha$ -a bagly bolýan eken.



4.25-nji surat.

Bu hadysany düşündirmek üçin boý we kese tolkunlaryň gözenekden geçişine garalyň (4.25-nji surat).

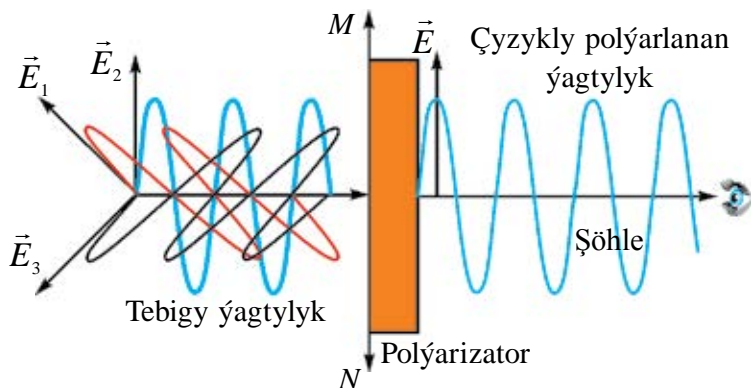
Ýüp alyp, onuň bir ujuny berkidýäris. Ikinji ujuny iki gözenegiň deşikleriniň arasyndan geçirip silkýäris. Munda ýüp boýunça kese tolkunlar emele gelýär. Birinji ýagdaýda gözenegiň agaçlary parallel bolanlygy sebäpli ýüpdäki tolkunlar iki gözenekden arkaýyn geçýär. Eger ikinji gözenegi kese ýerleşdirilse,

ondan tolkun geçmezden togtaýar. Tejribäni boý tolkunlar bilen geçirilse, olaryň iki gözenekden hem arkaýyn geçendigini görmek mümkin.

Ýagtylygyň turmalin plastinkalary bilen syn edilen hadysalary kese mehaniki tolkunlaryň gözeneklerden geçişi bilen deňeşdirilse, olaryň meňzeşdigi gelip çykýar. Mundan ýagtylyk tolkunlarynyň, kese tolkunlardygy gelip çykýar.

4.25-nji suratda birinji gözenegi kese goýulsa, ondan tolkun geçmeýär. Ýöne ýagtylygyň turmalin plastinasyndan geçiş tejribesinde T_1 plastinasyny öz okunyň daşynda aýlasak, ondan ýagtylyk geçýär. T_2 -ni aýlanda, ýagtylygyň intensiwligi peselip, nola düşýär. Diýmek, ýagtylyk T_1 -den geçende onuň häsiýeti üýtgeýän eken.

Muny aşakdaky ýaly düşündirmek mümkin. Ýagtylyk çykaryjy çeşmedäki atomlar tertipsiz ýerleşýänligi we bir wagtda şöhle çykarmaýanlygy sebäpli, olardan çykýan şöhleler her tarapa tertipsiz ýaýraýar. Şoňa görä, olaryň elektrik we magnit meýdanynyň güýjenme wektorlarynyň ugurlary hem tertipsiz bolýar. Olar T_1 plastinasyna düşende kristallik gözenekden mälum ugurda orientirlenen şöhleler geçýär (4.26-njy surat).



4.26-njy surat.

Diýmek, T_1 -dan geçen şöhleleriň elektrik we magnit meýdanynyň güýjenme wektorlarynyň ugurlary hem tertiplenen bolýar. Bu ýagtylyga polýarlanan ýagtylyk diýilýär. Gözegçilik edilen hadysa *ýagtylygyň polýarlanyşy* diýlip atlandyrylýar. Ýokarda agzalyşy ýaly, T_2 plastina polýarlanan ýagtylyk düşýär. Ondan geçen ýagtylygyň intensiwligi Malýusyň kanuny bilen kesgitlenýär:

$$I = I_0 \cos^2 \alpha. \quad (4-9)$$

Ýokarda agzalyşy ýaly, ýagtylyk özara iki perpendikulýar yrgyldylaryň bile ýáýramagyndan emele gelyän elektromagnit tolkunyndan ybarat (4.8-nji surat). Taryhy sebäplere görä, \vec{E} elektrik meýdanynyň güýjenme wektorynyň yrgyldylary ýatýan tekizlige yrgyldylar tekizligi diýlip, \vec{H} magnit meýdanynyň güýjenme wektorynyň yrgyldylary ýatýan tekizligi polýarlanma tekizligi diýlip atlandyrylýar.

Ýagtylyk wektory \vec{E} we \vec{H} yrgyldylaryň ugry käbir ýagdaýda tertiplenen *ýagtylyk polýarlanan ýagtylyk* diýlip atlandyrylýar. Eger ýagtylyk wektorynyň (\vec{E} wektor) yrgyldylary hemme wagt we diňe bir tekizlikde ýüze çyksa, şeýle ýagtylyk ýasy (ýa-da göni çyzykly) polýarlanan ýagtylyk diýlip atlandyrylýar.

Tebigy ýagtylygy polýarlap beriji esbaplar polýarizatorlar (polýarlaýjy) diýlip atlandyrylýar. Olar turmalin, island şpaty ýaly dury kristallardan taýýarlanýar. Ýagtylygyň polýarlanma derejesini, polýarlanma tekizliginiň ýagdaýyny kesgitlemek üçin hem polýarizatorlardan peýdalanylýar. Bu orunda olar analizatorlar diýlip atlandyrylýar. 4.24-nji suratda getirilen T_1 plastina polýaroid, T_2 plastina analizator wezipesini ýerine ýetirýär.

Durmuşda ýagtylygyň polýarlanmasyny diňe bir turmalin kristaly däl, eýsem başga kristallar hem ýerine ýetirýändigini mälim boldy. Meselem, island şpaty. Olaryň galyňlyklary 0,1 mm ýa-da ondan hem kiçi bolmagy mümkin. Şeýle plýonkany sellýulouda ýapyşdyryp, meýdany takmynan birnäçe kwadrat desimetr plastinka bolýan polýarizator alynýar.

Polýarlanan ýagtylykdan tehnikada oňat hilli suratlary almak, erginlerdäki dürli organiki kislotalaryň, beloklaryň we gandyň konsentrasiýalaryny kesgitlemek mümkin.



1. *Polýarlanan ýagtylyk, tebigy ýagtylykdan nämesi bilen tapawutlanýar?*
2. *Ýagtylygyň kese tolkunlardan ybaratdygyny nähili hadysalar tassyklaýar?*
3. *Analizator nämäni analiz edýär?*
4. *Näme sebäpden polýaroidden geçen ýagtylygyň intensiwligi kemelýär?*
5. *Analizatorдан geçen ýagtylygyň intensiwligi onuň optiki oka görä gyşarma burçuna nähili bagly?*

INFRAGYZYL ŞÖHLELENME. ULTRAMELEWŞE ŞÖHLELENME. RENTGEN ŞÖHLELERI WE ONUŇ ULANYLYŞY

1800-nji ýylda U.Gerşel Güni öwrenen mahalynda barlanýan esbaplaryň Gün şöhleleriniň täsirinde gyzyt gitmegini kemeltmegiň ýoluny gözleýär. Temperaturany ölçäýän duýgur esbapyň kömeginde Günden alnan spektriň dürli reňklerine laýyk gelýän ýerleriniň temperaturalaryny ölçäýär. Şonda ol maksimum gyzyt, doýgun gyzyt şöhleden soň, görünmeýän zolaga gabat gelýändigini aňypdyr. Göze görünmeýän bu şöhleler infragyzyt şöhleler diýlip atlandyrylypdyr. Şondan başlap infragyzyt şöhlelenmäni öwrenmek başlanypdyr.

Ilki infragyzyt şöhlelenmäni laboratoriyada almak üçin gyzydyrylan jisimlerden ýa-da gaz razryadlaryndan peýdalanylýan bolsa, soňluk bilen mahsus lazerlerden peýdalanylýdy.

Ýşyklandyrylyşy boýunça halkara komissiýa infragyzyt şöhlelenmäni üç topara bölmegi maslahat berýär:

1. Ýakyn infragyzyt diapazon (NIR): 700 nm – 1400 nm;
2. Orta infragyzyt diapazon (MIR): 1400 nm – 3000 nm;
3. Uzak infragyzyt diapazon (FIR): 3000 nm – 1 mm.

Ýakyn infragyzyt şöhlelenmäni bilmek üçin mahsus fotoplastinkalardan peýdalanylýar. Olary barlag etmekde duýujylygy giňräk diapazonda işleýän *fotoelektrik detektorlardan* we fotorezistorlardan peýdalanylýar. Uzak infragyzyt diapazondaky şöhlelenmäni bilmek üçin infragyzyt şöhlelenmä duýgur detektor – bolometrlerden peýdalanylýar.

Adamyň gözi infragyzyt şöhleleri görmese-de, başga jandarlar bu diapazonda görüp bilýär. Meselem, käbir ýylanlar hem göze görünýän, hem infragyzyt diapazonda görüş ukybyna eýe. Balyklardan piranýa we altyn balyk diýlip atlandyrylýan görnüşleri hem infragyzyt diapazonda görýär. Çakýan çybynlar hem infragyzyt şöhleler arkaly görüp, bedeniň gana iň doýgun ýerini tapyp gany sorýar.

Infragyzyt şöhlelerden tehnikada we durmuşda giňden peýdalanylýar. Gijesine görýän esbaplar we kameralar, jisimler we bedeniň ýylylyk termografiýasyny almak, nyşany ýylylyk şöhlelenmesine görä tapyp barmak, infragyzyt ýyladyjylar, boýalan üstleri guratmak, uzak kosmiki obýektleri

öwrenmek, molekulalaryň spektrini öwrenmek, gurluşlary aralykdan durup dolandyrmak (telewizoryň, magnitofonyň, kondisioneriň pultlary) we şular ýalylarda infragyzył şöhlelerden peýdalanylýar.

Lukmançylykda fizioterapewtik bejermekde, azyklary sterilizasiýa etmekde, pullaryň hakykylygyny barlamakda hem şu şöhlelerden peýdalanylýar.

Infragyzył şöhleleriň zyýanly tarapy hem bar. Temperaturasy ýokary bolan çeşmelere garalanda gözüniň ýaşlanma gabygyny guratmagy mümkin.

Infragyzył şöhleler açylandan soň, göze görünýän şöhleleriň spektriniň tolkun uzynlygy kiçi bolan bölegine golaýyny nemes fizigi I.W.Ritter öwrenmegi başlaýar. Ol 1801-nji ýylda ýagtylygyň täsirinde dargadylýan kümüş hloridiň, spektriň melewşe böleginden soň gelyän bölegine goýulsa, tizräk dargaýandygyny anyklapdyr. Şoňa görä, Ritter we başga alymlar ýagtylyk üç aýratyn komponentden: infragyzył, göze görünýän we ultramelewşe böleklerden ybarat diýen netijä gelyärler.

Ultramelewşe şöhleleri hem şertli ýagdaýda dört topara bölmek hödürlen:

1. Ýakyn ultramelewşe diapazon (NUV): 400 nm–315 nm;
2. Orta ultramelewşe diapazon (MUV): 300 nm–200 nm;
3. Uzak ultramelewşe diapazon (FUV): 200 nm–122 nm.
4. Ekstremal ultramelewşe diapazon (EUV): 121 nm–10 nm.

Ultramelewşe şöhleleriň Ýerdäki esasy çeşmesi Gün hasaplanýar. Ýeriň üstüne ýetip gelyän ultramelewşe şöhleleriň mukdary atmosferadaky azonyň konsentrasiýasyna, Günüň gorizontdan beýikligine, deňiz derejesinden beýikligine, atmosferada ýaýraýşyna, howanyň bulutlylygyna bagly.

Ultramelewşe şöhleler adamyň derisine täsir edip, ony garaldýar. Ençeme polimerleriň reňki öçýär, ýarylýar, käte doly dargap gidýär.

Ultramelewşe şöhlelerden gündelik durmuşda we tehnikada giňden peýdalanylýar. Ultramelewşe şöhlelerden otaglary dezinfikasiýalamakda, galp resminamalary we banknotlary kesgitlemekde, suw, howa we dürli üstleri dürli bakteriýalardan zyýansyzlandyrmakda, himiki reaksiýalary çaltlandyrmakda, minerallary analiz etmekde, mör-möjekleri zyýansyzlandyrmakda we başgalarda peýdalanylýar.

Ultramelewşe şöhleleri mahsus lampalar arkaly alynýar. Bu diapazonda işleýän lazerler hem bar.

Rentgen şöhleleri. 1895-nji ýylyň 8-nji noýabrynda Wilgelm Konrad Rentgen katod şöhlelerini öwrenýän mahalynda, katod-şöhleli trubkanyň ýakynynda duran, üstki bölegi bariý gatnaşýan madda bilen örtülen kartonyň garaňkylykda özünden şöhle çykarýandygyny görýär. Rentgen bu şöhleleri X-şöhleler diýip atlandyrýar we soňky birnäçe hepdäniň dowamynda onuň häsiýetlerini öwrenýär. Öwreniş netijelerini 1895-nji ýylyň 28-nji dekabrynda “Şöhläniň täze tipi barada” atly makalasy ny yglan edýär. Mundan 8 ýyl öň 1887-nji ýylda Nikola Tesla rentgen şöhlelerini gören bolsa-da, muňa Teslanyň özi-de, onuň töweregindäkiler hem uly üns bermändirler.

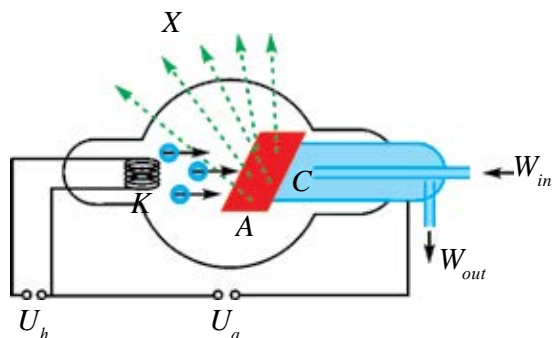
Rentgen peýdalanan katod-şöhleli trubka Ýi.Hittorf we W.Kruks tarapyndan işlenip taýýarlanypdy. Ony ulanmak prosesinde rentgen şöhleleri emele gelipdir. Muny G.Gers we onuň şägirtleri geçiren tejribelerde fotoplastinkanyň garalandygyny görüp duýupdyrlar. Ýöne olardan hiç biri oňa üns bermändirler we yglan etmändirler. Şoňa görä Rentgen olaryň işini bilmändir we özbaşdak ýagdaýda ýylyň dowamynda öwrenip netijesini üç makalasy arkaly yglan edipdir. 1901-nji ýylda Rentgene fizika boýunça birinji Nobel baýragy berildi.

Rentgen şöhleleri çaltlandyrylan zarýadlanan bölejikleriň ýiti tormozlanmagynda emele gelyär (4.27-nji surat). *K* katod gyzdyrylanda ondan termoelektron emissiýa hadysasy sebäpli elektronlar uçup çykýar (10-njy synpdan ýada salyň). *A* anodyň naprýaženiýesiniň täsirinde olar anoda tarap tizlenme bilen hereketlenýär. Anoda urulma döwründe elektronlar ýiti tormozlanýar we anoddan rentgen şöhleleri çykýar. Uralan wagtynda elektronlaryň 1% kinetik energiýasy rentgen şöhlelenmesine, 99% energiýa ýylylyga öwürülýär. Şoňa görä anod sowadylyp durulýar.

Rentgen şöhleleri hem elektromagnit tolkunlary bolup, onuň ýygylyk diapazony $2 \cdot 10^{15}$ Hz ÷ $6 \cdot 10^{19}$ Hz aralygynda bolýar. Tolkun uzynlygy boýunça 0,005 nm ÷ 100 nm aralykda ýerleşýär (umum kabul edilen diapazon ýok).

Rentgen şöhleleri adamyň bedeninden arkaýyn geçip gidýär. Şunuň bilen birlikde beden agzalarynyň şöhläni dürlüçe siňdirmegi sebäpli olaryň teswirini almak mümkin (4.28-nji surat). Kompýuter tomografiýalarynda içki organlaryň göwrümlü teswirini hem almak mümkin. İşlenip taýýarlanan dürli zatlardaky (relesler, kebşirlenen ýerler we ş.m.) defektleri kesgitlemäge rentgen defektoskopiýasy diýilýär. Materialşynaslykda, kristallografiýada, himiýada we biologiýada rentgen şöhleleri maddanyň strukturasy ny atomlar derejesinde öwrenilýär. Muňa mysal hökmünde DNK strukturasy ny öwrenmegi

getirmek mümkin. Aeroportda we gümrük gulluklarynda howpsuzlyga degişli we gadagan edilen zatlary kesgitlemekde hem rentgen şöhlelerinden peýdalanylýar. Lukmançylykda diagnostika işlerinden daşary, bejermekde-de rentgen şöhlelerinden peýdalanylýar.



4.27-nji surat.



4.28-nji surat.

- ❓
1. Infragyzyň şöhleler nähili emele gelýär? Olardan nähili maksatlarda peýdalanmak mümkin?
 2. Ultramelewşe şöhleleriň häsiýetlerini düşündiriň. Olardan nähili maksatlarda peýdalanylýar.
 3. Rentgen trubkasynyň gurluşyny we onda rentgen şöhleleriniň nähili emele gelýändigini düşündiriň.
 4. Rentgen şöhleleri nähili häsiýetlere eýe? Olardan nähili maksatlarda peýdalanylýar.

30-njy tema. ÝAGTYLYK AKYMY. ÝAGTYLYK GÜÝJI. ÝŞYKLANDYRMA KANUNY

Ýagtylygyň göze ýa-da başga kabul edýän gurluşlara täsiri, şu kabul edýän gurluşlara berlen ýagtylyk energiýasy bilen kesgitleýär. Şu sebäpli ýagtylygyň energiýasy bilen bagly energetik ululyklar bilen tanyşyrys. Bu meseleleri öwrenýän bölüm **fotometriýa** diýlip atlandyrylýar.

Fotometriýada ulanylýan ululyklar ýagtylyk energiýasyny kabul ediji esbaplaryň nämäni duýup bilýändigine baglylykda alynýar.

1. Ýagtylyk energiýasynyň akymy. Ýagtylyk çeşmesiniň ölçeglerini örän kiçi diýip alalyň. Şonda ondan mälim aralykda ýerleşýän nokatlaryň orny sferik üsti düzýär diýip garamak mümkin. Meselem, diametri 10 cm bolan lampa 100 m uzaklykdaky meýdany ýşyklandyryan bolsa, bu lampany

nokatlanç ýagtylyk diýip garamak mümkin. Ýöne yşyklandyrylýan meýdana çenli bolan aralyk 50 cm bolsa, çeşmäni nokatlanç diýip bolmaýar. Olara tipik mysal hökmünde ýyldyzlary almak mümkin. Käbir S üste t wagtda düşýän ýagtylyk energiýasy W bolsun. **Wagt birligi içinde käbir üste düşýän energiýanyň mukdaryna ýagtylyk energiýasynyň akymy ýa-da şöhlenenme akymy diýilýär.** Ony Φ harpy bilen belgilesek,

$$\Phi_e = \frac{W}{t} = P;$$

munda: t ýagtylyk yrgyldylary periodyna görä ep-esli uly bolan wagt nazarda tutulýar. Şöhlenenme akymy birligi SI sistemasynda W (watt) bilen ölçelýär.

Ençeme ölçeglerde (meselem, astronomik) diňe bir akym däl, eýsem şöhlenenme akymynyň üst dykyzlygy ähmiýete eýe. Şöhlenenme akymynyň şu akym geçýän üste gatnaşygy bilen ölçelýän ululyga şöhlenenme akymynyň üst dykyzlygy diýilýär:

$$I = \frac{\Phi_e}{S} = \frac{P}{S} = \frac{W}{St}. \quad (4-10)$$

Köplenç, bu ululyk **şöhlenenme intensiwligi** diýlip atlandyrylýar. Onuň birligi $1 \frac{W}{M^2}$.

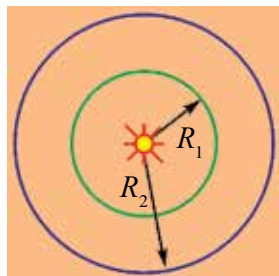
Geometriýa kursundan giňişlikdäki burç düşünjesini ýada salalyň. Muňa mysal edip konusyň ujudaky burçy almak mümkin. Giňişlikdäki burçy **ölçemek üçin** şar segmentiniň üstüniň (S_0) meýdanynyň, merkezi konusyň ujunda bolan sferanyň radiusynyň (R^2) kwadratyna gatnaşygy bilen ölçelýän ululyga aýdylýar:

$\Omega = \frac{S_0}{R^2}$. Giňişlikdäki burçuň ölçeg birligi – steradian (sr). 1 sr – sfera boýunça tarapy sfera radiusyna deň bolan kwadratyň meýdanyna deň bolan zolag emele getirýän, bir ujy sferanyň merkezinde bolan giňişlikdäki burçuň ululygyna deň. Sferanyň üstüniň meýdanyny bilmek bilen, nokadyň töweregindäki doly giňişlikdäki burçy kesgitlemek mümkin:

$$\Omega = \frac{4\pi R^2}{R^2} = 4\pi \text{ sr}.$$

Şöhlenenme intensiwliginiň çeşmeden uzaklygyna we şöhle düşýän üst bilen emele getiren burçuna baglylygyna garalyň. Şöhle çykýan nokatlanç çeşmäniň R_1 we R_2 radiuslary bolan iki konsentrik töweregiň merkezinde

bolsun (4.29-njy surat). Eger ýagtylyk gurşaw tarapyndan siňdirilse (meselem, wakuumda), wagt birligi içinde birinji sferadan geçen doly energiýa ikinji sfera boýunça geçýär. Şoňa görä



4.29-njy surat.

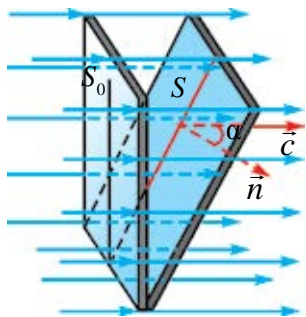
$$I_1 = \frac{W}{4\pi R_1^2 t} \text{ we } I_2 = \frac{W}{4\pi R_2^2 t};$$

mundan:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2^2}{R_1^2}. \quad (4-11)$$

Diýmek, şöhlelenme intensiwligi aralygyň artmagy bilen kwadratik ýagdaýda barha kemelýän eken.

Şöhle düşýän meýdanyň ýapgytlygyna baglylygyny kesgitlemek üçin 4.30-njy suratdaky ýagdaýa garalyň. Munda tolkun S_0 we S meýdandan birmeňzeş mukdardaky energiýany alyp geçýär. Şoňa görä



4.30-njy surat.

$$I_0 = \frac{W}{S_0 t} \text{ we } I = \frac{W}{S t}.$$

Olaryň intensiwlikleriniň gatnaşygy:

$$\frac{I}{I_0} = \frac{S_0}{S} = \cos \alpha. \quad (4-12)$$

Amalyýetde ýagtylygyň energetik häsiýetnamasy bilen birlikde göze görünýän ýagtylygy häsiýetlendirýän fotometrik ululyklar ulanylýar. Fotometriýada, şöhlelenme intensiwligi bilen gönüden-göni bagly bolan, ýagtylyk akymy diýlip atlandyrylýan subýektiw ululyk ulanylýar. Ýagtylyk akymy Φ harpy bilen belgilenýär. Onuň SI birlikler ulgamyndaky birligi **lyumen** (lm).

Islendik ýagtylyk çeşmesiniň möhüm häsiýetnamasy – bu ýagtylyk güýji I hasaplanýar. Ony ýagtylyk akymy Φ -ni, giňişlikdäki burç Ω -a gatnaşygy bilen kesgitleýär:

$$I = \frac{\Phi}{\Omega} \text{ ýa-da } I = \frac{\Phi}{4\pi}. \quad (4-13)$$

Ýagtylyk güýjüniň birligi – **kandela** (cd) SI birlikler ulgamynyň esasy birligine girizilen. 1 cd hökmünde meýdany $1/600000 \text{ m}^2$, temperaturasy platinanyň gatama temperaturasyna deň, daşky basyş 101325 Pa bolan ýagdaýda, doly şöhlelendirijiden perpendikulýar ugurda çykýan

ýagtylyk güýji kabul edilen. 1 cd-ni kabul edende ulanylan ýagtylygyň wakuumdaky tolkun uzynlygy 555 nm-a deň bolup, adamyň gözüniň maksimal duýgurlygyna dogry gelýär.

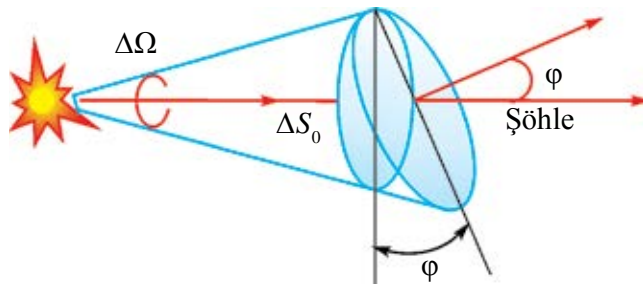
Galan ähli fotometrik birlikler kandela arkaly aňladylýar. Meselem, 1 lýmnen, ýagtylyk güýji 1 kd bolan nokatlanç çeşmeden 1 sr giňişlikdäki burçuň içinde çykan ýagtylyk akymyna deň.

Meýdan birligine düşen ýagtylyk akymyna yşyklandyрма diýilýär:

$$E = \frac{\Phi}{S}. \quad (4-14)$$

Yşyklandyрма SI birlikler ulgamynda *lyuksda* (lx) ölçelýär. 1 m² meýdana tekiz paýlanan ýagdaýda 1 lm ýagtylyk akymy düşse, meýdanyň yşyklandyrmasy 1 lx-a deň bolýar.

Yşyklandyрма kanunlary. Ýokarda aýdylyşy ýaly, meýdanyň yşyklandyrmasy ýagtylyk güýjüne göni proporsional. Ýöne yşyklandyрма diňe ýagtylyk güýjüne bagly bolup galmazdan, çeşmä we yşyklandyrylýan meýdana çenli bolan aralyga hem bagly. Ýagtylyk çeşmesi sferanyň merkezinde ýerleşýän bolsun (4.31-nji surat).



4.31-nji surat.

Sferanyň üstüniň meýdany $4\pi R^2$ -a deň.

Onda doly ýagtylyk akymy $\Phi = 4\pi I$ -a deň bolýar. Şoňa görä:

$$E = \frac{I}{R^2}. \quad (4-15)$$

Meýdanyň yşyklandyrmasy, çeşmäniň ýagtylyk güýjüne göni proporsional, aralygyň kwadratyna ters proporsional.

Köp ýagdaýlarda ýagtylyk akymy meýdana burç astynda düşýär. Ýagtylyk akymy ΔS meýdana ϕ burç astynda düşýän bolsun. ΔS meýdan, ΔS_0 meýdan bilen aşakdaky ýaly baglanan: $\Delta S_0 = \Delta S \cos \phi$. Onda giňişlikdäki burç

$\Delta\Omega = \frac{\Delta S_0}{R^2} = \frac{\Delta S \cos\varphi}{R^2}$ bilen kesgitlenýär. Ondan berlen meýdanyň ýşyklandyrmasy

$$E = \frac{I}{R^2} \cos\varphi \quad (4-16)$$

bilen kesgitlenýär.

Meýdanyň ýşyklandyrmasy, çeşme ýagtylyk güýjüne, ýagtylyk şöhlesi we ýagtylyk akymy düşýän meýdana geçirilen perpendikulýaryň arasyndaky burçuň kosinusyna göni proporsional, aralygyň kwadratyna ters proporsional.

Eger meýdan birnäçe çeşme bilen ýşyklandyrylan bolsa, umumy ýşyklandyрма her bir çeşme tarapyndan ýşyklandyrmalaryň jemine deň bolýar.

Fotometrik ululyklardan ýene biri röwşenlik diýlip atlandyrylýar. **Röwşenlik diýip, ýagtylyk çykýan meýdan birligine dogry gelýän ýagtylyk güýjüne aýdylýar:**

$$B = \frac{I}{S}. \quad (4-17)$$

Röwşenligiň birligi – $\frac{\text{kd}}{\text{m}^2}$. Munda ýagtylyk çeşmesi boýunça ähli ugurda birmeňzeş ýagtylyk çykýar diýlip garalýar.

Röwşenlige degişli käbir maglumatlary getirýäris: Günortan wagtynda Günüň röwşenligi $-1,65 \cdot 10^9 \text{ kd/m}^2$; gorizonta gelende $-6 \cdot 10^9 \text{ kd/m}^2$; doly Aý diskini -2500 kd/m^2 ; açyk howaly gündizki asman $-1500-4000 \text{ kd/m}^2$.

Mesele çözmegiň nusgasy

1. Nokatlanç çeşmäniň ýagtylyk güýji 100 cd-a deň. Çeşmeden çykýan doly ýagtylyk akymyny tapyň.

Berlen:	Formulasý:	Çözülişi:
$I = 100 \text{ kd}$	$\Phi = 4\pi \cdot I$	$\Phi = 4 \cdot 3,14 \cdot 100 \text{ sr kd} = 1256 \text{ lm.}$
Tapmaly: $\Phi = ?$		
		<i>Jogaby:</i> 1256 lm.

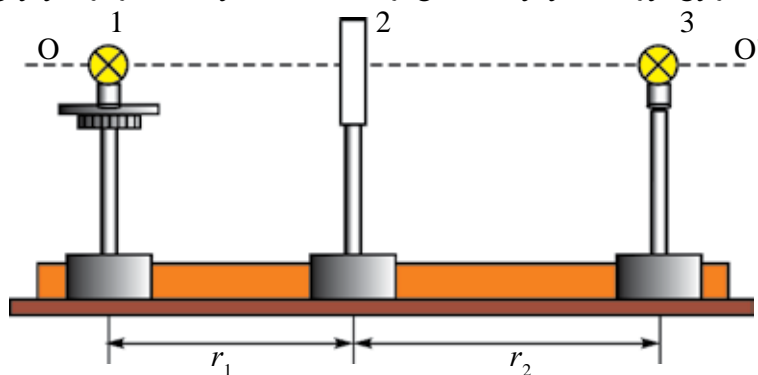


1. Energetik we fotometrik ululyklaryň arasynda nähili tapawut bar?
2. Şöhlelenme intensiwligi diýende nämäni düşünýäris?
3. Fotometriýa degişli haýsy birlik SI birlikler ulgamynyň esasy birligi hasaplanýar?
4. Röwşenlige degişli SI ulgamyna girmedik birlikleri bilýärsiňizmi?
5. Meýdanyň yşyklandyrmasy oňa düşýän şöhläniň ýapgytlygyna nähili bagly?

31-nji tema. LABORATORIÝA IŞI: YŞYKLANDYRMANYŇ ÝAGTYLYK GÜÝJÜNE BAGLYLYGY

Işiň maksady. Yşyklandyrmanyň ýagtylyk çeşmesine, ýagtylyk güýjüne baglylygyny eksperimental ýagdaýda barlamak.

Gerekli esbplar we enjamlar. Yşyklandyрма kanunlaryny öwrenýän gurluş, ýagtylyk çeşmesi, lüksmetr, ölçeg lentasy ýa-da çyzgyç.



4.32-nji surat.

Işiň ýerine ýetirilişi. Işi ýerine ýetiriji gurluşyň shemasy 4.32-nji suratda getirilen.

Munda 1-nji we 3-nji ýagtylyk güýji mälim bolan nakal süýümlü çyralar. 2-nji lüksmetriň fotoelementi.

1. 1-nji çyrany naprýaženiýesi üýtgeýän toguň çeşmesine birikdirilýär. 2-nji çyrany bolsa nominal naprýaženiýeli (çyra ýazylyan) tok çeşmesine birikdirilýär. 1-nji çyradan lüksmetre çenli bolan r_1 aralyk ölçelip alynýar. 1-nji çyra 40 V naprýaženiýe berilýär. Lüksmetrde onuň emele getiren yşyklandyrmasy (E_1) kesgitlenýär. 1-nji çyra öçürlip, 2-nji çyra ýalykýar. Lüksmetr 2-nji çyra gönükdirilýär r_2 aralyk üýtgedilip, lüksmetriň görkeziji E_1 -e deň bolan ýerde galdyrylýar.

2. $\frac{I_1}{I_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2}$ formuladan $I_1 = I_2 \frac{r_2^2}{r_1^2}$, birinji çyrazyň 40 V naprýaženiýedäki ýagtylyk güýji hasaplap tapylýar. 1-nji çyra berlen naprýaženiýäni 80 V, 120 V, 160 V, 200 V -a üýtgedip, oňa laýyk gelen E_2, E_3, E_4 we E_5 -ler anyklanyp jedwele ýazylýar.

$$r_1 = \text{const.}$$

Tejribe t/n	1-nji çyrazyň naprýaženiýesi, V	r_2 , m	E , lx	I , kd
1.	40			
2.	80			
3.	120			
4.	160			
5.	200			

3. Tejribäniň netijelerine görä, yşyklandyrmanyň ýagtylyk çeşmesiniň ýagtylyk güýjüne baglylyk $E_e = f(I_e)$ grafigi düzülýär.

4*. 1-nji çyra nominal naprýaženiýe berlip, 2-nji çyra ölçürlýär. r_1 -i üýtgedip, oňa laýyk gelen yşyklandyрма, lúksmetrden ýazyp alynýar.

$E = f(r)$ grafigi düzülýär. Jedwelden we grafikden $E \sim \frac{1}{r^2}$ gatnaşyk ýerlikli bolýandygy barlanylýar.



1. Nähili ýagtylyk çeşmeleri, nokatlanç ýagtylyk çeşmeleri diýilýär?
2. Siz geçiren tejribede ýagtylyk çeşmesini nokatlanç diýip hasaplamak bolarmy?
3. Lúksmetr nähili esbap?
4. Tejribede ikinji çyra nähili wezipäni ýerine ýetirýär?



$E = \frac{1}{r^2}$ formula arkaly yşyklandyrmany hasaplap tapyň we netijelerine görä $E_n = f(I_n)$ grafigi düzüň. Şu grafige eksperimentden alnan $E_e = f(I)$ grafigi goýup, olary deňeşdiriň.

4-nji gönükme

1. Tolkun uzynlygy 300 m elektromagnit tolkunda ses yrgyldylarynyň bir peridy dowamynda näçe gezek yrgyldy ýüze çykdy? Ses yrgyldylarynyň ýygylgy 10 kHz. (Jogaby: 100).

2. Eger radiolokatordan obýekte iberilen signal 400 μ s-dan soň serpilsä, obýekt radiolokatordan nähili aralykda ýerleşýär? (Jogaby: 30 km).

3. Elektromagnit tolkunyn yrgyldy ýgylygy 15 MHz. Elektromagnit tolkuny özüniň elektrik we magnit wektorlarynyň yrgyldysynyň 30 periodyna deň wagt aralygynda nähili aralyga ýaýrar? (*Jogaby*: 600 m).

4. Giňişlikde yrgyldy ýgylygy 5 Hz bolan tolkun 3 m/s tizlik bilen ýaýraýar. Bir çzyk boýunça bir-birinden 20 cm uzaklykda ýatýan iki nokadyň fazalar tapawudyny tapyň. (*Jogaby*: 120°).

5. Induktiv tegekde 1,2 s-da tok güýji 2 A-e üýtgände 0,4 mV induksiýa EHG emele gelýär. Eger yrgyldyly konturdaky howa kondensatory plastinkalarynyň meýdany 50 cm^2 , plastinalaryň arasyndaky aralyk 3 mm bolsa, şu yrgyldyly kontur nähili tolkun uzynlygyna uýgunlaşan? (*Jogaby*: 112 m).

6. Yrgyldyly kontur induktiwligi 1 mH bolan tegek hem-de sygymlary 500 pF we 200 pF bolan we bir-birine yzygider birikdirilen kondensatorlardan ybarat. Yrgyldyly kontur nähili tolkun uzynlygyna uýgunlaşan? (*Jogaby*: 712 m).

7. Wakuumda tolkun uzynlygy $0,76 \mu\text{m}$ bolan ýagtylyk şöhesi bilen suwuň şöhle döwme görkezijisi ölçelende 1,329-e deň boldy, tolkun uzynlygy $0,4 \mu\text{m}$ bolan ýagtylyk şöhesi bilen suwuň şöhle döwme görkezijisi ölçelende bolsa 1,344-e deň boldy. Şu şöhleleriň suwdaky tizliklerini anyklaň.

8. Gyzyň şöhläniň suwdaky tolkun uzynlygy, ýaşyl şöhläniň howadaky tolkun uzynlygyna deň. Eger suw gyzyň şöhle bilen yşyklandyrylan bolsa, suwuň düýbünden garan adam nähili şöhläni görer?

9. Náme sebäpden gyşyň howa açyk günlerinde daragtlaryň kölegesi howanyň reňkinde görünýär?

10. Interferensiýa hadysasy iki kogerent S_1 we S_2 çeşmelerden çykan ýagtylyk arkaly ekranda görünýär. Eger: a) ýagtylyk çeşmeleriniň arasyndaky aralygy üýtgetmezden ekrandan uzaklaşdyrylsa; b) ekran bilen olaryň arasyndaky aralygy üýtgetmezden çeşmeleri bir-birine ýakynlaşdyrylsa; d) çeşmelerden çykýan ýagtylygyň tolkun uzynlygy kemeldilse, interferension görnüş nähili üýtgär?

11. Iki kogerent tolkun duşuşanda bir-birini gowşatmagy mümkin. Bu tolkunlaryň energiýasy nirä “ýitýär”?

12. Tolkun uzynlygy λ bolan ýagtylyk, peridy d bolan difraksion gözenege α burç astynda düşýär. Şeýle ýagdaý üçin difraksiýanyň formulasy nähili bolýar? (*Jogaby*: $d(\sin\varphi - \sin\alpha) = k\lambda$).

13. Bir-birinden 30 mm aralykda ýerleşýän iki kogerent çeşmeden tolkun uzynlygy $5 \cdot 10^{-7}$ m bolan ýagtylyk çykýar. Ekran olaryň her birinden birmeňzeş 4 m aralykda ýerleşýär. Birinji çeşmäniň garşysynda ýerleşýän nokatda iki çeşmeden gelen şöhleler duşuşanda näme bolýar? (*Jogaby*: max.).

14. Ýagtylyk güýji 200 cd bolan elektrik çyradan çykan ýagtylyk işçi meýdana 45° burç astynda düşüp, 141 lx ýşyklandyrmany emele getirýär. Ýagtylyk çeşmesi stoldan nähili beýiklikde ýerleşýär? (*Jogaby*: 0,7 m.).

15. Günň gorizontdan beýikligi 30° -dan 45° -a artdy. Ýer üstüniň ýşyklandyrmasy näçe esse üýtgär? (*Jogaby*: 1,4).

16. Elektrik ýşyklandyryjy radiusy 10 cm, ýagtylyk güýji 100 cd bolan şardan ybarat. Çeşmäniň doly ýagtylyk akymyny tapyň. (*Jogaby*: 1,6 klm.).

17. Meýdany 25 m^2 bolan kwadrat şeklindäki otagyň ortasyna lampa asylan. Lampa poldan nähili beýiklikde asylsa, otagyň burçlaryndaky ýşyklandyрма maksimum bolýar?

18. Onçakly çuň bolmadyk howuzdaky salkyn suwuň ýüzüne poleroid arkaly garap, ony öwürüp barylsa, poleroidiň käbir ýagdaýynda howzuň düýbi gowy görünýär. Hadysany düşündiriň.

19. Adamyň gözüniň duýgurlygy sary-ýaşyl şöhle üçin iň ýokary hasaplanýar. Onda näme sebäpden howpsuzlyk signaly gyzyl reňkde berilýär?

20. Nýutonyň halkalaryny synlanda ak şöhle linzanyň baş optiki okuna parallel ýagdaýda düşýär. Linzanyň egrilik radiusy 5 m. Gözegçilik geçýän şöhlede alnyp barylýar. Dördünji (tolkun uzynlygy 400 nm) we üçünji (tolkun uzynlygy 630 nm) halkanyň radiuslaryny tapyň. (*Jogaby*: 2,8 mm; 3,1 mm).

21. Näme sebäpden ölçegi $0,3 \text{ }\mu\text{m}$ bolan bölejigi optiki mikroskopyň kömeginde görüp bolmaýar?

22. Haýsy ýagdaýda çayy gyzgynrak edip içmek mümkin? Çaya gaýmagy salyp, ondan soň şüläni iýenden soň çay içendemi ýa-da şüläni iýip bolup, soňra gaýmagy çaya salyp içendemi? Jogabyňyzy esaslandyryň.

23. Ýunguň gurluşynda interferensiýa maksimumlarynyň aralygyny tapyň. S_1 we S_2 deşikleriň arasyndaky aralyk d , deşiklerden ekrana çenli bolan L aralyga düşýän ýagtylygyň tolkun uzynlygy λ .

IV BABY JEMLEMEK BOÝUNÇA TEST SORAGLARY

1. Elektromagnit tolkun şöhlenenmesiniň akym dykzlygynyň formulasyny görkeziň.

A) $I = \frac{W}{s \Delta t}$; B) $\Phi = \frac{W}{t}$; C) $I = \frac{\Phi}{\Omega}$; D) $E = \frac{I}{R^2} \cos \varphi$.

2. Sözlemi dolduryň. Şöhle döwme görkezijisiniň ýagtylyk tolkunynyň uzynlygyna baglylygyna ... diýilýär.

- A) difraksiýa; B) interferensiýa;
C) dispersiýa; D) polýarlanma.

3. Ýşyklandyrmanyň formulasyny görkeziň.

A) $I = \frac{W}{s \Delta t}$; B) $\Phi = \frac{W}{t}$; C) $I = \frac{\Phi}{\Omega}$; D) $E = \frac{I}{R^2} \cos \varphi$.

4. Sözlemi dolduryň. Ýagtylyk çykýan meýdan birligine dogry gelýän ýagtylyk güýjüne ... aýdylýar.

- A) ...ýagtylyk güýji...; B) ...ýagtylygyň intensiwligi...;
C) ... ýagtylyk akymy ...; D) ...röwşenlik... .

5. Maddalar nähili halynda çyzykly spektre eýe bolýar?

- A) gaty halynda; B) suwuk halynda;
C) seýreklenen gaz halynda; D) üç halynda-da.

6. Aşakdaky şöhlenenmeleriň haýsysy iň kiçi tolkun uzynlygyna eýe?

- A) infragyzyň şöhleler; B) görünýän şöhleler;
C) ultramelewşe şöhleler; D) rentgen şöhleleri.

7. Aşakdaky hadysalardan haýsysy ýagtylygyň kese tolkunlardygyny tassyklaýar?

- A) ýagtylygyň difraksiýasy; B) ýagtylygyň dispersiýasy;
C) ýagtylygyň interferensiýasy; D) ýagtylygyň polýarlanmasy.

8. 1 mm-de 1000 sany ştrihi bar bolan difraksion gözenegiň hemişeligini anyklaň.

- A) 10; B) 2; C) 0,1; D) 1.

9. Suwuň şöhle döwme görkezijisi 1,33-e deň. Ýagtylygyň suwdaky tizligini tapyň.

- A) 225000 km/s; B) 300000 km/s;
C) 150000 km/s; D) 398000 km/s.

10. Radiolokator 1 sekuntda 2000 sany impuls iberýär. Radiolokatoryň maksimal “görüş” uzaklygy näçe km-e deň?
 A) 30; B) 150; C) 75; D) 300.
11. Şöhlelenme intensiwligi nähili birlikde ölçelýär?
 A) $\frac{W}{M^2}$; B) W; C) $\frac{W}{s^2}$; D) J s.
12. Ýagtylygyň wakuumdaky tizligi c, tolkun uzynlygy λ -a deň. Ýagtylyk şöhle döwme görkezijisi n bolan gurşawa geçse, bu parametrler nähili üýtgär?
 A) nc we $n\lambda$; B) c/n we $n\lambda$; C) c/n we λ/n ; D) nc we λ/n .
13. Prizmadan ak ýagtylyk geçende spektre bölünmegi nähili hadysa sebäpli ýüze çykýar?
 A) ýagtylygyň interferensiýasy; B) ýagtylygyň serpilmegi;
 C) ýagtylygyň difraksiýasy; D) ýagtylygyň dispersiýasy.
14. $\frac{kd}{m^2}$ -birlik bilen nähili fizik ululyk ölçelýär?
 A) ýagtylyk güýji; B) şöhle intensiwligi;
 C) yşyklandyрма; D) röwşenlik.
15. Gözenek hemişeligi $1,1 \mu m$ bolan difraksion gözenege tolkun uzynlygy $0,5 \mu m$ bolan ýasy monohromatik tolkun normal düşýär. Synlamak mümkin bolan maksimumlar sanyny tapyň.
 A) 4; B) 5; C) 7; D) 9.
16. Ak reňki almak üçin nähili reňkleri kombinirläp goşmaly?
 A) gyzyly, ýaşyl we mawy; B) gyzyly, ýaşyl we sary;
 C) melewşe, ýaşyl we mawy; D) mawy, ýaşyl we sary.
17. Mawy reňki almak üçin nähili reňkleri özara kombinirläp goşmaly?
 A) gyzyly, ýaşyl we gök; B) gyzyly, ýaşyl we sary;
 C) melewşe, ýaşyl we mawy;
 D) hiç hili reňki goşup mawy reňki alyp bolmaýar.
18. Meýdany 5 cm^2 bolan üste $0,02 \text{ lm}$ ýagtylyk akymy perpendikulýar düşýär. Üstüň yşyklandyrmasy näçe?
 A) 20 lx; B) 30 lx; C) 40 lx; D) 50 lx.

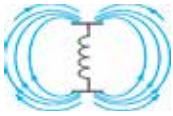
19. Gyzył reňk bilen mawy reňk goşulanda nähili reňk emele gelýär?

- A) garamtyl; B) sary; C) mawy; D) gök.

20. Gyzył we ýaşyl reňk goşulanda nähili reňk emele gelýär?

- A) garamtyl; B) sary; C) mawy; D) gök.

IV bapda öwrenilen iň möhüm düşüňjeler, düzgünler we kanunlar

Makswelliň gipotezasy	Elektrik meýdanynyň islendik üýtgemegi onuň daşyndaky giňişlikde köwli magnit meýdanyny emele getirýär.
Gersiň wibratory	Elektromagnit tolkunyny almak üçin ýuka howa gatlagy bilen bölünen diametri 10–30 cm bolan iki şarjagazdan ýada silindrden ybarat.
Açyk yrgyldyly kontur	Elektromagnit yrgyldylary giňişlige doly ýaýrap gidýän yrgyldyly kontur. Ýapyk yrgyldyly konturda kondensatoryň plastinalary bir-birinden uzaklaşdyrylyp alynýar. 
Elektromagnit tolkunlarynyň yzyna serpilmegi	Metal jisimlere gelip urlan elektromagnit tolkunlary yzyna serpilýär. Munda serpilme kanunlary ýerlikli bolýar.
Elektromagnit tolkunlarynyň döwürleme	Elektromagnit tolkuny iki gurşawyň araçäginden geçende döwürleme. Munda döwürleme kanuny ýerine ýetirilýär. $n_{21} = \frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{\epsilon_2}{\epsilon_1}}$. ϵ_1 we ϵ_2 –degişlilikde birinji we ikinji gurşawlaryň dielektrik siňdirijilikleri.
Elektromagnit tolkunynyň uzynlygy	Yrgyldylar fazasy birmeňzeş bolan, bir-birine iň ýakyn du-ran iki nokadyň arasyndaky aralyk. $\lambda = \frac{c}{\nu}$.
Elektromagnit tolkun şöhlelenmesiniň akym dykzlygy ýada tolkun intensiwligi	Tolkunyň ýaýraýyş ugruna perpendikulýar ugurda ýerleşýän S meýdanly üstden Δt wagtda geçýän W elektromagnit energiýasy: $I = \frac{W}{S \Delta t}$
Radioaragatnaşyk	Habarlary elektromagnit tolkunlary arkaly çalyşmak.
Radioiberiji	Habarlary elektromagnit tolkunlary arkaly ibermek.

Radiopriyomnik	Elektromagnit tolkunlary arkaly gelen habary kabul ediji gurluş.
Mikrofon	Ses yrgyldylaryny elektrik yrgyldylaryna öwürýän esbap.
Modulyasiýa	Pes ýygyllykly elektrik yrgyldylaryny ýokary ýygyllykly elektrik yrgyldylaryna goşup ibermek.
Giriş kontury	Köp radiostansiýalaryň içinden gerekisini saýlap alýan yrgyldyly kontur.
Detektirleme	Ýokary ýygyllykly yrgyldylara goşup iberilen pes ýygyllykly yrgyldylary bölüp almak.
Wideokamera	Ýagtylyk signallaryny (teswir) elektrik signallaryna öwürýän gurluş.
Kogerent tolkunlar	Ýygyllyklary deň we fazalar tapawudy hemişelik bolan tolkunlar.
Tolkunlaryň interferensiýasy	Kogerent tolkunlar duşuşanda bir-birini güýçlendirmegi ýa-da gowşatma hadysasy. $\Delta d = 2k \frac{\lambda}{2}$ ($k=0, 1, 2, \dots$) bolanda güýçlendirýär, $\Delta d = (2k+1) \frac{\lambda}{2}$ bolanda gowşadýar.
Tolkunlaryň difraksiýasy	Tolkunyň öz ýolunda duşan päsgelçiligi aýlanyp geçmegi. Munda päsgelçiligiň ölçegi oňa düşýän tolkun uzynlygyndan kiçi bolmaly.
Difraksion gözenek	Ýagtylyk difraksiýasy synlanýan köp sanly päsgelçilikler we deşikler ýygyndysy.
Difraksion gözenekde difraksiýa hadysasy	$d \sin \varphi = n \lambda$ d – gözenek hemişeligi; φ – difraksirlenen şöhle burçy; n – spektriň tertibi; λ – tolkun uzynlygy.
Ýagtylygyň dispersiýasy	Ak ýagtylygyň prizmadan geçip, ýedi reňke bölünmegi: <i>gyzyl, mämişi, sary, ýaşyl, mawy, gök we melewşe</i> ; ýa-da şöhle döwme görkezijisiniň ýagtylygyň tolkun uzynlygyna baglylygy.
Spektr	Ýagtylyk şöhlesi käbir döwýän gurşawdan geçende emele gelen reňkli polosalar toplumy.
Çykaryş spektrleri	Maddalar gyzdyrylanda çykýan spektr. Utgaşyk, polosaly we çzykly görnüşde bolýar.
Siňdirme spektrleri	Maddanyň diňe özüniň häsiýetine laýyk bolan şöhläni siňdirmekden emele gelen spektr.

Spektral analiz	Maddanyň çykaryş ýa-da siňdirme spektrlerine görä onuň düzümini kesgitlemek.
Ýagtylygyň polýarlanmagy	Ýagtylygyň turmalin plastinasyndan geçende elektrik we magnit meýdanynyň güýjenme wektorlarynyň ugurlary tertiplenen ýagdaýa geçmegi.
Malýusyň kanuny	$I = I_0 \cos^2 \varphi$. Polýarlanan ýagtylygyň analizatordan geçendäki intensiwligi.
Analizator	Ýagtylygyň polýarlananlygyny kesgitleýän esbap.
Polýarizator (polýarlaýjy)	Tebigy ýagtylygy polýarlap beriji esbap.
Infragyzyň şöhleler	Wakuumda tolkun uzynlygy 700 nm – 1 mm aralykda bolan elektromagnit tolkunlar.
Ultramelewşe şöhleler	Wakuumda tolkun uzynlygy 122 nm – 400 nm aralykda bolan elektromagnit yrgyldylar.
Rentgen şöhleleri	Wakuumda tolkun uzynlygy 0,005 nm ÷ 100 nm aralykda bolan elektromagnit tolkunlary.
Şöhlenenme akymy	Wagt birligi içinde käbir meýdana düşýän energiýanyň mukdary: $\Phi = \frac{W}{t}$.
Şöhlenenme intensiwligi	Şöhlenenme akymynyň şu akym geçýän meýdana gatnaşygy. $I = \frac{\Phi}{S}$. Birligi – $\frac{W}{m^2}$.
Ýagtylyk güýji	Ýagtylyk akymy Φ -ni, şu ýagtylyk çykýan giňşlikdäki Ω burça gatnaşygy. Birligi – kandela (cd). SI birlikler ulgamynyň esasy birligi. 1 cd hökmünde meýdany $1/600000 \text{ m}^2$, temperaturasy platinanyň gatama temperaturasyna deň, daşky basyş 101325 Pa bolanda, doly şöhlelendirijiden perpendikulýar ugurda çykýan ýagtylyk güýji kabul edilen.
Yşyklandyрма	Meýdan birligine düşen ýagtylyk akymy. Birligi – <i>lyuks</i> (lx). $E = \frac{I}{R^2} \cos \varphi$ – yşyklandyрма kanuny.
Röwşenlik	Ýagtylyk çykýan meýdan birligine dogry gelýän ýagtylyk güýji. $B = \frac{I}{S}$. Birligi – $\frac{kd}{m^2}$.

32-nji tema.

ÝÖRITE OTNOSITELLIK NAZARYÝETINIŇ ESASLARY. TIZLIKLERI GOŞMAGYŇ RELÝATIWISTIK KANUNY

Ýörite otnositellik nazaryýeti 1905-nji ýylda **A. Eýnşteýn** tarapyndan döredilen bolup, ol giňişlik we wagt baradaky köne klassyky düşüňjeleriň ýerine gelen täze taglymatdyr.

Mälim bolşy ýaly, mehanika – Nýutonyň mehanikasy bolup, jisimleriň hereketi kiçi tizliklerde, ýagny $v \ll c$ ($c \approx 3 \cdot 10^8$ m/s) ýagdaýlarda öwrenilýär $c \approx 3 \cdot 10^8$ m/s. Munda ähli hasaplama sistemalarynda ýeke-täk wagt ýa-da wagt hasaplamasy kabul edilýär. Klassyky mehanikada Galileýiň otnositellik prinsipi esas edip alnan, ýagny dinamikanyň kanunlary ähli inersial hasaplama sistemalarynda birmeňzeş ýerine ýetirilýär.

Galileýiň çalşyrmalarynyň mazmunyny ýada salalyň. Ol iki bir-birine görä v tizlik bilen hereketlenýän K we K' inersial hasaplama sistemalaryna görä hereketlenýän jisimiň koordinatalaryny we tizliklerini hasaplamaga mümkinçilik berýär.

Hususy halda K' hasaplama sistemasy K hasaplama sistemasynyň X oky boýunça hereket etsin (5.1-nji surat). Onda gozganmaýan hasaplama sistemasy K -a görä Galileýiň çalşyrmalary aşakdaky görnüşde bolýar:

$$x = x' + vt, \quad y = y', \quad z = z', \quad t = t'. \quad (5-1)$$

Başlangyç ýagdaýda ($t=0$), iki ulgamyň hem oklary üstme-üst ýerleşýär.

Galileýiň çalşyrmalaryna görä bir hasaplama sistemasyndan ikinji hasaplama sistemasyna geçendäki tizlikler

$$v_x = v'_x + v, \quad v_y = v'_y, \quad v_z = v'_z. \quad (5-2)$$

Jisimiň tizlenmeleri bolsa ähli hasaplama sistemalarynda birmeňzeş eken:

$$a_x = a'_x, \quad a_y = a'_y, \quad a_z = a'_z. \quad (5-3)$$

Diýmek, klassyky mehanikadaky Nýutonyň ikinji kanuny $\vec{F} = m\vec{a}$ bir inersial hasaplama sistemasyndan ikinji hasaplama sistemasyna geçende öz şeklini saklaýar.

Makswelliň nazaryýetine esasan elektromagnit tolkunlarynyň ýaýraýyş tizligi ähli inersial hasaplama sistemalarynda birmeňzeş bolup, ol ýagtylygyň wakuumdaky tizligine deň.

Ýagtylygyň tizligi bolsa, hasaplama sistemalaryna ýa-da hasaplama jisimiň (ýagtylygy serpikdirýän aýnalar) hereket tizliklerine bagly dälligi A. Maýkelson we E. Morli tarapyndan hem tejribede subut edildi.

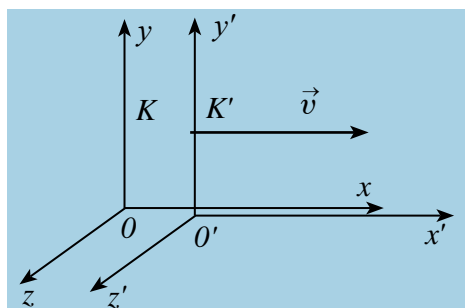
Mundan, gelip çykýarki, elektromagnit tolkunlarynyň (hususy ýagdaýda ýagtylygyň) ýaýraýyş tizligi Galileýiň çalşyrmalaryna görä inwariant, ýagny inersial ulgamyň saýlanyşyna bagly. Eger elektromagnit tolkuny ýokarda agzalan K' hasaplama sistemasynda c tizlik bilen ýaýraýan bolsa, onuň K hasaplama sistemasyndaky tizligi $v+c$ bolmaly, ýöne c däl!

A. Eýnşteýn şeýle gapma-garşylygyň soňuna çykýar. Ol giňişlik we wagt baradaky meşhur düşüňjani ret edýär. Relýatiwistik däl (klassyky) fizikada absolýut diýlip hasaplanan fiziki ululyklary, şol sanda wagty relýatiwistik (iňlisçe *relativity* – otnositellik) fizikada otnositel ululyklar diýip kabul etdi we özüniň otnositellik nazaryýetini teklipti.

Otnositellik nazaryýeti ýagtylygyň tizliginden kiçi, emma oňa ýakyn bolan tizlik bilen hereketlenýän jisimleriň hereket kanunlaryny öz içine alýan mehanikanyň kanunlarynyň toplumyndan ybarat bolup, ol “relýatiwistik mehanika” diýlip atlandyryldy. Eýnşteýniý mahsus otnositellik nazaryýetiniň esasyny iki postulat – otnositellik prinsipi we ýagtylygyň tizliginiň hemişelik prinsipi düzýär:

1. Ýagtylygyň tizliginiň hemişelik prinsipi: ýagtylygyň wakuumdaky tizligi ähli inersial hasaplama sistemalarynda birmeňzeş we hemişelik bolup, çeşmeleriň hem-de kabul ediji esbaplaryň hereketine bagly däl.

2. Eýnşteýniň otnositellik prinsipi: ähli fiziki kanunlar we hadysalar ähli inersial sistemalarda birmeňzeş ýüze çykýar. Diýmek, ähli fizika kanunlary hemme inersial hasaplama sistemalarda birmeňzeş görnüşe eýe.



5.1-nji surat.

Eýnşteýniň postulatlary we ol esasynda geçirilen matematiki derňewler Galileýiň çalşyrmalarynyň relýatiwistik ýagdaýlar üçin dogry gelmeýändigini görkezdi. Munda Lorensiň çalşyrmalary ýerlikli eken. Bu çalşyrmalar ýagtylygyň tizligine ýakyn bolan bir inersial hasaplama sistemasyndan ikinji hasaplama sistemasyna geçendäki ähli relýatiwistik effektlere düşündirip berýär hem-de ($v \ll c$) kiçi tizliklerde Galileýiň çalşyrmalarynyň formulasyna geçýär. **Şeýdip, otnositellik nazaryýeti klassyky Nýuton mehanikasyny ret etmeýär, belki onuň ulanylyş çäginde kesgitläp berýär.**

Koordinatany we wagty çalşyrmagyň kinematik formulalary ýörite otnositellik nazaryýetinde Lorensiň çalşyrmalary diýlip atlandyrylyp, ol 1904-nji ýylda hödürlenendir. Bu çalşyrmalar elektrodinamikanyň deňlemeleri üçin hem inwariantdyr.

5.1-nji suratda garalan hasaplama sistemalary üçin, Lorensiň çalşyrmalary aşakdaky görnüşde ýazylýar:

$K' \rightarrow K$	$K \rightarrow K'$
$x = \frac{x' + vt'}{\sqrt{1 - \beta^2}}$	$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \beta^2}}$
$y = y'$	$y' = y$
$z = z'$	$z' = z$
$t = \frac{t' + vx'/c^2}{\sqrt{1 - \beta^2}}$	$t' = \frac{t - vx/c^2}{\sqrt{1 - \beta^2}}$
$\beta = v/c$	

Tizlikleri goşmagyň relýatiwistik kanuny. Lorensiň çalşyrmalaryndan giňişlik we wagt aýratynlyklaryna degişli ençeme möhüm netijeler gelip çykýar. Olardan birinjisi wagtyň relýatiwistik haýallanma effektidir.

K' sistema X' nokadynda $\tau_0 = t'_2 - t'_1$ wagt aralygynda periodik proses ýüze çykdy, diýip çak edeliň. Bu ýerde: t'_2 we t'_1 lar K' hasaplama sistemasyndaky sagadyň görkezijeleri.

Bu prosesi K hasaplama sistemasynda ýüze çykyş peridy $\tau = t_2 - t_1$ -e deň bolýar. t_2 we t_1 wagtlary Lorensiň çalşyrmalaryndan peýdalanyp, aňlatmalaryny ýazsak:

$$\tau = \frac{t'_2 + \frac{vx'_2}{c^2}}{\sqrt{1 - \beta^2}} - \frac{t'_1 + \frac{vx'_1}{c^2}}{\sqrt{1 - \beta^2}} = \frac{t'_2 - t'_1}{\sqrt{1 - \beta^2}} = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - \beta^2}};$$

$$\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1-\beta^2}}. \quad (5-4)$$

Diýmek, $\tau > \tau_0$, ýagny gozganmaýan hasaplama sistemasyna görä hereketlenýän sistemada wagtyň geçişi haýallaýar.

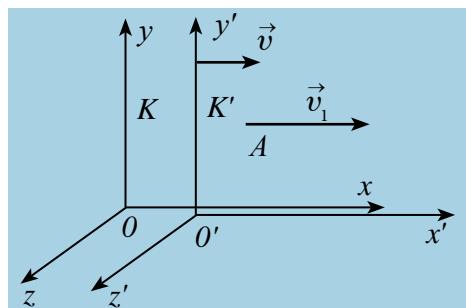
Edil şu prinsipe esasan uzynlygyň relýatiwistik kemelişini subut etmek mümkin.

$$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = l_0 \sqrt{1 - \beta^2} \text{ -a deň bolýar.}$$

Munda: l_0 we l – sterženiň gozganmaýan we hereketlenýän hasaplama sistemasyndaky uzynlyklary.

Şeýdip, gözegä görä hereketlenýän jisimiň çyzykly ölçegi gysgalýar. Bu relýatiwistik effekt Lorensiň uzynlyk gysgalyşy diýlip atlandyrylýar. Lorensiň çalşyrmalaryndan gelip çykýan möhüm netijelerden biri tizlikleri goşmagyň relýatiwistik kanunydyr.

Jisim gozgalýan K' hasaplama sistemasynda x' oky boýunça v_1 tizlik bilen hereketlensin. K' hasaplama sistemasy, öz nobatynda, gozganmaýan hasaplama sistemasyna görä v tizlik bilen hereketlensin. Hereket dowamynda x we x' oklary gabat gelsin, y we y' , z we z' oklary özara parallel ýagdaýda bolsun (5.2-nji surat).



5.2-nji surat.

Jisimiň K' hasaplama sistemasyna görä tizligi v_1 we K hasaplama sistemasyna görä tizligi v_2 bolsa, onda tizlikleri goşmagyň relýatiwistik kanuny aşakdaky görnüşde ýazylýar:

$$v_2 = \frac{v_1 + v}{1 + \frac{v_1 \cdot v}{c^2}}. \quad (5-5)$$

Eger tizlikler ýagtylyk tizligine görä örän kiçi bolsa, ýagny $v \ll c$ we $v_1 \ll c$, onda $\frac{v_1 \cdot v}{c^2}$ agzany hasaba almasak-da bolýar $\frac{v_1 \cdot v}{c^2} \approx 0$. Onda, ýokardaky tizlikleri relýatiwistik goşmak kanuny klassyky mehanikadaky tizlikleri goşmak kanunyna öwrülýär.

$$v_2 = v_1 + v$$

Eger $v_1 = c$ bolsa, onda Eýnşteýniň postulatlarýna görä $v_2 = c$ bolmaly. Hakykatdan hem:

$$v = \frac{c + v}{1 + \frac{c \cdot v}{c^2}} = c \frac{c + v}{c + v} = c.$$



1. Galileýiň çalşyrmalaryny düşündiriň.
2. Otnositellik nazaryýetiniň postulatlarýny kesgitläň we olaryň mazmunyny düşündiriň.
3. Uzynlygyň otnositelligi we onuň Lorens gysgalmasyny düşündiriň.
4. Wagt interwalynyň otnositelligi we wagtyň relýatiwistik haýallanmagyny düşündiriň.

33-nji tema. MASSANYŇ TIZLIGE BAGLYLYGY. RELÝATIWISTIK DINAMIKA. MASSA BILEN ENERGIÝANYŇ ÖZARA BAGLYLYK KANUNY

Eýnşteýniň otnositellik prinsipi tebigatyň ähli kanunlarýny bir inersial hasaplama sistemadan başga hasaplama sistemasyna geçende inwariantlygyny düşündirýär. Bu diýeni ähli tebigat kanunlarýny aňladýan deňlemeler Lorensiň çalşyrmalaryna görä inwariant bolmaly. Ýöne, Nýutonyň mehanikasynyň deňlemeleri Lorensiň çalşyrmalaryna inwariant däl eken.

Kiçi tizliklerde Nýutonyň ikinji kanuny $m \vec{a} = m \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \vec{F}$ görnüşde ýazylardy.

Eger $m \vec{v} = \vec{p}$ jisimiň impulsy diýsek, onda $m \Delta \vec{v} = \Delta \vec{p}$ jisimiň impulsynyň

üýtgeýşi bolany üçin $\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$ diýip ýazmak mümkindi. Bu formulalarda,

hususan-da, $m \vec{v} = \vec{p}$ -da massa hemişelik diýlip garalardy. Uly tizliklerde-de bu deňleme öz şeklini üýtgetmeýändigini ajaýypdy. Uly tizliklerde diňe massa üýtgeýän eken. Eger dynçlykda duran jisimiň massasy m_0 bolsa, onuň v tizlik bilen hereketlenendäki massasy m aşakdaky formula boýunça anyklanar eken:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \beta^2}} \quad \text{we} \quad \beta = \frac{v}{c}. \quad (5-6)$$

5.3-nji suratda massanyň tizlige baglylyk grafigi getirilen. Jisimiň tizligi \bar{v} ýagtylygyň tizliginden örän kiçi bolanda, $\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$ agza birden örän kem tapawutlanýar we $m \approx m_0$ bolýar.

Şeýdip, Nýuton häsiýetlendiren jisimiň massasy we impulsy tizlige bagly eken.

Relýatiwistik mehanikada energiýanyň saklanma kanuny edil klassyky mehanikadaky ýaly ýerine ýetirilýär. Jisimiň kinetik energiýasy E_k onuň tizligini üýtgetmegi ýada tizlik bermek üçin daşky güýçleriň eden

işine deň, ýagny $\Delta E_k = E_k = A$. Kinetik energiýa $\Delta E_k = \frac{1}{2}mv^2$ -a artanda onuň

massasy $\Delta m = m - m_0$ -a üýtgände, u $\Delta m = \frac{\Delta E_k}{c^2}$ -a deň bolýar. Jisimiň umumy

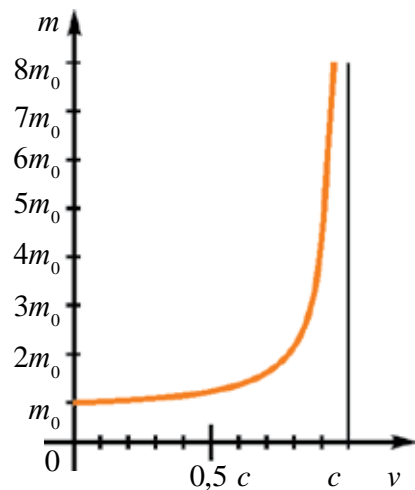
energiýasynyň aňlatmasynyň otositellik nazaryýetine esasan Eýnşteýn aşakdaky görnüşini getirip çykardy:

$$E = mc^2 = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} . \quad (5-7)$$

Diýmek, relýatiwistik mehanikada jisim ýa-da jisimler sistemasynyň doly energiýasy onuň hereketdäki massasy m bilen ýagtylyk tizliginiň kwadratyna köpeltmek hasylyna deň eken. Bu Eýnşteýniň formulasy bolup, massanyň we energiýanyň özara baglanyşyk kanuny diýlip atlandyrylýar.

Jisimiň doly energiýasy $E = m_0 c^2 + E_k$ deň bolup, bu ýerde E_k – jisimiň adatdaky kinetik energiýasy, $E_0 = m_0 c^2$ bolsa, jisimiň dynçlykdaky energiýasy.

Dynçlykda massa eýe bolan bölejikler, dynçlykdaky massasy $m_0 = 0$ bolan bölejige öwrülende, onuň dynçlykdaky energiýasy täze peýda bolan bölejigiň kinetik energiýasyna öwrülýär. Bu bolsa bölejigiň ýa-da jisimiň dynçlykdaky energiýasy bardygynyň amaly subudydyr.



5.3-nji surat.

Otnositellik nazaryýetinde jisimiň kinetik energiýasy aşakdaky ýaly kesgitlenýär:

$$E_k = E - E_0 = mc^2 - m_0c^2 = \frac{m_0c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - m_0c^2 = m_0c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right). \quad (5-8)$$

$p = \frac{m_0v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ we $E = \frac{m_0c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ formulalardan energiýa bilen impulsyň

arasyndaky baglanyşygy kesgitlemek mümkin. Bu formulany aşakdaky görnüşde ýazýarys:

$$\left(\frac{p}{m_0c} \right)^2 = \frac{\frac{v^2}{c^2}}{1 - \frac{v^2}{c^2}}; \left(\frac{E}{m_0c^2} \right)^2 = \frac{1}{1 - \frac{v^2}{c^2}}. \quad (5-9)$$

Bu deňlemelerden $E^2 = (m_0c^2)^2 + (p \cdot c)^2$ formulany getirip çykarmak mümkin. Mundan ýene bir gezek netije gelip çykýar. Eger jisim ýa-da bölejik dynçlykda bolsa, onuň impulsy $p=0$ deň we onda doly energiýa $E^2 = E_0^2 = (m_0c^2)^2$ dynçlykdaky energiýa deň bolýar.

Bu formuladan bölejik massa eýe bolmasa-da, ($m_0=0$) ol energiýa we impulsa eýe bolmagynyň mümkinligini görkezýär, ýagny $E=p \cdot c$. Şeýle bölejiklere massasyz bölejikler diýilýär.

Şeýle bölejiklere mysal edip fotony getirip bileris we onuň dynçlykdaky massasy nola deň, ýöne ol impulsa hem, energiýa hem eýe. Massasyz bölejikler dynçlykda bolmaýar we olar ähli inersial hasaplama sistemalarynda araçäk tizlik c bilen hereketlenýär.



- 1. Dinamikanyň esasy kanuny relýatiwistik mehanika üçin nähili aňladylýar?*
- 2. Massa bilen energiýanyň arasyndaky baglanyşyk kanunyň relýatiwistik formulasynyň kesgitlemesini aýdyň.*
- 3. Dynçlykdaky energiýanyň formulasyny häsiýetlendirin.*

Mesele çözmegiň nusgasy

1. Iki kosmos gämisi Ýerden garşylykly tarapa hereket edýär we olaryň her biriniň Ýere görä tizligi $0,5 c$ -a deň. Birinji gäminiň ikinji gämä görä tizligi nähili?

Berlen:	Formulasý:	Çözülişi:
$v_1 = 0,5 c$ $v_2 = -0,5 c$ <hr/> Tapmaly: $v_{otn} = ?$	$v_{otn} = \frac{v_1 - v_2}{1 - \frac{v_1 \cdot v_2}{c^2}}$	$v_{otn} = \frac{0,5c - (-0,5c)}{1 - \frac{0,5c \cdot (-0,5c)}{c^2}} = \frac{c}{1,25} = 0,8 c.$ <i>Jogaby: 0,8 c.</i>

5-nji gönükme

1. Haýsy biri köp energiýa eýe: 1 kg suw (E_1), 1 kg kömür (E_2) ýa-da 1 kg benzin (E_3)? (*Jogaby: $E_1 = E_2 = E_3$*)

2. m massaly kömür nähili energiýa eýe (c – ýagtylygyn tizligi, λ – udel ereme ýylylygy, q – udel ýanma ýylylygy). (*Jogaby: mc^2*)

3. 0,6 c tizlik bilen hereketlenýän bölejigiň kinetik energiýasy onuň dynçlykdaky energiýasyndan näçe esse kiçi? (*Jogaby: 4 esse*)

4. Bölejigiň tizligi nähili bolanda onuň kinetik energiýasy onuň dynçlykdaky energiýasyndan 2 esse uly? (*Jogaby: $2\sqrt{2} / 3 c$*)

5. Maýyşgaklyk koeffisiýenti 20 kN/m bolan puržin 30 cm-e süýnse, onuň massasy näçä artar? (*Jogaby: $1 \cdot 10^{-14}$ kg*)

6. 1 kg suwuň temperaturasy 81 K-a artdyrylsa, onuň massasy näçä artar (kg)? (*Jogaby: $3,78 \cdot 10^{-12}$*)

7. Massasy 20 kg bolan azot hemişelik basyşda 0°C dan 200°C çenli gyzdyryldy. Azotyň massasy näçä artypdyr? Azotyň hemişelik basyşdaky ýylylyk sygymy 1,05 kJ/kg · K. (*Jogaby: $4,7 \cdot 10^{-8}$ gr*)

8. Günüň şöhlelenmesi $3,78 \cdot 10^{26}$ W. 1 s-da Gün şöhlelenme netijesinde näçe (kg) massa ýitirýär? (*Jogaby: $4,3 \cdot 10^9$ kg*)

9. Jisim 0,89 c tizlik bilen hereketlenýär. Onuň dykzlygy dynçlyk ýagdaýyna görä nähili üýtgeýär? (*Jogaby: 5 esse artýar*)

10. Mýuon (mýu norma) atmosferanyň ýokary gatlaklarynda peýda bolup, dargaýança 5 km-e uçup barýar. Eger onuň hususy ýaşaýyş wagty $2 \mu s$ bolsa, ol nähili tizlik bilen hereketlenipdir? (*Jogaby: 0,99 c*)

11. Eger kometanyň “görünme” uzynlygy onuň (l_0) hususy uzynlygyndan $\sqrt{2}$ esse kem bolsa, kometanyň gözegçä görä tizligini anyklaň. (*Jogaby: $\frac{\sqrt{2}}{2}$
 $c \approx 0,71 c$*)

12. Eger proton 240000 km/s tizlik bilen hereketlenýän bolsa, onuň massasy dynçlykdaky massasyndan näçe esse uly? $c = 300\,000$ km/s. (*Jogaby:*

$$\frac{m}{m_0} \approx 1,67 \text{ esse})$$

13. Steržen v tizlik bilen K – hasaplama sistemasyna görä hereketlenýär. Tizligiň nähili bahasynda şu hasaplama sistemasynda onuň uzynlygy hususy uzynlygyndan 0,5% -e kem bolýar? (Jogaby: $v \approx 3 \cdot 10^7$ m/s)

14. Eger $\tau_0 = 5$ s wagtda K – hasaplama sistemasynda hereketlenýän sagat $\Delta t = 0,1$ s-a gijä galsa, ol nähili tizlik bilen hereketlenipdir? (Jogaby: $v = 0,2$ s)

15. Bölejigiň relýatiwistik impulsy Nýutonyň (klassyky) impulsyndan 2 esse uly bolsa, bölejigiň tizligini anyklaň. (Jogaby: $v = \frac{\sqrt{3}}{2}c$)

16. Bölejigiň kinetik energiýasy onuň dynçlykdaky energiýasyna deň bolandaky tizligi tapylsyn. (Jogaby: $v = \frac{\sqrt{3}}{2}c$)

17. Çaltlandyryjy elektrona $4,08 \cdot 10^6$ eV energiýa berýär. Elektronyň tizligini we massasyny anyklaň. (Jogaby: $v \approx 0,98c$, $m = 9m_0$)

V BABY JEMLEMEK BOÝUNÇA TEST SORAGLARY

- Eger sterženiň dynçlykdaky uzynlygy 1 m bolsa, 0,6 c tizlik bilen hereketlenýän sterženiň uzynlygy nämä deň?**
A) 80 cm; B) 84 cm; C) 89 cm; D) 90 cm.
- Hereket ugrunda jisimiň uzynlygy näçe göterime kemelýär, eger onuň tizligi $2,4 \cdot 10^8$ m/s bolsa?**
A) 80; B) 60; C) 40; D) 30.
- Jisimiň boý ölçegi 20%-e kemelen bolsa, ol nähili tizlikde hereketlenipdir? c – ýagtylygyň wakuumdaky tizligi.**
A) 0,2 c ; B) 0,6 c ; C) 0,4 c ; D) 0,7 c .
- Ýere görä 0,99 c tizlik bilen hereketlenýän uçar ýyldyzda näçe wagt geçýär? Bu wagtda Ýerde 70 ýyl geçipdir?**
A) 10 sagat; B) 1 ýyl; C) 10 ýyl; D) 20 ýyl.
- Eger elektron 0,87 c tizlik bilen hereketlenýän bolsa, onuň massasy dynçlykdaky massasyndan näçe esse uly bolýar?**
A) 2; B) 2,5; C) 0,4; D) 0,5.
- Eger proton 0,8 c tizlige çenli tizlendirilse, onuň massasy nämä deň? $m_0 = 1$ a.m.b**
A) 2,6 a.m.b; B) 1,7 a.m.b; C) 1,9 a.m.b; D) 1,4 a.m.b.
- Eger elektronyň tizligi 0,6 c-a deň bolsa, onuň massasy nähili üýtgeýär?**
A) 1,5 esse artýar; B) üýtgemelýär;
C) 1,2 esse artýar; D) 3 esse artýar.

8. $0,6 c$ tizlik bilen hereketlenýän elektronyň massasy dynçlykdaky massasyndan näçe esse uly bolýar?
 A) 6; B) 3; C) 2,4; D) 1,25.
9. Iki bölejik bir-birine $5 c/8$ tizlik bilen hereketlenýär. Olaryň otositel tizlikleri nämä deň?
 A) $0,5 c$; B) $0,6 c$; C) $0,7 c$; D) $0,9 c$.
10. Bölejigiň dynçlykdaky massasy m . Onuň $0,6 c$ tizlikdäki massasyny anyklaň.
 A) $1,83 m$; B) $1,67 m$; C) $1,25 m$; D) $2,78 m$.
11. $1,8 \cdot 10^8$ m/s tizlik bilen hereketlenýän bölejigiň massasy onuň dynçlykdaky massasyndan näçe göterim köp?
 A) 60; B) 54; C) 36; D) 25.
12. Bölejigiň nähili tizliginde onuň hereketdäki massasy onuň dynçlykdaky massasyndan 40% köp bolar?
 A) $0,4 c$; B) $0,6 c$; C) $0,64 c$; D) $0,7 c$.
13. Haýsy biri köp energiýa eýe: 1 kg spirt (E_1), 1 kg toshkömür (E_2) ýa-da 1 kg kerosin (E_3)?
 A) $E_1 < E_2 < E_3$; B) $E_1 = E_2 = E_3$; C) $E_1 < E_3 < E_2$; D) $E_1 < E_2 = E_3$.
14. m massaly kömir nähili energiýa eýe (c – ýagtylygyň tizligi, λ – udel ereme ýylylygy, q – udel ýanma ýylylygy).
 A) mc^2 ; B) mq ; C) $mc^2/2$; D) $m\lambda$.
15. $0,6 c$ tizlik bilen hereketlenýän bölejigiň kinetik energiýasy onuň dynçlykdaky energiýasyndan näçe esse kiçi?
 A) 2; B) 3; C) 3,6; D) 4.
16. Günüň şöhlenmesi $3,78 \cdot 10^{26}$ W. 1 s-da Gün şöhlenme netijesinde näçe (kg) massa ýitirýär?
 A) $22 \cdot 10^{11}$; B) $4,3 \cdot 10^9$; C) $1,7 \cdot 10^8$; D) $1,5 \cdot 10^{10}$.

V bapda öwrenilen iň möhüm düşüňjeler, düzgünler we kanunlar

1.	Otositellik nazaryýeti	Eýnşteýniň ýörite otositellik nazaryýeti giňişlik we wagt barada klassyky düşüňjeleriň ýerine gelen taglymatdyr.
2.	Ýagtylygyň wakuumdaky tizliginiň hemişeligi	Ýagtylygyň wakuumdaky tizligi ähli hasaplama sistemalarynda birmeňzeş bolup c -ge deň we çesme hem-de kabul edijileriň tebigatyna bagly däl. Bu tejribede Maýkelson tarapyndan subut edilen.

3.	Eýnşteýniň postulat-lary	1. Ýagtylygyň wakuumdaky tizligi ähli hasapla-ma sistemalarynda birmeňzeş we çesme hem-de kabul edijileriň tebigatyna bagly däl. 2. Ähli tebigat kanunlary we hadysalary ähli inersial hasaplama sistemalarynda birmeňzeş ýüze çykýar.
4.	Lorensiň çalşyrmalary	Otnositellik nazaryýetiniň matematiki esasyny Lorensiň çalşyrmalary düzýär.
5.	Wagtyň relýatiwistik haýallanmagy	$\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$, bu ýerde τ_0 – hususy wagt.
6.	Uzynlygyň relýatiwistik Lorensiň gysgalması	$l = l_0 \sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$, bu ýerde l_0 – hususy uzynlyk.
7.	Relýatiwistik impulsyň formulasy	$\vec{p} = \frac{m_0 \vec{v}}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = m \vec{v}$.
8.	Relýatiwistik dinami-kanyň esasy kanuny	$\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$.
9.	Tizlikleri goşmagyň relýatiwistik kanuny	$v_2 = \frac{v_1 + v}{1 + \frac{v_1 \cdot v}{c^2}}$.
10.	Relýatiwistik massa	$m = \frac{m_0 \gamma}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$, m_0 – dynçlykdaky massa.
11.	Jisimiň doly energiýasy	Jisimiň ýa-da bölejigiň energiýasy onuň massasy bilen ýagtylygyň tizliginiň kwadratynyň köpelt-mek hasylyna deň: $E = mc^2$.
12.	Jisim energiýasy üýtgeýşiniň massanyň üýtgeýşine baglylygy	$\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2}$.
13.	Jisimiň dynçlykdaky energiýasy	$E_0 = m_0 c^2$.
14.	Jisimiň kinetik energiýasy	$E_k = E - E_0 = mc^2 - m_0 c^2$.

34-nji tema. KWANT FIZIKASYNYŇ DÖREÝŞI

Kwant fizikasynyň döremegine sebäp, XX asyryň başynda fizikada uly krizisler – meseleler peýda boldy. Öňki klassyky nazaryýetler, şol sanda Makswelliň nazaryýeti hem bu ylmy fiziki meseleleri çözüp bilmedi.

Olardan biri – bu ýylylygyň şöhlelenmesidir. Ýylylykdan şöhlelenýän jisim özüniň ýylylygyny töweregindäki jisimlere we gurşawa berip, termodinamiki deňagramlylyga, ýagny temperaturalaryň deňleşmegine getirmelidi. Bu termodinamikanyň esasy prinsipidir. Ýöne, şöhlelenýän jisim, meselem, Günüň temperaturasy 6000 K bolsa, şeýle hadysa ýüze çykmaýar. Şonuň ýaly-da, şöhlelenýän energiýa ähli tolkun uzynlyklarynda her hili bolup, anyk temperatura bagly bolmadyk paýlama kanunyna boýun egýär. Bu diýen söz her bir tolkun uzynlygyna dogry gelýän şöhlelenme energiýasynyň ulşi her hili eken. Bu baglanyşykda maksimal şöhlelenme energiýasynyň maksimumy temperatura bagly bolup, Winiň süýşme kanuny boýunça üýtgeýär:

$$\lambda_m T = b. \quad (6-1)$$

Bu ýerde: λ_m T temperaturadaky şöhlelenýän energiýanyň maksimumyna dogry gelýän tolkun uzynlygy. b – Winiň hemişeligi bolup, $b = 2,898 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$ -a deň.

Winiň süýşme kanuny jisimiň şöhlelenmesiniň maksimumyna dogry gelýän tolkun uzynlygy, λ_m absolyút temperatura ters proporsionaldyr:

$$\lambda_m = \frac{b}{T}.$$

Meselem, Günüň maksimal şöhlelenme energiýasy ($\lambda = 470 \text{ nm}$) ýaşyl şöhlelere dogry gelýär. Bu bolsa Winiň kanunyna esasan $T = 6300 \text{ K}$ -lara dogry gelýär. Bu şöhlelenme energiýasynyň paýlanyşyny Releý-Jins klassyky statistik mehanikanyň kanunyna esasan, termodinamikanyň molekularlaryň energiýasyny erkinlik derejesi boýunça paýlama kanunyna görä bu paýlanyşygy işläp çykdy. Ol diňe uzyn tolkunlarda bar bolan paýlanyşygy

düşündirip berdi, gysga tolkunlar üçin tejribe netijelerine we amalyýete ters geldi.

XX asyryň başyna gelip peýda bolan krizisli ylmy meselelerden biri gazlaryň hem-de metal buglarynyň şöhlenenme spektrleriniň çyzykly bolýandygyny düşündirmelidi. Şonuň ýaly-da, fotoeffekt hadysasynyň açyş edilmegi, ýagtylygyň basyşa eýe bolmagy hem-de ýagtylyk şöhleleriniň elektronlarda ýaýraýşy ýalylary klassyky fizika, şol sanda Makswelliň elektromagnit nazaryýeti düşündirip bilmedi.

Bu meseleleri çözmekde nemes alymy M. Plank täze – klassyky fizika ters taglymy öňe sürdi. Ol gyzdyrylan jisimiň şöhlenenmesi we siňdirilmegi üznüksiz ýüze çykmazdan, belki aýratyn porsiyá-porsiyalarda (kwantlarda) ýüze çykýar diýip çak etdi. Kwant – bu jisimiň siňdirmе ýa-da şöhlenenme energiýasynyň minimal bölegidir.

Plankyň nazaryýetine görä, kwant energiýasy ýagtylygyň ýygylgyna göni proporsional:

$$E = h\nu, \quad (6-2)$$

bu ýerde: h – Plankyň hemişeligi bolup, $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{J} \cdot \text{s}$ -a deň. Plank jisimiň şöhlenenmesi we ýagtylygy siňdirmegi üznükli bolýar diýip, şöhlenenme energiýasyny tolkun uzynlygy boýunça paýlama kanunyny döretdi we ýokardaky meseleleri düşündirip berdi.

Şonuň ýaly-da, şöhlenenýän jisimleriň bar bolmak şertleri (Günüň mysalynda) hem-de termodinamiki deňagramlylygy ýüze çykmagynyň hökman dældigini düşündirip berdi.



1. *Häzirki zaman fizikasy nukdaý nazaryndan ýagtylyk näme?*
2. *Ýagtylygyň korpuskulýar häsiýetini häsiýetlendirýän faktorlar nähili?*
3. *M.Plankyň gipotezasynyň mazmuny nämeden ybarat?*
4. *Plankyň hemişeliginiň manysy näme?*

35-nji tema. FOTOELEKTRIK EFFEKT. FOTONLAR

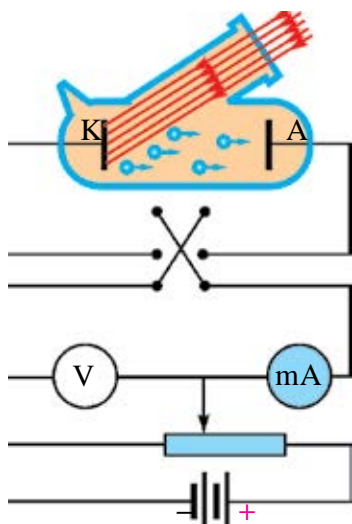
Fotoelektrik effekt ýa-da gysgaça – fotoeffekt 1887-nji ýylda G. Gers tarapyndan açyş edilip, tejribede rus alymy A. Stoletow (F. Lenarddan bihabar) her taraplaýyn öwrenipdir.

Daşky fotoeffekt – bu maddadan ýagtylygyň täsirinde elektronlaryň çykarylmagydyr.

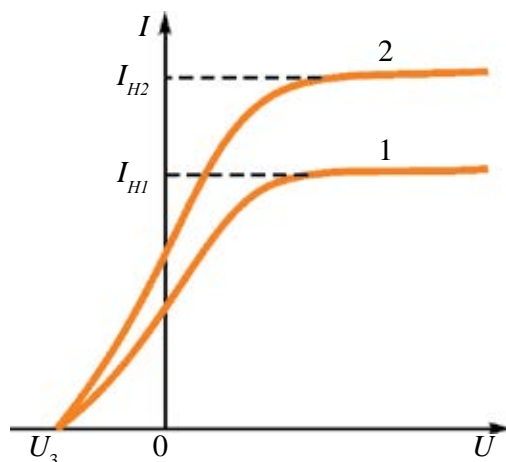
Fotoeffekt hadysasyny öwrenmegiň eksperiment gurluşynyň shematik görnüşi 6.1-nji suratda getirilen.

Gurluşyň esasy iki elektrod: anoda we katoda eýe hem-de kwarsdan taýýarlanan “Aýnaly” çüýşe ballondan ybarat. Çüýşe ballonyň içinde wakuum emele getirilýär, çünki wakuumda elektronlar we başga bölejikler göni çyzykly hereket edip bilýärler.

Elektrodlara potensiometr arkaly naprýaženiýe (0-dan U çenli) bermek üçin tok çeşmesi ikilenen açar K arkaly birikdirilen. Ikilenen açar tok çeşmesiniň polýusyny çalşyryp, zynjyra birikdirmäge mümkinçilik berýär.



6.1-nji surat.



6.2-nji surat.

Elektroddan biri – katod (esasan, seziýli katod) kwars “aýna”dan monohromatik şöhle bilen ýşyklandyrylýar. Hemişelik tolkun uzynlygynda hem-de hemişelik ýagtylyk akymynda I fototok güýjüniň anoda berlen naprýaženiýesine baglylygy ölçelýär.

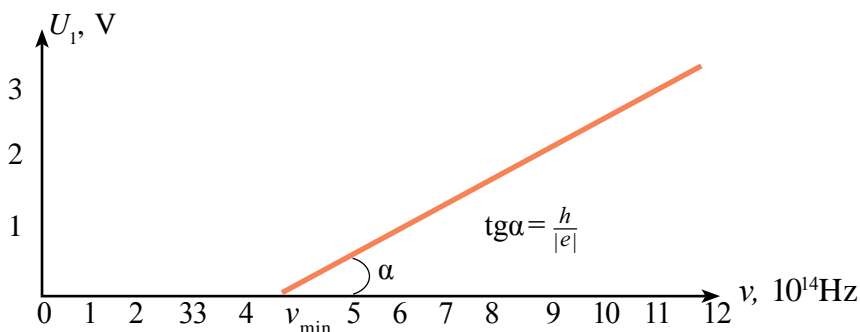
6.2-nji suratda fototok güýjüniň naprýaženiýä baglylygynyň tipik grafikleri getirilen. 2-nji grafik 1-ä görä ulurak ýagtylyk akymyna degişli. Bu ýerde: I_{1T} we I_{2T} doýunma toklary, $U_{\text{ýap}}$ – ýapyjy naprýaženiýe, ýagny şeýle otrisatel naprýaženiýe berlende fotoelektronlar başlangyç tizlikleri bilen anoda ýetip baryp bilmeýärler.

6.2-nji suratdaky grafiklere anodyň naprýaženiýesiniň uly položitel bahalarynda tok güýji doýunma eýe bolýar. Ýagny, katoddan çykan ähli elektronlar anoda ýetip barýar. Tejribelerden görnüşi ýaly, doýunma fototok güýji düşýän ýagtylyk akymyna göni proporsional.

Eger anoda katoda görä otrisatel naprýaženiýe bersek, ol elektronlary tormozlaýar we başlangyç tizliginiň hasabyna diňe uly kinetik energiýa eýe bolan elektronlar anoda ýetip barýar. Naprýaženiýe $U_{\text{ýap}}$ baha ýetende, fototok nola deň bolýar. Ýapyjy naprýaženiýe $U_{\text{ýap}}$ -nyň bahasyny berlen katod üçin ölçäp, fotoelektronlaryň maksimal kinetik energiýasyny kesgitlemek mümkin:

$$E_{k \max} = \frac{mv_{\max}^2}{2} = eU_{\text{ýap}}. \quad (6-3)$$

F.Lenardyň öz tejribelerinde görkezişi ýaly, $U_{\text{ýap}}$ – ýapyjy potensial düşýän şöhläniň intensiwligine (ýagtylyk akymyna) bagly bolmazdan, düşýän ýagtylygyň ýygylgyna çyzykly baglydygyny (6.3-nji surat) görkezýär.



6.3-nji surat.

Tejribeler esasynda **fotoeffekt kanunlary** açyş edildi:

1. Fotoelektronlaryň maksimal kinetik energiýasy ýagtylyk akymyna (intensiwligine) bagly däl we düşýän şöhläniň ýygylgyny ν -ge çyzykly bagly (ν artmagy bilen I çyzykly artýar).

2. Her bir madda üçin fotoeffekt ýüze çykýan minimal ýygylgy ν_{\min} bar we muňa fotoeffektiň gyzyl araçägi diýilýär.

3. Katoddan wagt birliginde çykýan fotoelektronlar sany katoda düşýän ýagtylyk akymyna (intensiwliline) göni proporsional, ýygylygyna bagly däl.

Fotoeffekt hadysasy inersiýasyz hadysadyr, ýagtylyk akymy togtan badyna fototok ýityär, ýagtylygyň düşmegi bilen fototok peýda bolýar.

Fotoeffekt nazaryýeti. Fotoeffekt nazaryýeti 1905-nji ýylda A. Eýnşteýn tarapyndan esaslandyryldy. Ol M. Plankyň gipotezasyndan peýdalanyp, elektromagnit tolkunlar hem aýratyn porsiyalar – kwantlardan ybarat diýen netijä gelýär. Olar soňluk bilen fotonlar diýlip atlandyryldy.

Eýnşteýniň taglymyna esasan, foton madda bilen täsirleşende, ol $h\nu$ energiýasyny bütinleý elektrona berýär. Energiýanyň saklanma kanunyna esasan, bu energiýanyň bir bölegi elektronyň maddadan çykmagyna sarp bolýar we galan bölegi elektronyň kinetik energiýasyna öwrülýär:

$$h\nu = A + \frac{mv^2}{2}. \quad (6-4)$$

Muňa *fotoeffekt üçin Eýnşteýniň deňlemesi* diýilýär.

Munda A – elektronyň maddadan çykmagy üçin edilen iş. Eger elektronyň maksimal kinetik energiýasy

$$\left(\frac{mv^2}{2}\right)_{\max} = eU_{\text{ýap}}$$

bolýandygyny hasaba alsak, Eýnşteýniň fotoeffekt üçin deňlemesini aşakdaky görnüşde hem ýazmak mümkin:

$$h\nu = A + eU_{\text{ýap}}.$$

Eýnşteýniň fotoeffekt üçin deňlemesi fotoeffekt hadysasy üçin energiýanyň saklanma kanunyny aňladýar. Şonuň ýaly-da, fotoeffekt kanunlaryny:

a) fotoelektronlaryň maksimal kinetik energiýasyny düşýän şöhläniň ýygylygyna çyzykly baglylygy we düşýän şöhläniň intensiwligine (akymyna) bagly dälligi;

b) fotoeffektiň gyzyk araçäginiň bolmagy, ýagny $h\nu_{\min} = A$ -ny;

ç) fotoeffektiň inersiýasyzdygyny düşündirip berdi. Eýnşteýniň deňlemesine esasan, 1 s-da meýdandan çykýan fotoelektronlaryň sany şu meýdana düşýän fotonlaryň sanyna proporsional bolýar.

Eýnşteýniň deňlemesi esasynda 6.3-nji suratdaky $U_{\text{ýap}}$ – ýapyjy potensialyň ýygylyga baglanyşyk grafiginiň ýapgytlygy $t\alpha$ – Plankyň hemişeliginiň elektron zarýadynyň gatnaşygyna deň, ýagny

$$tg\alpha = \frac{h}{|e|}. \quad (6-5)$$

Bu gatnaşyk Plankyň hemişeligini tejribede kesgitlemäge mümkinçilik berýär. Şeýle tejribe 1914-nji ýylda R. Milliken tarapyndan geçirilip, Plankyň hemişeligi anyklandy.

Bu tejribe fotoelektronyň çykyş işini hem kesgitlemäge mümkinçilik berdi:

$$A = h\nu_{\min} = \frac{h \cdot C}{\lambda_0}.$$

Bu ýerde: c – ýagtylygyň tizligi, λ_0 – fotoeffektiň gyzyl araçägine gabat gelýän tolkun uzynlygy.

Katodlar üçin çykyş işi eV-lerde ölçelýär ($1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$). Şonuň üçin hem Plankyň hemişeliginiň amalda eV-lerde aňladylan bahasy ulanylypdy: $h = 4,136 \cdot 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}$.

Metallaryň içinde aşgar metallar: Na, K, Cs, Rb ýalylar kiçi çykyş işine eýe. Şonuň üçin amalda olaryň oksidli we başga birikmeleri katodyň üstüni örtmek üçin ulanylypdy. Meselem: seziý oksidli katodyň çykyş işi $A = 1,2 \text{ eV}$, muňa dogry gelen fotoeffektiň gyzyl araçägi $\lambda_0 \approx 10,1 \cdot 10^{-7} \text{ m}$. Bu sary – göze görünýän ýagtylyk şöhlesini kabul edýän ulgamlarda giňden ulanylýar.

İçki fotoeffekt. Ýarymgeçirijiler ýagtylyk şöhlesi bilen şöhlelendirilende güýçsüz baglanan elektronlar fotonlary siňdirip, erkin elektron halyna geçýär. Munda ýarymgeçirijilerde erkin zarýad daşajyklaryň konsentrasiýasy hem-de, ýarymgeçirijiniň elektrik geçirijiligi artýar.

Ýarymgeçirijilere şöhle täsir etmegi netijesinde onda erkin zarýad daşajyklaryň emele gelmegine içki fotoeffekt diýilýär.

Şöhle täsir etmegi netijesinde ýarymgeçirijilerde emele gelýän goşmaça elektrik geçirijilige **fotogeçirijilik** diýilýär. Bu bolsa fotogarşylyklary öndürmekde ulanylýar. Fotogarşylyk – bu geçirijiligi ýagtylygyň täsirinde üýtgeýän garşylyklar bolup, ol radiotehnikada **foto rezistorlar** diýlip atlandyrylýar.

Fotonlar. Ýagtylygyň kwant nazaryýetine görä madda ýagtylyk şöhlesini siňdirende we şöhlelenmede ýagtylyk özünü bölejikleriň akymy ýaly ýüze çykarýar. Ýagtylygyň bu bölejigine **fotonlar** ýa-da **ýagtylyk kwantlary**

diýilýär. Fotonyň energiýasy $E=h\nu$ -ge deň. Foton wakuumda ýagtylygyň tizligi c bilen hereketlenýär. Foton dynçlykda massa eýe däl, ýagny $m_0=0$.

Otnositellik nazaryýetindäki $E=mc^2$ -dan peýdalanylýan fotonyň hereketdäki massasyny kesgitlemek mümkin:

$$m = \frac{E}{c^2} = \frac{h\nu}{c^2}. \quad (6-6)$$

Köplenç fotonyň $h\nu$ energiýasyny ýygýlyk arkaly däl, eýsem siklik ýygýlyk $\omega=2\pi\nu$ arkaly aňladylýar. Munda $\hbar = \frac{h}{2\pi}$ ulanylýar. Ony \hbar – haş çyzykly diýlip okalýar. \hbar -nyň bahasy: $\hbar = \frac{h}{2\pi} = 1,05 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ -e deň bolýar.

Ýagtylygy bölejikler – fotonlaryň akymyndan ybarat diýip garamak korpuskulýar nazaryýet bolup, munda Nýutonyň mehanikasyna dolanmak boldy, diýmek mümkin däl. Onuň hereket kanunlary kwant mehanikasynyň kanunlaryna boýun egýär.

XX asyryň başyna gelip, ýagtylygyň tebigatynyň iki hili tebigata eýedigini mälim boldy. Ýagtylygyň ýaýraýşynda onuň tolkun häsiýetleri (interferensiýa, difraksiýa, polýarlanma) we maddalar bilen täsirleşende (fotoeffekt, ýagtylyk basyşy we b.) korpuskulýar – bölejik häsiýetleri ýüze çykýar.

Bu häsiýetler **bölejik – tolkun dualizmi** diýlip atlandyrylyp başlandy. Soňluk bilen ylymda elektronlaryň, protonlaryň, neýtronlaryň akymly hem tolkun häsiýetine eýedigini mälim boldy.

Şu esasyda maddanyň ýagtylygy şöhlendirmegi we siňdirmegi, çyzykly spektrler, fotoeffekt hadysasy, ýagtylyk basyşy we başga hadysalar düşündirip berildi.



1. Foton näme? Fotonyň aýratynlyklary nämelerden ybarat?
2. Fotoeffekt kanunyny ýagtylygyň kwant nazaryýeti esasynda düşündiriň.
3. Eýnşteýniň formulasyny we onuň fiziki mazmunyny düşündiriň.
4. Fotoeffektiň ýüze çykyş şertleri nähili?
5. Fotoeffektiň gyzyl araçägini düşündiriň.
6. Ýagtylyk üçin bölejik dualizmi nämeden ybarat?

Foton hemişelik hereketde bolýanlygy üçin, ol $p = m \cdot c$ impulsa eýe bolýar. Ýokardaky gatnaşygy hasaba olsak, fotonyň impulsy $p = \frac{hv}{c}$ -a deň bolýar.

$\lambda = \frac{c}{\nu}$ formulany hasaba alyp, fotonyň energiýasyny we impulsyny tolkun uzynlygy arkaly aňladýarys:

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \text{ we } p = \frac{hv}{c} = \frac{h}{\lambda}. \quad (6-7)$$

Eger, jisimiň meýdanyna fotonlar akymy düşýän bolsa, onda fotonlar şu meýdana impuls berýär we ýagtylyk basyşyny emele getirýär.

Makswelliň elektromagnit nazaryýetine görä-de ýagtylyk käbir jisimiň meýdanyna düşende oňa basyş bilen täsir edýär. Ýöne, bu basyş örän kiçi baha eýe eken. Makswelliň hasaplaryna görä, Ýere düşýän Gün şöhlesiniň 1 m² meýdanly absolýut gara bölegine edýän basyş güýji 0,48 μN eken. Şeýle güýji açyk Ýer şertinde görmek gaty kyn.

Ilkinji gezek ýagtylyk basyşyny 1900-nji ýylda rus alymy P.N. Lebedew tejribede ölçäpdir. Munuň üçin inňän näzik gurluş ýasapdyr. Bir ýa-da birnäçe jübüt ganatjyklar bolan asma örän inçe ýüpe asylypdyr. Ýüpe aýna oturdylan bolup, ýuka ýeňil ganatjyklaryň biri ýaldyrawuk, ikinjisi garaldylypdyr. Ýaldyrawugy ýagtylygy gowy serpikdirýär, garaldany bolsa siňdirýär.

Sistema, howasy sorulyp alnan gabyň içine ýerleşdirilen bolup, gaty duýgur burama terezini düzýär. Asmanyň towlanyşyna ýüpe berkidilen aýnanyň we trubanyň kömeginde syn edilýär. Asmanyň towlanma burçuna garap, asma täsir edýän ýagtylygyň basyş güýji kesgitlenýär.

Lebedewiň netijeleri Makswelliň elektromagnit nazaryýetini tassyklady we ölçelen ýagtylyk basyşy nazary hasaplanan ýagtylygyň basyşyna 20% ýalňyşlyk bilen laýyk gelipdir. Soňluk bilen, 1923-nji ýylda Gerlahyň tejribeler esasynda ölçän ýagtylyk basyşy nazary hasaplanandan 2%-e tapawutlanypdyr.

Fotonlaryň akymynyň üste berýän basyşynyň formulasyny aşakdaky ýaly getirip çykarmak mümkin. Fotonyň meýdana galtaşmagy netijesindeki täsir güýji $F_1 = \frac{\Delta(mc)}{\Delta t}$ -e deň. Eger N sany foton urulsa, onda $F_k = NF_1 = \frac{N\Delta(mc)}{\Delta t}$.

Bu ýerde: $\Delta(mc)$ – fotonyň impulsynyň üýtgeýşi. Eger meýdan ideal ýaldyrawuk bolsa, $\Delta(mc) = 2mc$ -e, absolýut gara bolsa, $\Delta(mc) = mc$ -e deň.

$$\text{Onda absolýut gara meýdana berlen basyş } p_1 = \frac{F}{S} = \frac{N\Delta(mc)}{S \cdot \Delta t}.$$

$$\text{Eger meýdan ýaldyrawuk bolsa, } p_1 = \frac{N \cdot 2mc}{S \cdot \Delta t}.$$

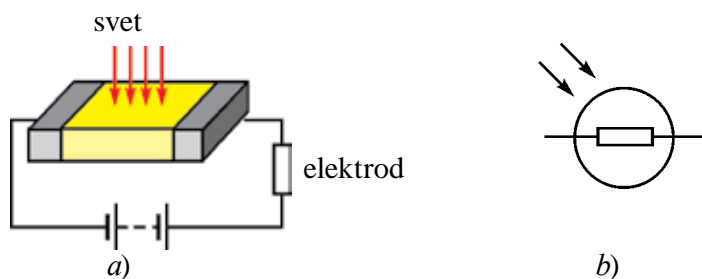
$$E = mc^2 \text{ dan } mc = \frac{E}{c} \text{ bolýandygy hasaba alynsa, } p = \frac{NE}{c \cdot S \cdot \Delta t}.$$

Bu ýerde $\frac{NE}{S \cdot \Delta t} = I$ – meýdan birligine wagt birliginde düşýän ýagtylyk (tolkun) energiýasyna ýagtylyk (tolkun) intensiwligi I diýilýär.

Onda $p = \frac{I}{c}$. Bu Makswelliň elektromagnit tolkunlarynyň maddanyň meýdanyna düşendäki (absolýut gara meýdana) edýän basyşynyň formulasydyr.

Fotoeffekt hadysasyna esaslanyp işleýän esbaplardan iň köp ulanylýanlary **fotogarşylykdyr**.

Fotogarşylygyň esasyny meýdany beýlekilerden uly bolan, ýagtylyga duýgur ýarymgeçiriji düzýär. Onuň shematik görnüşi we şertli belgisi 6.4-nji suratda getirilen.



6.4-nji surat.

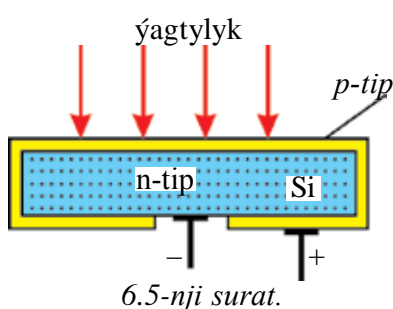
Otag temperaturasynda ýarymgeçirijiniň garşylygy örän uly we ondan örän kiçi tok geçýär. Oňa ýagtylyk düşmegi bilen erkin zarýad daşajyklaryň konsentrasiýasy artýar, garşylygy kemelýär. Tok güýji artýar.

Fotogarşylyklaryň üstünlükleri aşakdakylar. Ýokary fotoduýgurlyk, uzak möhlet netijeli işleýşi, ölçegi kiçiligi, taýýarlamak tehnologiýasy çylşyrymly däl, her hili tolkun uzynlygynda işleýän ýarymgeçirijili materialdan taýýarlamak mümkinligindedir.

Onuň kemçiliklerinden biri – garşylygynyň üýtgeýşi ýagtylyk akymyna çyzykly bagly dälligi bolsa, ikinjisi – temperatura duýgurlygydyr. Şol sanda, onuň inertligi uly, uly ýygylýklarda onuň ulanylyşynda ençeme meseleler peýda bolýar.

Içki fotoeffekte esaslanan fotoelementler.

Içki fotoeffekte esaslanan $p-n$ geçişli ýarymgeçirijili fotoelementler ýagtylyk energiýasyny elektrik energiýasyna öwürmekde ulanylýar. Gün energiýasyny elektrik energiýasyna öwürüp berýän ýarymgeçiriji – kremniýli fotoelementler giňden ulanylýar we olar **Gün batareýalary** adyny aldy.



Gün batareýasynyň esasy n -görnüşdäki kremniý plastinkasy düzýär, onuň ähli taraplary p -tipdäki kremniýniň ýuka ($1-2\text{-}\mu\text{m}$) gatlagy bilen örtülen (6.5-nji surat).

Elementiň meýdanyna ýagtylyk düşmegi bilen ýuka p -tipdäki gatlagda elektron köwek jübütleri emele gelip, ýuka gatlagda rekombinirlenmäge ýetişmezden $p-n$ tip geçişli zolaga geçýär. $p-n$ geçişli zolakda zarýadlaryň bölünmegi bolup geçýär. Emele gelen meýdanyň täsirinde elektronlar n -zolaga, köwekler p -zolaga iteklenýär. Emele gelen EHG ortaça hasapda $0,5\text{ V}$ çenli bolýar. 1 cm^2 meýdanly şeýle element sarp edijä birikdirilende 25 mA çenli tok berýär.

Kremniýli fotoelementleriň duýgurlygy ýaşyl şöhleler üçin maksimum, ýagny Gün şöhlelenmesiniň maksimal bölegine dogry gelýär. Şonuň üçin olar ýokary PTK-a eýe bolup, adatda, $11-12\%$, ýokary hilli materiallarda $21-22\%$ -e ýetýär.

Gün batareýalary Ýerdäki Gün elektrostansiýalaryndan daşary, Ýeriň emeli hemralary we kosmos gämilerinde elektrik energiýa çeşmesi hökmünde hyzmat edýär.

Içki fotoeffekte esaslanýan we iň köp ulanylýan esbaplardan biri ýagtylyk diodlarydyr (ýarymgeçirijili lazerler). Bu bir ýa-da birnäçe $p-n$ geçişe esaslanan diod bolup, ondan elektrik togy geçende özünden ýagtylyk çykarýar. Bu diodyň materialynda elektronlaryň mukdary hem-de hereketjeňligi köweklere görä ulurak bolýar. Elektronlar n -zolakdan p -zolaga geçende köwekler bilen rekombinirlenip, özlerinden artykmaç energiýany şöhle hökmünde çykarýar.

Ýarymgeçiriji materialynyň görnüşine baglylykda şöhlenenme reňki dürlüçe bolýar.

Özbegetanyň YA akademigi M. Saidow tarapyndan 10-a ýakyn dürli şöhlenenmä eýe bolan ýagtylyk diodlary döredilen hem-de nazaryýeti we taýýarlaýyş tehnologiýasy işlenip taýýarlandy.

Öňler fotoesbaplar diňe kinoteknikada hem-de fotoelektron sanajýlarda ulanylan bolsa, bu günki günde ýşyklandyryjylarda, robototeknikada, awtomatikada, fotometriýada, gije görýän esbaplarda, Gün elektrostansiýalarynda hem-de ýagtylyk şöhleleriniň kömeginde amala aşyrylýan ylmy barlaglarda giňden ulanylýar.

Özbegetstanda Gün energiýasyndan giňden peýdalanmak maksadynda 1993-nji ýylda “Fizika-Gün” ylmy önümçilik birleşmesi döredildi we giň gerimde ylmy-barlag hem-de amaly gözlegler alnyp barylýar.



1. *Fotorezistor näme we onuň işleýşi nähili prinsipe esaslanýar?*
2. *Içki fotoeffekte esaslanan fotoelementiň elektrik energiýa çeşmesi hökmünde ulanylyş prinsipini düşündiriň.*
3. *P. N. Lebedewiň ýagtylygyň basyşyny ölçemek tejribesini düşündiriň.*
4. *Ýagtylyk basyşyny ýagtylygyň kwant düşüňjesi esasynda düşündiriň.*

Mesele çözmegiň nusgasy

1. Eger metallardan elektronyň çykyş işi $7,6 \cdot 10^{-19}$ J we elektronyň kinetik energiýasy $4,5 \cdot 10^{-20}$ J bolsa, meýdana düşýän ýagtylygyň tolkun uzynlygyny anyklaň. $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ J · s

Berlen:	Formulasy:	Çözülüşi:
$E_k = 4,5 \cdot 10^{-20} \text{ J}$ $A = 7,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/c}$	$h\nu = A + E_k$ $\lambda = \frac{v}{c}$ $\frac{hc}{\lambda} = A + E_k$ $\lambda = \frac{hc}{A + E_k}$	$\lambda = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{7,6 \cdot 10^{-19} \text{ J} + 0,45 \cdot 10^{-19} \text{ J}} \approx 2,46 \cdot 10^{-7} \text{ m.}$ <i>Jogaby:</i> $\lambda \approx 2,46 \cdot 10^{-7} \text{ m.}$
Tapmaly: $\lambda = ?$		

6-njy gönükme

1. 35 g madda 33 g antimadda goşulyp, 10^5 Hz li elektromagnit şöhlenenmä öwürülse, näçe foton şöhlenenýär? (*Jogaby:* $9 \cdot 10^{33}$ sany)

2. Eger birinji fotonyň energiýasy ikinjisiniňkiden 2 esse uly bolsa, birinji fotonyň impulsy ikinjisiniňkiden näçe esse tapawutlanýar? (*Jogaby:* 2 esse)

3. Otnositel döwme görkezijisi n bolan dury gurşawda fotonyň impulsy nämä deň? (*Jogaby:* $h\nu/nc$)

4. Massasy dynçlykdaky elektronyň massasyna deň bolmagy üçin fotonyň energiýasy (MeV) nähili bolmaly? (*Jogaby:* 0,51 MeV)

5. Ýygylygy 10^{17} Hz bolan şöhlenenme aýna dik düşüp, ondan serpilýär. Fotonyň onuň serpilendäki impulsynyň üýtgeýşiniň modulyny anyklaň (kg · m/s). $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$. (*Jogaby:* $4,4 \cdot 10^{-25} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$)

6. 100 cm^2 meýdana minudyna 63 J ýagtylyk energiýasy düşýär. Ýagtylyk doly serpilsä, onuň basyşy nämä deň? (*Jogaby:* $7 \cdot 10^{-7} \text{ N/m}^2$)

7. Ýagtylygy doly serpikdirýän meýdanda ýagtylygy doly siňdirýän meýdana görä ýagtylyk basyşy näçe esse uly bolýar? (*Jogaby:* 2 esse)

8. Tolkun uzynlygy $3 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ -e dogry gelýän ýagtylyk şöhlesi kwantynyň energiýasyny anyklaň. (*Jogaby:* $6,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$)

9. Metaldan elektronyň çykyş işi $3,3 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ bolsa, fotoeffektiň gyzyly araçägi ν_0 -e tapyň. (*Jogaby:* $5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$)

10. Ýagtylygyň tolkun uzynlygy $5 \cdot 10^{-5} \text{ cm}$ bolsa, fotonyň impulsyny anyklaň. (*Jogaby:* $1,32 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$)

11. Foton energiýasy $4,4 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ bolan ýagtylygyň gurşawdaky tolkun uzynlygy $3 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ bolsa, şu gurşawyň şöhle döwme görkezijisini anyklaň. (*Jogaby:* $n = 1,5$)

12. Fotoeffekt gyzyl araçägi $\nu_0 = 4,3 \cdot 10^{14}$ Hz bolan madda tolkun uzynlygy $3 \cdot 10^{-5}$ cm bolan ýagtylyk düşse, fotoelektronlaryň kinetik energiýasy nämä deň (J)? (Jogaby: $E_k \approx 3,76 \cdot 10^{-19}$ J)

13. Fotoelementiň katody ν_1 ýygylkly monohromatik ýagtylyk şöhesi bilen ýşyklandyrylanda fotoelektronlaryň kinetik energiýasy E_1 -e, $\nu_2 = 3\nu_1$ ýygylkly şöhle bilen ýşyklandyrylanda fotoelektronlaryň kinetik energiýasy E_2 -ä deň bolupdyr. E_1 we E_2 -leriň gatnaşygy nähili? (Jogaby: $E_2 > 3E_1$)

14. Seziýli katoda tolkun uzynlygy 600 nm bolan ýagtylyk düşýär. Elektronýň katoddan çykyş işi 1,8 eV-e deň bolsa, ýapyjy naprýaženiýäniň nähili bahasynda (V) fototok togtayar? $h = 4,1 \cdot 10^{-15}$ eV·s. (Jogaby: $U_{\text{ýa}} = 0,25$ V)

15. Kuwwaty 100 W bolan ýagtylyk çeşmesi her 2 sekuntda $2,5 \cdot 10^{20}$ sany foton şöhlelendirýär. Ýagtylygyň tolkun uzynlygyny anyklaň. $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ J·s. (Jogaby: $\lambda \approx 2,5 \cdot 10^{-7}$ m)

16. Ýygylkly 10^{16} Hz bolan ýagtylyk şöhesi aýna düşüp, doly serpilýär. Ýagtylygyň serpilmegindäki foton impulsynyň üýtgeýşini tapyň. $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ J·s. (Jogaby: $4,4 \cdot 10^{-26}$ kg·m/s)

17. Ýekelenen mis şarjagaza tolkun uzynlygy $0,165 \mu\text{m}$ bolan monohromatik ultramelewşe şöhle düşýär. Eger misden elektronýň çykyş işi $A = 4,5$ eV bolsa, şarjagaz näçe wolt potensiala çenli zarýadlanar? $h = 4,1 \cdot 10^{-15}$ eV·s. (Jogaby: $\varphi_{\text{max}} \approx 2,95$ V)

VI BABY JEMLEMEK BOÝUNÇA TEST SORAGLARY

1. Ýagtylygyň jisimlerden elektroný çykarmak hadysasyna ... diýilýär.
A) polýarlanma; B) difraksiýa; C) dispersiýa; D) fotoeffekt.
2. Düşýän ýagtylygyň intensiwligi 4 esse kemelse, fotoeffektde çykýan elektronlaryň sany nähili üýtgär?
A) 4 esse artýar; B) 2 esse kemelýär;
C) 4 esse kemelýär; D) üýtgemeyär.
3. Fotoeffektde düşýän ýagtylygyň ýygylkly 2 esse artsa, çykýan fotoelektronlaryň sany nähili üýtgär?
A) 2 esse kemelýär; B) 2 esse artýar;
C) 4 esse kemelýär; D) üýtgemeyär.

4. Düşän ýagtylygyň akymy ($\lambda = \text{const}$ -da) 4 esse artsa, fotoelektronlaryň tizligi näçe esse üýtgär?
 A) üýtgemeyär; C) 4 esse kemelýär;
 B) 4 esse artýar; D) 2 esse artýar.
5. Eger fotoeffektde çykýan bölejikleriň tizligi $1,6 \cdot 10^6$ m/s bolsa, düşän ýagtylygyň tolkun uzynlygyny hasaplaň. Çykyş işi $A = 5,3$ eV (m).
 A) $10 \cdot 10^{-6}$; B) $9,8 \cdot 10^{-9}$; C) $6,63 \cdot 10^{-10}$; D) $2 \cdot 10^{-7}$.
6. Kaliý üçin fotoeffektiň gyzyň araçägi 600 nm. Kaliý üçin çykyş işini hasaplaň (Joullarda)
 A) $6,6 \cdot 10^{-26}$; B) $6,6 \cdot 10^{-19}$; C) $2,2 \cdot 10^{-19}$; D) $3,5 \cdot 10^{-19}$.
7. Eger fotokatoddan elementleriň çykyş işi 3 eV bolsa, oňa düşän fotonlaryň energiýasy 5 eV bolsa, tormozlaýjy potensial nähili bolanda foton güýji nola deň bolýar (V)?
 A) 1,5; B) 2; C) 3; D) 5.
8. Käbir metal üçin fotoeffektiň gyzyň araçägi 331 nm-a deň. Bu metalda fotoeffektiň ýüze çykmagy üçin düşän ýagtylyk fotonynyň energiýasy (eV) nähili bolar?
 A) 2,45; B) 2,60; C) 2,75; D) 3,75.
9. Nikel üçin fotoeffekt gyzyň araçägini anyklaň (m). Nikel üçin çykyş işi 5 eV.
 A) $5 \cdot 10^{-7}$; B) $2,3 \cdot 10^{-5}$; C) $2,5 \cdot 10^{-7}$; D) $1 \cdot 10^{-6}$.
10. Çykyş işi 3 eV bolan metala 5 eV energiýaly fotonlar düşende ondan çykýan fotoelektronlaryň maksimal kinetik energiýasyny anyklaň (eV).
 A) 0,6; B) 2; C) 3; D) 5.
11. Ýagtylygyň tolkun uzynlygy 10^{-7} m bolsa, fotonyň energiýasyny anyklaň (eV). $h = 4 \cdot 10^{-15}$ eV · s
 A) 1; B) 2; C) 4; D) 12.
12. Ýagtylygyň tolkun uzynlygy 220 nm bolsa, fotonyň massasyny (kg) anyklaň.
 A) $3 \cdot 10^{-36}$; B) $1,5 \cdot 10^{-36}$; C) $1,6 \cdot 10^{-36}$; D) $1 \cdot 10^{-35}$.
13. Ýagtylygyň tolkun uzynlygy $6,63 \cdot 10^{-8}$ m bolsa, fotonyň impulsyny anyklaň (kg · m/s). $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J · s
 A) 10^{-26} ; B) 10^{-42} ; C) 10^{-34} ; D) $1,6 \cdot 10^{-35}$.

14. Ýagtylygyň ýygylygy $3 \cdot 10^{15}$ Hz bolsa, onuň impulsyny anyklaň ($\text{kg} \cdot \text{m/s}$). $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$.
 A) $2,21 \cdot 10^{-19}$; B) $2,21 \cdot 10^{-27}$; C) $6,63 \cdot 10^{-19}$; D) $6,63 \cdot 10^{-27}$
15. Eger fotonyň impulsy $3,315 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ bolsa, ýagtylygyň ýygylygyny anyklaň (Hz).
 A) $3 \cdot 10^{14}$; B) $2 \cdot 10^{15}$; C) $1,5 \cdot 10^{15}$; D) $2 \cdot 10^{14}$.
16. Gyzdyryjyly çyranyň şöhlenmesiniň ortaça tolkun uzynlygy $1,2 \mu\text{m}$. 200 W kuwwatly çyranyň 1 sekunt şöhlenmesindäki fotonlar sanyny anyklaň. $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$.
 A) $80 \cdot 10^{21}$; B) $2,5 \cdot 10^{21}$; C) $1,5 \cdot 10^{20}$; D) $1,2 \cdot 10^{21}$.
17. Otnositel döwme görkezijisi n bolan dury gurşawda fotonyň impulsy nämä deň?
 A) nhv/c ; B) nhv ; C) $h\lambda/n$; D) hv/nc .
18. Madda üçin fotoeffektiň gyzyl araçägi $1 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$ bolup, oňa ýygylygy $1 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$ bolan ýagtylyk täsirinde uçup çykan fotoelektronlaryň maksimal kinetik energiýasyny hasaplaň. (J)
 A) $6,6 \cdot 10^{-19}$; B) $3,3 \cdot 10^{-19}$; C) $2,2 \cdot 10^{-19}$; D) $1,6 \cdot 10^{-19}$.
19. Metaldan elektronyň çykyş işi $3,3 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ bolsa, fotoeffektiň gyzyl araçägi ν_0 -y tapyň (Hz).
 A) 10^{-14} ; B) $2 \cdot 10^{14}$; C) $5 \cdot 10^{14}$; D) $6,6 \cdot 10^{15}$.

VI bapda öwrenilen iň möhüm düşüňjeler, düzgünler we kanunlar

Winiň süýşme kanuny	Jisim şöhlenmäniň maksimumyna dogry gelyän tolkun uzynlygy, λ_m absolyút temperatura ters proporsionaldyr: $\lambda_m = \frac{b}{T}, b = 2,898 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K} - \text{Winiň hemişeligi.}$
Kwant	Bu jisimiň siňdirme ýa-da şöhlenme energiýasynyň minimal bölegi.
Kwant energiýasy	Kwant energiýasy ýagtylyk ýygylygyna göni proporsional: $E = hv, h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$.
Daşky fotoeffekt	Bu maddadan ýagtylygyň täsirinde elektronlaryň çykmagy.
Ýapyjy naprýaženiýe	Bu fotonlar başlangyç tizlikleri bilen anoda ýetip baryp bilmeyän tormozlaýjy otrisatel naprýaženiýe.

Fotoeffekt kanunlary:	<p>1. Fotoelektronlaryň maksimal kinetik energiýasy ýagtylyk akymyna (intensiwliline) bagly däl we düşýän şohläniň ν ýygylgyna çyzykly bagly.</p> <p>2. Her bir madda üçin fotoeffekt ýüze çykýan minimal ýygyllyk ν_{\min} bar we muňa fotoeffektiň gyzyl araçägi diýilýär.</p> <p>3. Katoddan wagt birliginde çykýan fotoelektronlar sany katoda düşýän ýagtylyk akymyna (intensiwliline) göni proporsional, ýygylgyna bagly däl.</p>
Elektronlaryň maksimal kinetik energiýasy	$E_{k \max} = \frac{mv^2}{2} = eU_{\text{yop}}.$
Fotoeffekt üçin Eýnşteýniň formulasy	$h\nu = A + \frac{mv^2}{2}.$
Fotoeffektiň gyzyl araçägi	Fotoeffektiň gyzyl araçägi $h\nu_{\min} = A$ ýa-da $\frac{hc}{\lambda_0} = A$. Bu ýerde: ν_{\min} ýa-da λ_0 – fotoeffektiň gyzyl araçäğine dogry gelýän ýygyllyk we tolkun uzynlygy.
Içki fotoeffekt	Ýagtylygyň täsirinde ýarymgeçirijilerde erkin zarýad daşajylaryň konsentrasiýasynyň artmagy.
Foton	Ýagtylyk kwanty ýa-da bölejigi. Onuň dynçlykdaky massasy $m_0 = 0$.
Fotonyň energiýasy	Fotonyň energiýasy $E = h\nu$, hereket tizligi c , impulsy $p = \frac{h\nu}{c}, \text{ massasy } m = \frac{h\nu}{c^2}.$
Ýagtylyk basyşy	$p = \frac{I}{c},$ bu ýerde: I – ýagtylyk intensiwligi.
Fotogarşylyk-fotorezistor	Ýagtylygyň täsirinde garşylygy kemelýän rezistor.
Gün batareýalary	Içki fotoeffekte esaslanan p - n geçişli ýarymgeçirijili fotoelementler bolup, ýagtylyk energiýasyny elektrik energiýasyna öwürüp berýär.

VII bap. ATOM WE ÝADRO FIZIKASY. ATOM ENERGETIKASYNYŇ FIZIKI ESASLARY

Ähli maddalar köp sanly bölünmeýän bölejiklerden (atomlardan) ybarat, diýen pikir örän gadym zamanlarda grek alymlary Demokrit, Epikur we Lukresiýler tarapyndan bildirilen (atom sözi grekçe «atomos» – bölünmeýän diýen manyny aňladýar). Ýöne bu pikire dürli sebäplere görä uzak wagtlara çenli uly üns berilmändir. Emma on sekizinji asyrdan A. Lawuazýe (fransuz) (1743–1794), J. Dalton (iňlis) (1766–1844), A. Awogadro (italýan) (1776–1856), M. Lomonosow (rus) (1711–1765), Ý. Berselius (şwed) (1779–1848) ýaly alymlaryň tagallalary netijesinde atomlaryň bardygyna şübhe galmandyr. D. I. Mendeleýew 1869-njy ýylda elementleriň periodik sistemasyny döredip, ähli maddalaryň atomlarynyň bir-birlerine meňzeş gurluşa eýedigini görkezip berdi. Şunuň bilen birlikde, ýigirmänji asyryň başlaryna gelip, bölünmeýän hasaplanýan atomyň içine nazar taşlamak, ýagny onuň gurluşyny öwrenmek meselesi emele geldi. Iňlis fizigi J. J. Tomson 1903-nji ýylda atomyň gurluşy baradaky birinji modeli teklip etdi. Başga iňlis fizigi D. Rezerford öz tejribelerine esasanyp Tomsonyň modelini inkär edip, atomyň planetar modelini teklip etdi. Şu modele laýyklykda, atom ýadrodan (özenden) we onuň daşynda hereketlenýän elektronlardan ybarat. Soňluk bilen bolsa atom ýadrosy – položitel zaryadlanan proton we elektrik taýdan neýtral neýtronlar toplumyndan ybaratdygy anyklandy.

37-nji tema. ATOMYŇ BOR MODELİ. BORUŇ POSTULATLARY

1903-nji ýylda iňlis fizigi J. J. Tomson atomyň gurluşy baradaky birinji modeli teklip etdi. Tomsonyň modeline laýyklykda, atom – massasy deňölçegli paýlanan 10^{-10} m ululykdaky položitel zaryadlardan ybarat şar hökmünde göz önüne getirilýär. Onuň içinde bolsa, öz deňagramlylyk ýagdaýlarynyň daşynda yrgyldyly hereket edýän otrisatel zaryadlar

(elektronlar) bar bolup (munda atomy garpyzga meňzetmek we elektron garpyzyň tohumylar ýerleşýär diýmek mümkin), položitel we otrisatel zarýadlaryň ýygyndysy özara deň.

Başga iňlis fizigi D. Rezerford 1911-nji ýylda öz tejribelerine esaslanyp Tomsonyň modelini inkär edip, atomyň ýadro (planetar) modelini tekliptdi. Şu modele görä atom kiçijik gün sistemasy ýaly göz öňüne getirilýär. Elektronlar ýadronyň daşynda (ýapyk) orbitalar – atomyň elektron gabygy boýunça hereketlenýär we olaryň zarýady ýadrodaky položitel zarýada deň.

Atomyň ölçegleri örän kiçi bolany üçin ($\approx 10^{-10}\text{m}$) onuň gurluşyny gönüden-göni öwrenmek gaty kyn. Şonuň üçin onuň gurluşyny gytaklaýyn, ýagny içki gurluşy barada maglumat berýän häsiýetnamalaryň kömeginde öwrenmek maksada laýykdyr. Şeýle häsiýetnamalardan biri – atomyň şöhlenenme spektri. Atomyň şöhlenenme spektri, ýagny atomyň elektromagnit şöhleleri çykarmagyna (ýa-da siňdirmeginde) emele gelýän optiki spektrler jikme-jik öwrenilendir.

Şweýsariýaly fizik I. Balmer 1885-nji ýylda tejribe netijelerine daýanyp wodorod spektri çyzyklarynyň ýygylyklary üçin aşakdaky formulany tapdy.

$$\nu = R \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right). \quad (7-1)$$

Bu ýerde: $R = 3,29 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$ – Ridbergiň hemişeligi, m we n hemişelik sanlar, olar laýyklykda $m = 1, 2, 3, 4, \dots$ bahalary, n bolsa bitin ($m + 1$ -den başlap) bahalary kabul edýär. Şu formula görä wodorod spektri üznükli çyzyklardan ybaratdyr.

Rezerfordyň ýadro modeli atomyň spektral kanunalaýyklyklaryny düşündirip berip bilmedi. Mundan daşary, bu model klassyky mehanikanyň we elektrodinamikanyň kanunlaryna ters bolup çykdy.

Birinjiden, elektronyň ýadronyň töweregindäki orbita boýunça hereketi egrilýän çyzykly, ýagny tizlenme bilen ýüze çykýan hereketdir. Bu hereketde elektronyň energiýasy kemelýär, onuň aýlanma orbitasy kiçelýär we Ol ýadro barha ýakynlaşýar. Başgaça aýdanda, mälum wagtdan soň elektron ýadro ýykylyp, atom ýitmeli. Bu Rezerfordyň modeline görä, atom durnuksyz sistema bolýandygyny görkezýär. Amalda bolsa atomlar örän pugta sistema hasaplanýar.

Ikinjiden, elektron atoma ýakynlaşdygy saýyn orbitasynyň radiusy barha kiçelýär ($R \rightarrow 0$), tizligi bolsa üýtgemelýär ($v = \text{const}$). Netijede tizlenmesi

$\left(\alpha = \frac{v^2}{R}\right)$ artmagy bilen elektronynyň şöhlenme ýyglygy hem üznüksiz ýagdaýda artmagy we diýmek, üznüksiz şöhlenme spektri bolmalydyr. Tejribeler we olar bilen laýyk gelýän Balmeriň formulasy bolsa atomyň şöhlenme spektri üznükli (çyzykly) ekenligini görkezendigini bildik.

1913-nji ýylda Rezerfordyň ýadro modeline kwant nazaryýeti ulanylyp, tejribe netijelerini doly düşündirip berip bilýän wodород atomy nazaryýeti döredildi.

Boruň nazaryýetiniň esasyny aşakdaky iki postulat düzýär. Bu postulatlardan her biri ýokarda agzalan Rezerfordyň modeliniň iki kemçiligini aradan aýyrmaga gönükdirilen.

1. **Stasionar (durnukly) hallar baradaky postulat:** atomda stasionar hallar bar bolup, bu hallara elektronlaryň stasionar orbitalary laýyk gelýär.

Elektronlar diňe şu stasionar orbitalarda bolup, hatda tizlenme bilen hereketlenende-de şöhlenmeýär.

Stasionar otbitadaky elektronynyň hereket mukdarynyň momenti (impuls momenti) kwantlanan bolup aşakdaky şert bilen kesgitlenýär:

$$m_e \cdot v_n \cdot r_n = n \cdot \hbar \quad (7-2)$$

Bu ýerde: m_e – elektronynyň massasy; r_n – n-orbitanyň radiusy; v_n – elektronynyň şu orbitadaky tizligi; $m_e \cdot v_n \cdot r_n$ – elektronynyň şu orbitadaky impuls momenti; n – nola deň bolmadyk (no) bitin san, oňa baş kwant sany diýilýär; $\hbar = \frac{h}{2\pi}$ (\hbar – Plankyň hemişeligi).

Diýmek, Boruň birinji postulatyna görä, atomdaky elektron islendik orbita boýunça däl, eýsem stasionar orbita diýlip atlandyrylýan mälum orbitalar boýunça hereketlenmegi mümkin. Şu hereket dowamynda şöhlenmeýär, ýagny energiýasy kemelmeýär. Energiýasy kemelmese, ýadro düşmeýär we atom ýitmeýär. Şeýdip, bu postulat Rezerfordyň modeliniň birinji kemçiligini aradan aýyrýar.

2. **Ýyglyklar baradaky postulat:** elektron diňe bir stasionar orbitadan ikinjisine geçende, energiýasy şu stasionar hallardaky energiýalarynyň tapawudyna deň bolan bir foton çykarýar (ýa-da siňdirýär):

$$h\nu = E_n - E_m, \quad (7-3)$$

bu ýerde: E_n we E_m – degişlilikde elektronynyň n- we m- stasionar orbitalardaky energiýalary.

Eger $E_n > E_m$ bolsa, foton çykarylýar. Munda, elektron uly energiýaly halatdan kiçiräk energiýaly halata, ýagny ýadrodan uzagrakda bolan stasionar orbitadan ýadro ýakynrak bolan stasionar orbita geçýär.

Eger $E_n < E_m$ bolsa, foton siňdirilýär we ýokardaky pikirlere ters ýagdaý ýüze çykýar.

(7–2) aňlatmadan şöhlenenme ýüze çykýan ýygyllyklary, ýagny atomyň çyzykly spektrini kesgitlemek mümkin:

$$\nu = \frac{E_n - E_m}{h}. \quad (7-4)$$

Boruň ikinji postulatyna görä, elektron islendik ýygyllykly şöhlenenme çykarman, diňe ýygyllygy (7–4) şerti kanagatlandyryýan şöhlenenmäni çykarmagy mümkin. Şu sebäpli, atomyň şöhlenenme spektri üzüksiz bolman, üzükli (çyzykly) görnüşe eýe. Diýmek, Boruň ikinji postulyaty Rezerfordyň modeliniň ikinji kemçiligini aradan aýyrýar.

Elektronyň orbitasynyň radiusy aşakdaky aňlatmanyň kömeginde kesgitleňýär:

$$r_n = n^2 \frac{h^2 \varepsilon_0}{\pi m_e e^2}, \quad (7-5)$$

bu ýerde: n – elektronyň stasionar orbitasynyň (has takygy atomyň stasionar halynyň) tertip nomerini görkezýär. Meselem, $n=1$ diýip alsak, elektronyň wodorodyň atomyndaky birinji stasionar orbitasynyň radiusynyň bahasyny alarys. Bu radiusa birinji *Boruň radiusy* diýilýär we atom fizikasynnda uzynlyk birligi hökmünde peýdalanylýar:

$$r_B = 0,529 \cdot 10^{-10} \text{ m.}$$

Atomyň islendik energetik derejedäki energiýasy E_n aşakdaky ýaly kesgitleňýär:

$$E_n = - \frac{m_e e^4}{8h^2 \varepsilon_0^2} \cdot \frac{1}{n^2}. \quad (7-6)$$

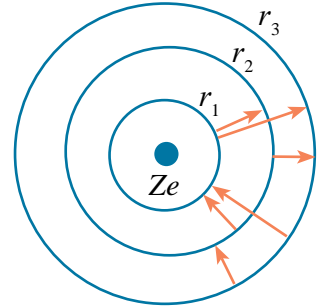
Şu aňlatmadan görnüşi ýaly, wodorod atomynyň doly energiýasy otrisatel bolup, ol elektrony we protony erkin bölejiklere öwürmek üçin näçe energiýa sarplamalydygyny görkezýär. Başgaça aýdanda, hut şu energiýa bu iki bölejigi bir bütün atom hökmünde saklap durýar. Şonuň üçin hem $n=1$ halat iň durnukly halat hasaplanyp, bu halatda atom iň kem energiýa eýe bolýar we ol *esasy energetik halatda* diýilýär. Bu halatdaky wodorod atomyny ionlaşdyrmak üçin iň köp energiýa sarp etmek talap edilýär. $n > 1$ halatlar

bolsa *oýanan halatlar* diýilýär we olardaky atomyň energiýasy kemräk bolup, şeýle halatdaky atomy ionlaşdyrmak üçin kemräk energiýa sarp edilýär.

Boruň ikinji postulatyna görä, elektron bir energetik derejededen ikinjisine geçende energiýaly foton çykarylýar ýa-da siňdirilýär.

$$h\nu = E_2 - E_1 = \frac{m_e e^4}{8h^2 \varepsilon_0^2} \cdot \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) \quad (7-7)$$

Eger elektron ikinji orbitadan ($n_2 = 2$) birinjisine geçse ($n_1 = 1$), foton çykarylýar (7.1-nji surat). Ters ýagdaýda – siňdirilýär. Elektron $n_1 = 1$ orbitadan $n_2 \rightarrow \infty$ -a geçirmek üçin, başgaça aýdanda, elektron atomyň ýadrosyndan bölüp almak (atomy ionlaşdyrmak) üçin iň uly energiýa sarp edilýär. Bu energiýanyň bahasy 13,6 eV-e deň bolup, wodorod atomyny ionlaşdyrma energiýasydyr.



7.1-nji surat.

Diýmek, wodorod atomynyň esasy halatyndaky elektronuň energiýasy $-13,6$ eV-e deň. Ýokarda nygtalysy ýaly, energiýanyň otirisatelligi elektronuň baglanan halatdadygyny görkezýär. Erkin halatdaky elektronuň energiýasy nola deň diýlip kabul edilen.

(7-7) aňlatmanyň kömeginde çykarylýan ýa-da siňdirilýän fotonyň ýygylgyny ýa-da tolkun uzynlygyny kesgitlemek mümkin:

$$\nu = \frac{m_e e^4}{8h^3 \varepsilon_0^2} \cdot \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right). \quad (7-8)$$

Bu Balmeriň formulasy bolup, $R = \frac{m_e e^4}{8h^3 \varepsilon_0^2}$ – Ridbergiň hemişeligidir.



1. Rezerfordyň modeliniň kemçilikleri nämelerden ybaratdy?
2. Bor öz nazaryýetini nähili taglyma esaslanyl döretdi?
3. Stasionar hallar baradaky postulat nämeden ybarat?
4. Boruň birinji postulaty Rezerfordyň modeliniň nähili kemçiligini arada aýyrýar?

Mesele çözmegiň nusgasy

1. Wodorod atomynyň elektronu üçünji orbitadan ikinji orbita geçendäki şöhlenme tolkun uzynlygy elektron ikinji orbitadan (λ_{32}) birinji orbita (λ_{21}) geçendäki şöhlenme tolkun uzynlygundan näçe esse uly?

Berlen:	Formulasy we çözülişi:
$n_1 = 3,$ $n_2 = 2,$ $n_3 = 1.$	$v = R \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) \cdot \lambda_{21} = \frac{n_1^2 n_2^2 c}{(n_2^2 - n_1^2) R};$
Tapmaly: $\frac{\lambda_{32}}{\lambda_{21}} = ?$	$\lambda_{32} = \frac{n_3^2 n_2^2 c}{(n_3^2 - n_2^2) R}.$ $\frac{\lambda_{32}}{\lambda_{21}} = \frac{9 \cdot 4}{1 \cdot 4} = \frac{36}{5} \cdot \frac{3}{4} = \frac{27}{5} = 5,4.$
	<i>Jogaby:</i> $\frac{\lambda_{32}}{\lambda_{21}} = 5,4.$

38-nji tema. LAZER WE OLARYŇ GÖRNÜŞLERI

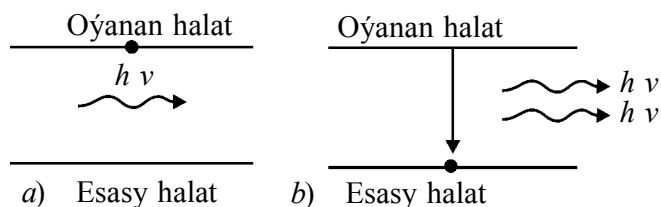
Lazer näme? Lazer diýlip atlandyrylýan optiki kwant generatorlarynyň döremegi fizika ylmynyň täze ugry – kwant elektronikasynyň uly üstünligidir. *Lazer diýende, örän anyk ugrukdyrylan kogerent ýagtylyk şöhesiniň çeşmesi düşünilýär.*

Lazer sözüniň özi inlisçe «mejbury yrgyldy netijesinde ýagtylygyň güýçlendirilmegi» sözlerindäki birinji harplaryndan alnan («Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation»).

Birinji kwant generatorlary rus fizikleri N. Basow, A. Prohorow we amerikaly fizik Ç. Tauns tarapyndan döredilen (şu ugurdaky işleri üçin 1964-nji ýylda Nobel baýragyna sezewar boldular). Şeýle generatorlaryň iş prinsipini düşünmek üçin şöhlenme prosesi bilen giňräk tanşalyň.

Atomyň mejbury şöhlenmesi. Öňki temada bellenilişi ýaly, atom esasy halatda bolanda şöhlenmeýär we onda çäksiz uzak wagtyň dowamynda durýar. Emma atom başga täsirleriň netijesinde oýanan halata geçmegi mümkin. Adatda, atom oýanan halatda uzak bolman, ýene gaýdyp, esasy halata geçýär we munda energetik derejeleriň tapawudyna deň energiýaly foton çykarýar. Şeýle geçiş öz-özünden ýüze çykanlygy üçin çykarylýan şöhlenmä *spontan şöhlenme* diýilýär we çykarylan şöhleler kogerent bolmaýar. Emma A.Eýnşteýniň nygtamagyna görä, şeýle geçişler diňe bir öz-özünden däl, eýsem mejbury hem bolmagy mümkin. Şeýle mejbury geçiş

oýanan atomyň gapdalyndan geçýän fotonyň täsirinde bolup geçmegi mümkin (7.2-nji surat).

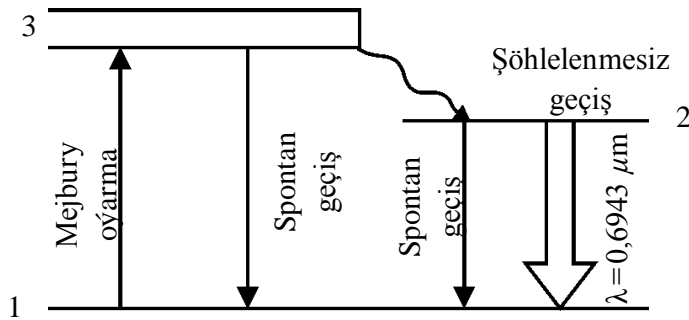


7.2-nji surat.

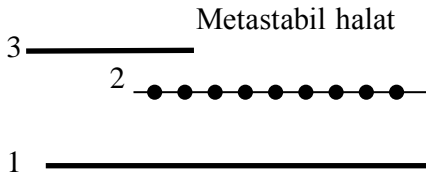
Netijede atom oýanan halatdan esasy halata geçende çykarylýan foton, bu geçişi emele getirýän foton bilen birmeňzeş bolýar. Başgaça aýdanda, iki foton hem birmeňzeş ýygylga, hereket ugruna, faza we polýarlanma ugruna eýe bolýar. Rus fizigi W. Fabrikant mejbury şöhlenenmäniň kömeginde ýagtylygy güýçlendirmek usulyny teklipl edipdir. Bu usulyň manysyny düşünmek üçin aşakdaky mysala garalyň. Käbir maddalaryň atomlarynda şeýle oýanan halatlar bar bolup, atomlar bu halatlarda uzak wagtyň dowamynda bolmaglary mümkin. Şeýle halatlara *metastabil halatlar* diýilýär. Metastabil halatlar bilen ýakut kristaly mysalynda jikme-jik tanşalyň.

Ýakut lazeri. Ýakut kristaly Al_2O_3 alýuminiý oksidinden ybarat bolup, Al-niň käbir atomlary ornuny hromyň üç walentli Cr^{3+} ionlary eýelän bolýar. Güýçli ýşyklandyрма netijesinde hrom atomlary 1 esasy halatdan 3 oýanan halata mejbury ýagdaýda geçirilýär (7.3-nji surat).

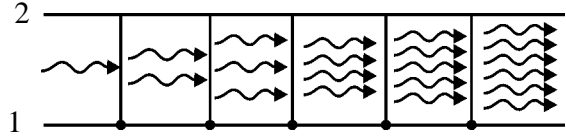
Hrom atomynyň oýanan halatda ýaşawyş döwri örän kiçi (10^{-7} s) bolanlygy üçin ol ýa-da spontan ýagdaýda (öz-özünden) 1 esasy halata geçmegi ýa-da şöhlenenmesiz 2 halata geçmegi (metastabil halat) mümkin (7.3-nji surat). Munda energiýanyň artykmaç bölegi ýakut kristalynyň gözenegine berilýär. 2 halatdan 1 halata geçmegiň saýlaw düzgünlerine görä gadagan edilendigi hrom atomlarynyň 2 halatda toplanmagyna getirýär. Eger mejbury oýarma örän uly bolsa, 2 halatdaky atomlaryň konsentrasiýasy 1 halatdakydan örän uly bolup, 2 halatda elektronlaryň örän dykyz ýerleşşi ýüze çykýar (7.4-nji surat). Eger ýakuta hrom atomynyň metastabil halaty (E_2) we esasy halaty (E_1) energiýalarynyň tapawudyna deň, $E_2 - E_1 = hv$ energiýaly käbir foton düşse, onda ionlaryň 2 halatdan 1 halata mejbury geçişleri ýüze çykyp, energiýasy başlangyç fotonyň energiýasyna deň bolan fotonlar çykarylýar.



7.3-nji surat.



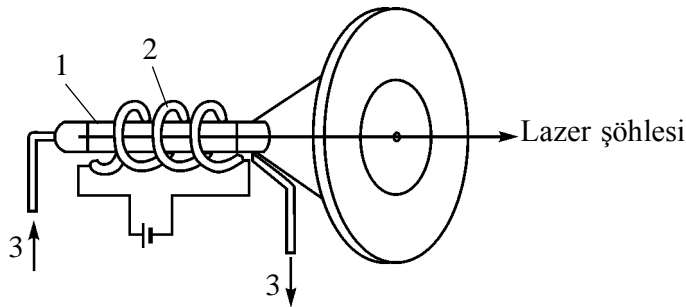
7.4-nji surat.



7.5-nji surat.

Bu proses harsaň şekilli ösüp, fotonlaryň sany ýiti barha artýar (7.5-nji surat). Bu fotonlaryň diňe bir ýygylklary däl, eýsem fazalary, ýaýraýyş ugurlary we polýarlanma tekizlikleri hem birmeňzeş bolýar. Netijede yakutdan güýçlenen kogerent ýagtylyk dessesi, ýagny *lazer şöhlesi* çykýar.

7.6-njy suratda ýakut lazerini almagyň shemasy görkezilen. Ýakut taýajyk 1 hrom atomlarynyň metastabil halata geçişini üpjün edýän 2 gazly lampa bilen gurşalan. Ýakutyň temperaturasy zerur bahada saklanmagyny üpjün etmek maksadynda sowadyjy sistema 3 birikdirilen.



7.6-njy surat.

Başga lazerleriň emele geliş mehanizmi hem şoňa meňzeýär.

Lazeriň görnüşleri. Kwant generatorlary kwant mehanikasynyň kanunlary esasynda islendik (elektrik, ýylylyk, ýagtylyk, himiki we ş.m.)

energiýany kogerent ýagtylyk şöhesiniň energiýasyna öwürýär. Bu ajaýyp häsiýete eýedigi lazer şöhesiniň örän giňden ulanylmagyna sebäp bolýar.

Lazerler aktiwleşdiriji maddalaryň görnüşlerine, ýagny nähili energiýany kogerent ýagtylyk şöhesi energiýasyna öwürmegine garap birnäçe görnüşlere bölünýär. Bular: gaty lazerler, ýarym geçirijili lazerler, gaz lazerleri, himiki lazerler, süýümlü lazerler, rentgent lazerleri we başgalar.

Olar impuls, üznüksiz we kwaziüznüksiz režimlerde işlemegi mümkin.

Lazeriň häsiýetleri bilen tanşalyň.

Ýokary derejede kogerent, ýagny fotonlaryň fazalary birmeňzeş.

Berk monohromatik. Dessä girýän fotonlaryň tolkun uzynlyklarynyň tapawudy 10^{-11} m-den geçmeýär, ýagny $\Delta\lambda < 10^{-11}$ m.

Şöhlelenme kuwwaty örän uly. Lazer şöhesinde şöhlenme kuwwaty 10^{16} – 10^{20} W/m² çenli bolmagy mümkin. Bu örän uly baha hasaplanýar. Çünki, Günün doly şöhlenme spektri boýunça şöhlenme kuwwaty $7 \cdot 10^7$ W/m² -y düzýär.

Şöhläniň ýazgyn burçy örän kiçi. Meselem, Ýerden Aýa ugrukdyrylan lazer Aýyň üstünde diňe 3 km diametrli ýeri ýşyklandyrýar. Adatdaky prožektoryň şöhesi bolsa 40000 km diametrli meýdany ýşyklandyrdy.

Lazeriň ulanylyşy. Amatlydygy we kam energiýa sarp edilmegi lazeriň örän gaty materiallary gaýtadan işlemekde we kebşirmekde giňden ulanylmagyna mümkinçilik döretdi. Meselem, öň almazdan kiçijik deşijek deşmek üçin 24 sagat wagt sarp edilen bolsa, häzir bu iş lazeriň kömeginde 6–8 minutda amala aşyrylýar.

Sagat senagaty üçin zerur bolan ýakut we almaz daşlarda deşilýän diametri 1–10 mm, çuňlugy 10–100 μ m bolan näzik deşijekler lazeriň kömeginde deşilýär.

Lazer örän giň ulanylýan ugurlardan ýene biri– materiallary kesmek we kebşirmekdir. Bu işler diňe bir mikroelektronika, poligrafiýa ýaly näzik ugurlarda däl, eýsem maşyn gurluşygy, awtomobil gurluşygy, gurluşyk materiallaryny öndürmekde-de ýerine ýetirilýär.

Lazer şöhleleri önümlerdäki nogsanlary kesgitlemek, himiki reaksiýalaryň mehanizmini öwrenmek we olary çaltlandyrmak, örän arassa materiallary almakda hem örän gowy kömekçidir. Häzir lazeriň kömeginde izotoplar, şol sanda, uran izotoplary bölünip alynýar.

Lazer ölçeg işlerinde-de örän giňden ulanylýar. Olaryň kömeginde uzakdan durup orun üýtgetmeleri, gurşawyň döwme görkezijisini, basyşy,

temperaturany ölçmek mümkin. Lazer şöhlesi Ýerden Aýa çenli bolan aralygy kesgitlemäge, Aýyň kartasyna anyklyklar girizmäge kömek etdi.

Lazer lukmançylykda hem örän giňden ulanylýar. Ol gan çykarmaýan pyçak wezipesini ýerine ýetirip, adamlaryň ömrüni uzaltmaga, görüş ukybyny dikeltmäge hyzmat edýär.

Lazer ulanylýan perspektiw ugurlardan ýene biri – ýokary temperaturaly plazma almakdyr. Bu ugur termoýadro sintezini lazer bilen dolandyrmak ugrunda gowy mümkinçilikleri açandygy sebäpli alymlaryň üns merkezinde dur.

Lazerli diskler düşünjesi kompýuterde işleýänleriň we aýdym-saz söýüjileriň gündelik durmuşynyň aýrylmaz bölegine öwrüldi.

Häzirki wagtda lazeriň ulanylýan ugry şeýle bir köp bolup, olaryň hemmesi barada durup geçmäge mümkinçilik hem ýok. Emma biziň zehinli okuwçymyz bu işi özbaşdak amala aşyrar, diýip umyt edýäris.



1. *Lazer näme?*
2. *Spontan şöhlelenme diýip nähili şöhlelenmä aýdylyar?*
3. *Mejbury geçiş nähili alynýar?*
4. *Metastabil halat diýip nähili halata aýdylyar?*
5. *Lazeriň ölçeg işlerinde, ylymda, lukmançylykda ulanylyşyna mysallar getiriň.*

39-njy tema.

ATOM ÝADROSYNYŇ DÜZÜMI.

BAGLANYŞYK ENERGIÝASY. MASSA DEFEKTI

Atom ýadrosy. Rezerford öz tejribeleri netijesinde atomyň položitel zarýadlanan ýadrosy (özeni) bar diýen netijä gelýär. Atomyň ululygy 10^{-10} m bolan bir wagtda ýadronyň ululygy 10^{-14} – 10^{-15} m-den ybarat. Başgaça aýdanda, ýadro atomdan 10 000–100 000 esse kiçidir.

Şunuň bilen birlikde, atomyň massasynyň baryp 95 göterimi ýadroda toplanan. Eger käbir jisimiň massasynyň 95 göterimi ol eýeleýän göwrümden 100 000 esse kiçi göwrümde toplanandygyny hasaba alsak, ähli maddalar, esasan, boşlukdan ybaratdygyna geň galman bilmeris. Indi ýadronyň özi nähili gurluşa eýe, diýen meselä garalyň.

Rus fizigi D. I. Iwanenko we nemes fizigi W. Geýzenberg *atom ýadrosy–proton we neýtronlardan ybarat*, diýen taglymy öňe sürüpdirler.

Proton (p) – wodorod atomynyň ýadrosy, 1919-njy ýylda Rezerford we onuň işgärleri tarapyndan açyş edilen. Elektronynyň zaryadyna deň položitel zaryada eýe. Dynçlykdaky massasy $m_p = 1,6726 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \approx 1836 m_e$ bu ýerde m_e – elektronynyň massasy. (Proton – grekçe – “birinji”).

Neýtron (n) – 1932-nji ýylda inlis fizigi J. Çedwik tarapyndan açyş edilen. Elektrik neýtral bölejik. Dynçlykdaky massasy $m_n = 1,6749 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \approx 1839 m_e$ (Neýtron – latynça *ol hem däl, bu hem däl*).

Protonlara we neýtronlara bilelikde *nuklonlar* diýýärler (latynça *nucleus* – ýadro sözünden alnan). Atom ýadrosyndaky nuklonlaryň umumy sanyna *massa sany (A)* diýilýär.

Atomyň ýadrosy Ze zaryad mukdary bilen häsiýetlenýär. Bu ýerde: $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ -ga deň bolup protonynyň zaryadyny häsiýetlendirýär. Z – ýadronyň zaryad sany diýlip, ol ýadrodaky protonlaryň sanyna deň we Mendeleýewiň elementleriň periodik sistemasynda himiki elementiň tertip nomeri bilen laýyk gelýär.

Ýadro neýtral atom nähili belgilense, edil şeýle belgilenýär: A_ZX , bu ýerde: X – himiki elementiň belgisi, Z – atomyň tertip nomeri (ýadrodaky protonlar sany); A – massa sany (ýadrodaky nuklonlar sany). Atom elektrik neýtral bolany üçin hem ýadrodaky protonlar sany atomdaky elektronlar sany bilen deň bolýar.

Izotoplar. (*Izotop* – grekçe izos – deň, birmeňzeş; topos – ýer) Tertip nomeri (Z) birmeňzeş, ýöne massa sany (A) dürlüçe bolan elementlere *izotoplar* diýilýär. Izotoplaryň ýadrosyndaky neýtronlaryň sany ($N = A - Z$) bilen tapawutlanýar.

Izobarlar. Massa sany (A) birmeňzeş, ýöne tertip nomeri (Z) dürlüçe bolan elementlere *izobarlar* diýilýär. Izobarlaryň ýadrosyndaky protonlar sany ($Z = A - N$) bilen tapawutlanýar.

Ýadronyň ululygy. Ýadronyň radiusy tejribäniň netijesi esasynda ýazylan

$$R = R_0 A^{\frac{1}{3}} \quad (7-9)$$

formula bilen kesgitlenýär. Bu ýerde: $R_0 = (1,2-1,7) \cdot 10^{-15} \text{ m}$. Atom ýadrosynyň radiusy diýende, ýadro güýçleriniň täsiri ýüze çykyan ugruň çyzykly ululygy düşünilýändigini nygtamak gerek. Ýadronyň göwrümi oňa girýän A nuklonlar sanyna bagly bolsa-da, ähli ýadrolarda nuklonlaryň dykzlygy birmeňzeş. Ýadronyň dykzlygy örän uly bolup, $\rho = 2 \cdot 10^{11} \text{ kg/m}^3$ töwreginde. Başgaça aýdanda, 1 m^3 ýadro materialynyň massasy 200 million tonna bolýar. Şeýle uly massa nädip baglanyp durýan eken?

Ýadrony kulon güýjüniň täsirinde dargap gitmeginden saklap durýan şeýle dartylma güýçlerine ýadro güýçleri diýilýär.

Ýadronyň baglanyşyk energiýasy. Barlaglardan görnüşi ýaly, atomyň ýadrosy ep-esli berk gurluşa eýe. Diýmek, ýadrodaky nuklonlaryň arasynda mälim baglanyşyk bar. *Ýadrony aýratyn nuklonlara bölmek üçin zerur bolýan energiýa ýadronyň baglanyşyk energiýasy diýilýär.* Ýadronyň baglanyşyk energiýasy onuň durnuklylygynyň ölçegidir. Energiýanyň saklanma kanunyna görä, ýadrony dargatmak üçin näçe energiýa sarp edilse, ýadro emele gelende hem şonça energiýa bölünip çykýar.

Eýsem, bu energiýa nämä deň we ol nähili emele gelýär?

Massa defekti. Ýadronyň massasyny *mass-spektrometrler* diýlip atlandyrylýan esbawyň kömeginde uly takykda ölçemek mümkin. Şeýle ölçegleriň görkeziji ýaly, ýadronyň massasy onuň düzümine girýän nuklonlaryň massalarynyň jeminden kiçi eken. Başgaça aýdanda, nuklonlardan ýadro emele gelmeginde

$$\Delta m = [Z \cdot m_p + (A - Z)m_n] - m_{ya} \quad (7-10)$$

-a deň massa ýetmezçiligi emele gelýär. Bu ýerde: m_p , m_n , m_{ya} – deňşililikde protonyň, neýtronyň we ýadronyň massalary. Massanyň ýetimeýän bu bölegine *massa defekti* diýilýär. Bize mälim bolşy ýaly, massanyň islendik Δm üýtgeýşine energiýanyň Δmc^2 üýtgeýşi laýyk gelýär. Hut şu energiýa ýadrony bir bitewi saklap durýar we baglanyşyk energiýasyna deň:

$$E_{bag} = \Delta mc^2 = [Z \cdot m_p + (A - Z)m_n - m_{ya}]c^2. \quad (7-11)$$

Dürli ýadrolar üçin baglanyşyk energiýasynyň hem dürlüçe bolmagy tebigydyr. Olary deňşdirip, haýsylary durnukly, haýsylary bolsa durnuksyzrakdygyny nähili kesgitlep bileris? Muny kesgitlemegiň ýeke-täk ýoly her bir nuklona dogry gelýän baglanyşyk energiýasyny deňşdirmekdir.

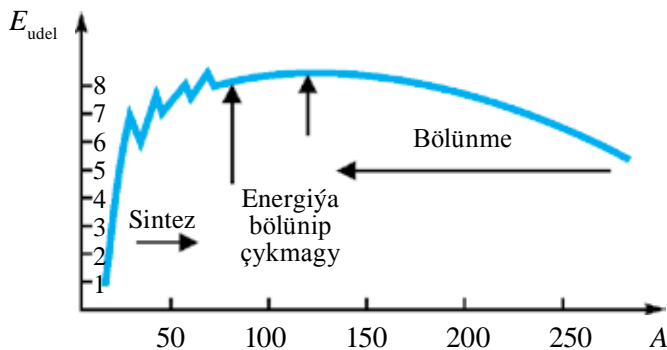
Udel baglanyşyk energiýasy E_{udel} diýip, her bir nuklona dogry gelýän baglanyşyk energiýasyna aýdylýar, ýagny:

$$E_{udel} = \frac{E_{bag}}{A}, \quad (7-12)$$

bu ýerde: A – ýadrodaky nuklonlar sany.

7.7-nji suratda E_{udel} udel baglanyşyk energiýasynyň A massa sanyna baglylyk grafigi getirilen. Görnüşi ýaly, E_{udel} -iň dürli ýadrolar üçin bahalary hem dürlüçedir. Mendeleýewiň elementleriň periodik sistemasynyň ortasynda

ýerleşýän elementleriň ýadrolary ep-esli durnukly. Şeýle ýadrolar üçin baglanyşyk energiýasy 8,7 MeV-e ýakyn. Ýadroday nuklonlaryň sanynyň artmagy bilen baglanyşyk energiýasy barha kemelýär. Periodik ulgamyň ahyryndaky elementler (meselem, uran) üçin ol 7,6 MeV töwereginde bolýar. Munuň sebäbi – ýadroday protonlaryň sanynyň artmagy bilen olaryň arasyndaky itekleşme güýjüniň artmagydyr.



7.7-nji surat.

Elektronyň atoma baglanyşyk energiýasy 10 eV töwereginde bolýar. Diýmek, nuklonyň ýadro baglanyşyk energiýasy, elektronyň atoma baglanyşyk energiýasyndan million esse uly eken.

Edil şonuň ýaly, ýeňil ýadrolar üçin hem udel baglanyşyk energiýasy ep-esli kiçi. Deýteriý üçin ol bary-ýogy 1,1 MeV-ni düzýär.

Şonuň üçin hem ýadro energiýasyny bölüp almagyň iki hili usuly we diýmek, ýadro energetikasynyň hem iki hili ugry bar. Bularan birinjisi, ýeňil ýadrolary sintez etmek bolsa, ikinjisi, agyr ýadrolaryň dargadylmagydyr.



1. Atom ýadrosynyň massa sany nämäni görkezýär?
2. Ýadronyň baglanyşyk energiýasy diýip nähili energiýa aýdylýar?
3. Massa defekti näme?
4. Atomyň massasynyň näçe bölegi ýadroda jemlenen?
5. Ýadronyň zaryad sany diýende nämäni düşüňýäris?

Mesele çözmegiň nusgalary:

Natriý ${}_{11}^{23}\text{Na}$ we fluor ${}_{9}^{19}\text{F}$, ýadrolarynyň düzümi nähili?

Jogaby: ${}_{11}^{23}\text{Na} \rightarrow Z = 11; N = A - Z = 23 - 11 = 12;$

${}_{9}^{19}\text{F} \rightarrow Z = 9; N = A - Z = 19 - 9 = 10;$

Bölejikleri registrirleýän abzallaryň görnüşleri. Radioaktiw maddalaryň şöhlenenmesini öwrenmekden esasy maksat – radioaktiw dargamasynda çykarylýan bölejikleriň tebigatyny, energiýasyny we şöhlenenme intensiwligini (radioaktiw madda bir sekuntda çykarýan bölejikler sanyny) kesgitlemekden ybarat. Olary registrirlemegiň iň giň ýaýran usullary bölejikleriň ionlaşdyrylmagyna we fotohimiki täsirlerine esaslanandyr. Bu wezipäni ýerine ýetirýän abzallar hem iki görnüşe bölünýär:

1. Bölejikleri giňişligiň käbir böleginden geçenligini registrirleýän we käbir hallarda olaryň käbir häsiýetnamalaryny, meselem, energiýasyny kesgitlemäge mümkinçilik berýän abzallar. Şeýle abzallara sintillasion (ýylpyldyly) sçýotçik, Çerenkowyň sçýotçigi, gaz razrýadly sçýotçik, ýarymgeçirijili sçýotçik we impulsly ionlaşdyryjy kamera mysal bolup biler.

2. Bölejigiň maddadaky yzyny synlamaga, meselem, surata düşürmäge mümkinçilik berýän abzallar. Şeýle abzallara Wilsonyň kamerasy, diffuziýaly kamera, düwmelikli kamera, fotoemulsiýa usuly mysal bolup biler. Biz aşakda olaryň käbirleri bilen tanşyp geçýäris.

Umuman alanda, iki hili gaz razrýadly sçýotçik bar. Birinjisi, *proporsional sçýotçik* diýlip, onda gaz razrýady garaşly bolýar. *Geýgeriň – Mýulleriň sçýotçigi* diýlip atlandyrylýan ikinji hili sçýotçikde bolsa gaz razrýady özbaşdak bolýar. Geýgeriň – Mýulleriň sçýotçikleriniň bölüp aýyrmak wagty 10^{-3} – 10^{-7} s, ýagny şeýle wagt aralygynda düşen bölejikler registrirlenýär.

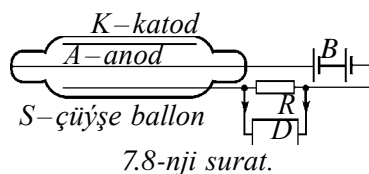
Geýgeriň sçýotçigi – gazyň ionlaşmagyna esaslanan.

Ol diňe bölejikleriň geçişini registrirleýär.

Geýgeriň sçýotçigi içki tarapy metal gatlagy (katod) bilen örtülen çüýşe ballon we ballonyň oky boýunça çekilen inçe metal süýümden (anoddan) ybarat. Çüýşe ballon S pes basyş şertinde gaz bilen doldurylýar. Muny silindrik kondensator diýip garamak mümkin. Kondensatora B batareýadan R garşylyk arkaly naprýaženiýe berilýär.

Eger kondensatora zarýadlanan bölejik uçup girse, gazyň molekulalaryny ionlaşdyryp, gaz razrýadyny emele getirýär.

Netijede sçyotçik arkaly tok geçip başlaýar we R garşylyk boýunça potensial kemelýär. Naprýażeniýäniň şeýle yrgyldysy D güýçlendiriji we mehaniki sçyotçikden ybarat registrirleýän gurluşa iberilýär.



Şeýdip, Geýgeriň sçyotçigi her bir ionlaşdyryjy bölejigi registrirleýär. Onuň duýgurlygy uly bolup, sekundyna 10000 bölejigi hasaba alyp bilýär.

Düwmejikli kamera – gyzdyrylan suwuklygyň bölejik traýektoriyasy boýunça gaýnamagyna esaslanan we onuň traýektoriyasyny registrirleýän abzal. Ol suwuk wodorod salnan, ýşyklandyrma we surata almak mümkin bolan çüýşe kameradan ybarat. Onuň göwrümi 3 cm^3 -dan birnäçe metr kublara çenli bolmagy mümkin. Düwmejikli kamerany açyş edeni üçin Gleýzere 1960-njy ýylda Nobel baýragy berlen.

Başlangyç halatda kameradaky suwuklyk ýokary basyş astynda bolýar, şonuň üçin suwuklygyň temperaturasy atmosfera basyşyndaky gaýnama temperaturasyndan ýokary bolsa-da, ol gaýnap gitmeýär.

Barlanylýan bölejik kameradan uçup geçmeginde suwuklygyň molekullaryny ionlaşdyrýar. Edil şu wagtda suwuklygyň basyşyny giňeldiji gurluşyň kömeginde ýiti peseldilýär. Suwuklyk gaty gyzdyrylan halata geçýär we gaýnaýar. Bu wagtda ionlarda örän kiçi bug düwmejikleri peýda bolýar. Şonuň üçin bölejigiň tutuş ýoly düwmejikler bilen örtülen bolýar. Kamerany ýşyklandyryp, yzlary synlamak ýa-da fotosurata almak mümkin.

Düwmejikli kameranyň Wilsoň kamerasyndan artykmaçlygy, onda işçi maddanyň dykzylygynyň uly bolmagyndadyr. Şonuň netijesinde bölejikler güýçli tormozlanýar we görä gysga ýoly geçip saklanýar. Şu sebäpli düwmejikli kameranyň kömeginde örän uly energiýaly bölejikleri hem barlamak mümkin.

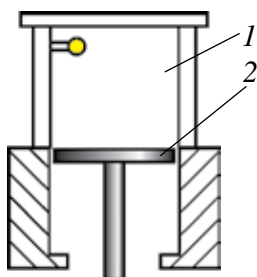
Sintillasion sçyotçik. İşleýiş prinsipi tiz bölejikleriň fluoessirleniji ekrana düşende ýüze çykýan ýylpyldy – sintillasiýanyň bolmagyna esaslanan. Emele gelen güýçsüz ýagtylyk ýylpyldysy elektrik impulslaryna öwürilýär we güýçlendirilip, ýörite apparatlaryň kömeginde registrirlenýär. α -bölejik birinji gezek hut şeýle sçyotçigiň kömeginde (1903-nji ýyl) hasaba alnypdy.

Wilsoň kamerasy bölejikleriň yzyna garap (*trek*–iňlisçe–yz) registrirleýär.

Kamera 1911-nji ýylda iňlis fizigi Ç. Wilson tarapyndan döredilen. Ol tiz uçup barýan bölejikleriň bug halyndaky maddadan geçende, şol maddanyň molekullaryny ionlaşdyrmaga esaslanan.

Wilsonyň kamerasyň shemasy 7.9-njy suratda görkezilen. Kameranyň işçi göwrümi (1) suwuň ýa-da spiritiň doýgun bugy bolan howa ýa-da gaz bilen doldurylan. Porşen (2) pese tarap tiz hereketlenende 1 göwürümdäki gaz adiabatik ýagdaýda giňelýär we sowayar. Netijede gaz aşa doýgun halyna gelýär. Kameradan uçup geçen bölejik öz ýolunda ionlary emele getirýär we göwürüm giňelende kondensirlenen buglardan damjalar emele gelýär. Şeýdip, bölejigiň aňyrsynda inçe ümür ýol görnüşindäki yz galýar. Bu zyy synlamak ýa-da surata düşürmek mümkin.

Alfa-bölejik gazy güýçli ionlaşdyrýar we şonuň üçin Wilsonyň kamera-synda galyň yz galdyrýar (7.10-njy surat). Beta-bölejik – örän inçe yz galdyrýar. Gamma-şöhlelenme bolsa diňe Wilsonyň kamerasyndaky gazyň molekullaryndan urup çykaran fotoelektronlarynyň kömeginde hasaba alynmagy mümkin.



7.9-njy surat.



7.10-njy surat.

Fotoemulsiýa usuly. 1927-nji ýylda rus fizigi L. Misowskiý zarýadlanan bölejikleriň yzyny registrirlemegiň ýönekeý usulyny tekliptdi. Zarýadlanan bölejikler fotoemulsiýa arkaly geçende, onda teswir emele getirýän ionizasiýany emele getirýär. Surat açylandan soň zarýadlanan bölejikleriň yzlary görünüp galýar. Emulsiya örän galyň bolanlygy üçin hem bölejigiň onda galdyran zyy örän hem gysga bolýar. Şonuň üçin, fotoemulsiýa usuly örän uly energiýaly çaltlandyryjylardan çykýan bölejikleri we kosmiki şöhleleri emele getirýän reaksiýalary öwrenmek maksadynda ulanylýar.



1. Bölejikleri registrirlemegiň esasy usullary olaryň nähili täsirlerine esaslanan?
2. Gaz razrýadly şçýotçigiň işleýiş prinsipi nähili?
3. Geýgeriň – Mýulleriň şçýotçiginiň işleýiş prinsipi we önümliligi nähili?
4. Fotoemulsiýa usuly nämeden ybarat?

Mesele çözmegiň nusgasy:

1. Eger Wilsonyň kamerasyna uçup giren (7.9-njy surata garaň) elektron trekiniň (yzynyň) radiusy 4 cm, magnit meýdanynyň induksiýasy 8,5 mT bolsa, elektronyň tizligi nähili?

Berlen:

$$R = 4 \text{ cm} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$B = 8,5 \text{ mT} = 8,5 \cdot 10^{-3} \text{ T}$$

Tapmaly:

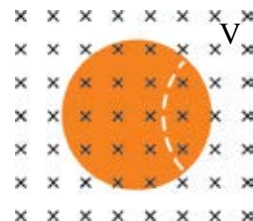
$$v = ?$$

Çözülişi:

$$F_{\lambda} = F_{mi} \quad (1)$$

$$e[\vec{v} \cdot \vec{B}] = \frac{mv^2}{R}, \quad evB = \frac{mv^2}{R},$$

$$v = \frac{ReB}{m}. \quad (2)$$



$$\text{Berlenlerden alarys: } v = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 8,5 \cdot 10^{-3} \text{ T} \cdot 4 \cdot 10^{-2} \text{ m}}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}} = 6 \cdot 10^7 \text{ m/s.}$$

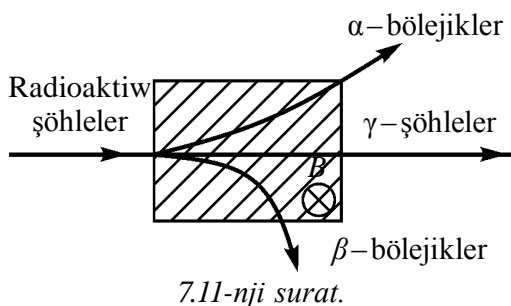
$$\text{Jogaby: } 6 \cdot 10^7 \text{ m/s.}$$

41-nji tema. RADIOAKTIW DARGAMA KANUNY

Fransuz fizigi A. Bekkerel 1896-njy ýylda uran duzlarynda lýuminessensiýa hadysasyny öwrenýärkä, geň hadysa duçar bolupdyr. Uran duzuny fotoplastinkanyň üstünde galdyran Bekkerel plastinkany açanda plastinka duzuň suraty geçip galandygyny görüpdir. Tejribäni birnäçe gezek gaýtalan Bekkerel, şeýle duzlar kagyздan, ýuka metaldan aňsat geçýän, howany ionlaşdyrýan, lýuminessensiýa hadysasyny emele getirýän näbelli şöhle çykarýar, diýen netijä gelipdir.

Şu şöhleler *radioaktiw şöhleler* (latynça *radius* – şöhle sözünden alnan), radioaktiw şöhleleri çykmak bolsa *radioaktiwlik* diýlip atlandyryldy.

Rezerford tejribeleriň köme-ginde radioaktiw şöhleler bir jynsly däl, eýsem birnäçe şöhlelerden ybaratdygyny anyklady. Surat tekizligine perpendikulýar ugrugan magnit meýdanyndan geçirilen şöhle (7.11-nji surat) üç sany: α , β , γ – şöhlelere bölünýär. Olaryň birinjisi – geliý ýadrosyň akymy, ikinjisi – elektronlar akymy, üçünjisi bolsa γ – kwantlar (fotonlar) akymydyr.



7.11-nji surat.

Tebigy radioaktiwlik. Uran radioaktiw şöhle çykarýan ýeke-täk element däl. Radioaktiwligi her taraplaýyn çuňňur öwrenen är-aýal Mariýa we Pýer Kýuriler uran magdanyndan iki radioaktiw element – poloniý (Po) we radiýleri (Ra) bölüp almak şöhratyna miýesser bolupdyrlar. Tebigy radioaktiw elementler ýeriň islendik ýerinde bar. Ol howada, suwda, toprakda, janly organizmiň öýjüklerinde, iýmitlerinde islendikçe tapylýar. Tebigatda iň köp ýaýran radioaktiw izotoplar ^{40}K , ^{14}C , uran we toriý izotoplary maşgalasydyr.

Radioaktiwlik izotopyň sap halynda ýa-da käbir birikme düzümine girýändigine, nähili agregat halynda bolýandygyna umuman bagly däldigini aýratyn bellemek gerek. Şunuň bilen birlikde, ne basyş, ne temperatura, ne-de elektrik meýdany we ne magnit meýdany tebigy radioaktiwligi täsir edip bilmeýär. Diýmek, radioaktiwlik diňe ýadronyň içindäki proseslere bagly, diýen netijä gelmekden başga alaç ýok.

Tebigy radioaktiwlik diýip, durnuksyz izotoplaryň atomynyň ýadrolarynyň dürli bölejikleri çykarmak we energiýa bölüp çykarmak bilen stabil izotoplara öwürilmegine aýdylýar.

Şeýdip, radioaktiwlik atom ýadrosy we onda bolýan prosesler barada maglumat berýän çeşmelerden biridir.

Radioaktiw dargama kanuny. Ýadronyň radioaktiw şöhle çykarmak bilen başga ýadro öwürilmegine *radioaktiw dargama* ýa-da ýöne *dargama* diýilýär. Radioaktiw dargan ýadro ene ýadro, emele gelen ýadro bolsa çaga ýadro diýilýär. Eýsem, bu dargama haýsy-da bolsa bir kanuna boýun egýärmí? Köp tejribelerden görnüşi ýaly, garalýan göwrümdäki radioaktiw atomlaryň sany wagtyň geçmegi bilen barha kemelýär. Käbir elementlerde bu kemelme minutlaryň, hatda sekuntlaryň dowamynda bolup geçse, käbirlerinde milliardlarça ýyl dowam edýär. Umuman alanda, ýadronyň dargamasy tötänleýin hadysadyr. Şonuň üçin, ol ýa-da bu ýadronyň berlen wagt aralygynda dargamagy statistika kanunlaryna boýun egýär. Radioaktiw elementiň esasy häsiýetnamalaryndan biri her bir ýadronyň bir sekundyň dowamynda dargama ähtimaly bilen kesgitlenýän ululykdyr. Ol λ harpy bilen belgilenýär we radioaktiw dargama hemişeligi diýilýär.

Eger başlangyç moment $t=0$ -da N_0 sany radioaktiw atom bar bolsa, t momentde galan radioaktiw atomlaryň sany

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \quad (7 - 12)$$

kanuna laýyklykda kesgitlenýär. Bu ýerde: $e \approx 2,72$ -natural logarifmiň esasy. (7–12) aňlatma radioaktiw dargama kanuny diýilýär.

Ýarym dargama peridy. Radioaktiw dargama intensiwligini häsiýetlendirýän ululyklardan biri ýarym dargama peridydyr. Ýarym dargama peridy T diýip, başlangyç ýadrolaryň sany ortaça iki esse kemelmegi üçin zerur bolýan wagta aýdylýar.

Eger $t = T$ bolsa, onda $N = \frac{N_0}{2}$ we radioaktiw dargama kanunyna görä:

$$\frac{N_0}{2} = N = N_0 e^{-\lambda T}.$$

Şu formulany potensirläp aşakdaky:

$$\lambda T = \ln 2 \quad \text{ýa-da} \quad T = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda} \quad (7-13)$$

-ni alarys.

Dürli izotoplar üçin ýarym dargama peridy örän giň interwalda üýtgeýär. Ol uran üçin 4,56 mlrd. ýyla deň bolsa, poloniý izotopy üçin baryýogy $1,5 \cdot 10^{-4}$ s -den ybarat.

Radioaktiw dargama kanuny aşakdaky ýaly hem aňladylmagy mümkin:

$$N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}, \quad (7-14)$$

bu ýerde: T – ýarym dargama peridy.

Aktivlik. Radioaktiw çeşmäniň aktiwligi (A) diýip, 1 s-daky dargamalar sanyna aýdylýar:

$$A = \frac{dN}{dt}, \quad (7-15)$$

Aktivligiň SI-däki birlihi – Bekkerel (Bk) diýlip, 1 s-da 1 sany dargama ýüze çykýan aktiwlige aýdylýar. $1 \text{ Bk} = 1 \text{ darg./1 s} = 1 \text{ s}^{-1}$. Häzire çenli ýadro fizikasynda sistema girmeyän nuklid aktiwliginiň birlihi – kýuri (Cm) ulanylýar: $1 \text{ Cm} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bk}$.

Radioaktiw elementler maşgalasy. Tertip nomeri 83-den uly bolan elementleriň izotoplarynyň ählisi radioaktiwdir. Tebigy radioaktiw elementler, adadta, dört hatarda ýerleşdirilýär. Ilkinji elementden başga ählisi öňküsiniň radioaktiw dargamasy netijesinde emele gelýär.

${}_{92}^{238}\text{U}$ uran maşgalasy gurşunyň stabil izotopy ${}_{82}^{206}\text{Pb}$ bilen gutarýar. Toriýniň ${}_{90}^{232}\text{Th}$ maşgalasy bolsa gurşunyň başga stabil izotopy ${}_{82}^{208}\text{Pb}$

bilen, aktiniýniň ${}_{89}^{235}\text{Ac}$ maşgalasy gurşunyň stabil izotopy ${}_{82}^{207}\text{Pb}$ bilen, neptuniýniň ${}_{93}^{237}\text{Np}$ maşgalasy bolsa wismutyň stabil izotopy ${}_{83}^{209}\text{Bi}$ bilen gutarýar.

Mesele çözmegiň nusgasy:

1. Uran ${}_{92}^{233}\text{U}$ näçe α bölejikler çykarandan soň ${}_{83}^{209}\text{Hg}$ öwrülýär?

Jogaby: ${}_{92}^{233}\text{U} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_{90}^{229}\text{Th}$. ${}_{90}^{229}\text{Th} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_{88}^{225}\text{Ra}$. ${}_{88}^{225}\text{Ra} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_{86}^{221}\text{Rn}$.
 ${}_{86}^{221}\text{Rn} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_{84}^{217}\text{Po}$. ${}_{84}^{217}\text{Po} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_{82}^{213}\text{Pb}$. ${}_{82}^{213}\text{Pb} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_{80}^{209}\text{Hg}$.

Jogaby: 6 ta.

42-nji tema. ÝADRO REAKSIÝALARY. SÜÝŞME KANUNY

I Ýadro reaksiýalary. Ýadro reaksiýalary atom ýadrolarynyň özara bir-birleri bilen ýa-da ýadro bölejikleri bilen täsirleşmeleri netijesinde başga ýadrolara öwürlmegidir.

Ýadro reaksiýalarynda: elektrik zarýadynyň, nuklonlar sanynyň, energiýanyň, impulsyň, impuls momentiniň saklanma kanunlary ýerine ýetirilýär. Ähli reaksiýalar reaksiýa prosesinde bölünip çykýan ýa-da siňdirilýän energiýa bilen häsiýetlenýär. Energiýa bölünip çykmagy bilen ýüze çykýan reaksiýalara *ekzotermik*, energiýa siňdirilmegi bilen bolup geçýän reaksiýalara bolsa *endotermik* reaksiýalar diýilýär.

Ýadro reaksiýalarynyň görnüşleri. Ýadro reaksiýalary aşakdaky belgilerine garap görnüşlere bölünýär:

Onda gatnaşýanan bölejikleriň görnüşlerine garap, neýtronlar, γ -kwantlar, zarýadlanan bölejikler (proton, deýtron, α -bölejik we h.k.) täsirinde bolup geçýän reaksiýalar.

Reaksiýada gatnaşýan bölejikleriň energiýasyna garap, kiçi energiýaly (≈ 100 eV); orta energiýaly (≈ 1 MeV) we ýokary energiýaly (≈ 50 MeV) reaksiýalar.

Gatnaşýan ýadrolar görnüşine garap, ýeňil ýadrolarda ($A < 50$); orta ýadrolarda ($50 < A < 100$); agyr ýadrolarda ($A > 100$) geçýän reaksiýalar.

Ýadro öwürlmeleriniň häsiýetine garap, neýtron çykaryjy; zarýadlanan bölejikler çykaryjy; bölejik siňdiriji reaksiýalar bolýar.

Reaksiýada energiýanyň bölünip çykmagy. Ýadro reaksiýasynda energiýanyň bölünip çykmagy diýip, reaksiýa çenli we ondan soň ýadrolaryň we bölejikleriň dynçlykdaky energiýalarynyň tapawudyna aýdylýar. Şonuň ly-da, ýadro reaksiýasynda energiýanyň bölünip çykmagy reaksiýada gatnaşýan we reaksiýadan soňky kinetik energiýalarynyň tapawudyna deň. Eger reaksiýadan soň ýadronyň we bölejikleriň kinetik energiýalary reaksiýa çenli bolanyndan uly bolsa, onda energiýa bölünip çykan bolýar. Tersine bolanda energiýa siňdirilýär. Meselem,



Reaksiýada emele gelen gelij ýadrolarynyň kinetik energiýalary reaksiýa girişen protonyň kinetik energiýasyndan 7,3 MeV-e köp.

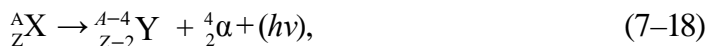
Borun nazaryýeti. Bor teklipe eden nazaryýete görä, ýadro reaksiýasy iki basgançakda bolup geçýär. Birinji basgançakda nyşan ýadro A oňa ugrukdyrylan bölejik bilen goşulyp gidär we täze oýanan halyndaky C ýadrony emele getirýär: $A + a \rightarrow C$. Ikinji basgançakda bolsa oýanan ýadro C ýadro reaksiýasynyň önümlerine dargap gidýär: $C \rightarrow b + B$. Şeýdip, ýadro reaksiýasy aşakdaky shema görä bolup geçýär:



Alfa-şöhlelenme. Atom ýadrosyndaky nuklonlar hemişe hereketde we özara öwrülişikde bolýar. Ýadronyň içinde emele gelýän in durnukly önüm iki proton we iki neýtrondan ybarat bolan önümdir. Ýadronyň içindäki energiýa paýlaşygynda hut şu bölejik ýadronyň esasy energiýasyny özüne almagy we mälim şertlerde α -bölejik hökmünde ony terk etmegi mümkin.

Atom ýadrosynyň α -bölejik çykarmak bilen başga ýadro öwrülmeğine **alfa-şöhlelenme** (dargama) diýilýär.

Eger ${}^A_Z\text{X}$ ene ýadro bolsa, α -şöhlelenme netijesinde bu ýadronyň başga ýadro öwrülmeğine aşakdaky shema esasynda bolup geçýär:



bu ýerde: ${}^{A-4}_{Z-2}\text{Y}$ –bola ýadronyň belgisi, ${}^4_2\alpha$ -gelij (${}^4_2\text{He}$) atomynyň ýadrosy (α -bölejik), $h\nu$ –oýanan ${}^{A-4}_{Z-2}\text{Y}$ –ýadro çykarýan kwant.

(7-18)-dan görnüşi ýaly, α -şöhlelenme netijesinde ýadronyň massa sany 4-e, zarýady bolsa 2 sany elementar položitel zarýada kemelýär. Başgaça aýdanda, α -şöhlelenme netijesinde himiki elementiň Mendeleýewiň elementler in periodik sistemasyndaky orny iki öýjük çepe süýşýär. Bu ýagdaý **süýşme düzgüni** diýilýär. Ol elektrik zarýady we massa sany saklanma kanunlarynyň netijesidir.

Beta-şöhlelenme. Ýadroda nuklonlaryň bir-birlerine öwrülmegi bilen bagly bolan başga özgerişler hem bolup geçýär. Meselem, ýadro elektronlaryň akymyny çykarmagy mümkin. Bu ýagdaý ***β-şöhlelenme*** (dargama) diýlip atlandyrylýar.

Süýşme düzgünine görä, β -şöhlelenmede ýadronyň massa sany üýtgemeyär:



Şu aňlatmadan görnüşi ýaly, β -şöhlelenme netijesinde himiki element Mendeleýewiň periodik sistemasynda bir öýjüğe saga süýşýär.

Radioaktiv öwürmeler. Ýokardaky reaksiýalardan görnüşi ýaly, olaryň kömeginde bir himiki elementleri başgasyna öwürmek we şu ýol bilen emeli ýagdaýda radioaktiv elementleri almak mümkin. Şeýle reaksiýalara radioaktiv öwürmeler diýilýär.

Umuman alanda, emeli we tebigy radioaktiwligiň arasynda hiç hili tapawut ýok. Çünki, izotopyň häsiýetleri onuň emele geliş usulyna umuman bagly däl we emeli izotop tebigy izotopdan hiç hili tapawutlanmaýar.

Gamma-şöhlelenme. Fransuz fizigi P. Willar 1900-nji ýylda gurşuny α we β -bölejikler bilen şöhlelendirilende nähilidir galyndy şöhlelenme bolýandygyny anyklapdyr. Bu şöhlelenme magnit meýdanynyň täsirinde öz ugrundan gysarmandyr. Ionlaşdyrma ukyby esli kiçi, siňme ukyby bolsa rentgen şöhleleriniňkiden hem ep-esli güýçli bolupdyr. Ony γ -şöhlelenme diýip atlandyrypdyrlar.

γ -şöhlelenme hem rentgen şöhleleri ýaly elektromagnit tolkunlarydyr. Olar diňe emele gelmegi we energiýalary bilen bir-birinden tapawutlanýar. Eger rentgen şöhleleri orbital elektronlaryň oýanmalarynyň we tiz elektronlaryň tormozlanmagynyň netijesi bolsa, γ -şöhlelenme ýadrolaryň bir-birine öwürilmeginde emele gelýär.

Umuman alanda, ýadro radioaktiv dargama ýa-da emeli ýagdaýda ýadrolaryň bir-birine öwrülmegi netijesinde oýanýan halata geçýär. Ol oýanýan halatdan esasy halata geçende γ -şöhlelenme çykarýar. Onuň energiýasy birnäçe kiloelektron-woltdan, birnäçe million elektron-wolta çenli bolmagy mümkin. γ -şöhlelenme maddadan geçende onuň başlangyç intensiwligi ep-esli kemelýär. Munuň sebäbi – fotoeffekt, kompton effekti we elektron-pozitron jübütliginiň emele gelmegidir.



1. Ýadro reaksiýalarynda nähili saklanma kanunlary ýerine ýetirilýär?
2. Alfa-şöhlelenme diýip nämä aýdylýar?
3. β -şöhlelenme diýip nämä aýdylýar?
4. γ -şöhleler nähili şöhleler? Ol rentgen şöhlelerinden nämesi bilen tapawutlanýar?

Mesele çözmegiň nusgasy:

Aşakdaky reaksiýada näbelli önüm X-i tapyň.
 ${}^{14}_7\text{N} + {}^4_2\text{He} \Rightarrow {}^{17}_8\text{X} + {}^1_1\text{H}$.

Jogaby: ${}^{17}_8\text{O}$.

43-nji tema. ELEMENTAR BÖLEJIKLER

Elementar bölejikler. «Elementar» sözüniň sözlük manysy «iň ýönekeý» diýmekdir. Bu günki güne çenli mälim bölejikleri elementar diýip atlandyrmak onçakly dogry bolmasa-da, ilki wagtlarda girizilen bu jümleden entegem peýdalanylýar. Umuman alanda, bölejikler ýaňy açyş edilip başlanda materiýanyň iň kiçi bölejigi hökmünde kabul edilen we çyndan hem elementar diýlip hasaplanylýdyr. Ýöne olaryň käbirleriniň (şol sanda, nuklonlaryň) çylşyrymly gurluşa eýedigi soňrak mälim bolupdyr. Häzirki wagtda 300-den artyk elementar bölejikler bar. Olaryň aglabasy stabil däl bolup, ýuwaş-ýuwaşdan ýeňil bölejiklere öwrülýär.

Elektron. Birinji açyş edilen elementar bölejik elektron hasaplanýar. Katod şöhleleriniň häsiýetlerini öwrenýän J. Tomson, bu otrisatel zarýadlanan bölejik elektronlaryň akymyndan ybaratdygyny anyklapdyr. Bu waka 1897-nji ýylyň 29-njy aprelinde bolup geçipdi we şu sene birinji elementar bölejik açyş edilen gün hasaplanýar.

Foton. 1900-nji ýylda M. Plank ýagtylygyň foton diýlip atlandyrylýan bölejikleriň akymyndan ybaratdygyny görkezdi. Foton elektrik zarýadyna eýe däl, dynçlykdaky massasy nola deň, ýagny foton diňe ýagtylyk tizligine deň tizlik bilen hereket halatynda bar bolmagy mümkin.

Proton. 1919-njy ýylda E. Rezerfordyň tejribelerinde, azotyň α -bölejikler bilen bombalanmagy netijesinde, wodorod atomynyň ýadrosy proton açyş edilen. Ol zarýadynyň mukdary elektronyň zarýadyna deň bolan, položitel zarýadlanan bölejikdir. Massasy elektronyň massasyndan 1836 esse uly.

K-ölçeğerler. 1950-nji ýyllardan başlap açyş edilyän bölejikleriň sany ýiti artdy. Bularyň hataryna K-ölçeğerler hem girýär. Olaryň zarýady položitel, otrisatel, nol bolmagy mümkin. Massalary bolsa 966–974 m_e töwereginde.

Giperonlar. Soňky bölejikler toparyna giperonlar diýilýär. Olaryň massalary 2180 m_e dan 3278 m_e çenli aralykda bolýar.

Rezonanslar. Soňky wagtlarda ýaşayyş periodlary örän kiçi bolan rezonanslar diýlip atlandyrylýan bölejikler açyş edildi. Olary gönüden-göni registrirlemegiň alajy bolman, emele gelendigi darganynda emele gelen önümlere garap kesgitlenýär.

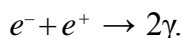
Umuman alanda, ilki wagtlarda bary-ýogy birnäçe we materiýanyň iň kiçijik kerpiçleri diýlip hasaplanan elementar bölejikler soňluk bilen, şu derejede köpdürli we şu derejede çylşyrymly bolup çykdy.

Antibölejikler. Birinji antibölejik – elektronyň antibölejigi (garşylykly bölejigi) – pozitron açyş edilenden soň, başga bölejikleriň hem antibölejigi ýokmyka, diýen sorag döredi. Antiproton 1955-nji ýylda mis nyşany protonlar bilen bombalamak netijesinde alyndy. 1956-njy ýylda bolsa antineýtron açyş edildi. Häzirki wagtda her bir bölejigiň öz antibölejigi, ýagny massasy we spini deň, zarýady bolsa garşylykly bolan bölejik bardygy anyklanan.

Elektronlaryň we protonlaryň antibölejikleri zarýadynyň alamaty bilen tapawutlansa, neýtron we antineýtron hususy magnit momentleriniň alamaty bilen tapawutlanýar. Zarýadsyz bölejikler foton, π⁰-ölçeğerleriniň özleri we antibölejikleriniň fiziki häsiýetleri birmeňzeş.

Antibölejikler barada maglumata eýe bolandan soň okuwçyda bölejik we antibölejik duşuşaýsa, näme bolar, diýen sorag döremegi tebigydyr. Şu soraga jogaby soňky setirlerde taparsyňyz.

Maddanyň we meýdanyň bir-birine öwrülmeği. Elektronyň öz antibölejigi – pozitron bilen duşuşmagy olaryň elektromagnit şöhlelenme kwantyna öwrülmeğine we energiýanyň bölünip çykmagyna getirýär. Bu hadysa annigilasiýa diýilýär:

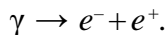


Diňe bir elektron we pozitron däl, eýsem ähli bölejikler hem öz antibölejikleri bilen duşuşanda annigilasiýa girişýär. Başgaça aýdanda, olar elektromagnit meýdanynyň kwantlaryna (fotonlara) öwrülýär.

Şu ýagdaýda annigilasiýa sözi onçakly amatly saýlanmandyr. Çünki ol latynça «ýitmek» diýen manyny aňladýar. Aslynda bolsa bölejik we antibölejik duşuşanda hiç hili ýitme bolmaýar. Ähli saklanma kanunlary

doly ýerine ýetirilýär. Diňe, materiýa madda görnüşinden elektromagnit meýdanynyň kwantlary görnüşine geçýär.

Energiýasy elektronyň we pozitronyň dynçlykdaky energiýalarynyň jeminden uly bolan γ -kwant $E_\gamma > 2m_0c^2 = 1,02 \text{ MeV}$ ýadronyň gapdalyndan geçende elektron-pozitron jübütligine öwrülmegi mümkin:



Elektron-pozitron jübütliginiň peýda bolmagy we olaryň annigilasiýasy materiýanyň iki şekliniň (madda we meýdan) özara bir-birine öwrülişlerini görkezýär.

Elementar bölejikleriň täsirleşmesiniň görnüşleri. Häzirki zaman düşünjelere görä, tebigatda dört hili fundamental täsirleşme bar. Bular güýçli, elektromagnit, güýcsüz we grawitasion täsirleşmelerdir. Bu täsirleşmeleriň her birini amala aşyrýan bölejikler we her birine laýyk gelýän öz meýdanlary bar. Adronlar – ähli görnüşdäki fundamental täsirleşmelerde gatnaşýarlar. Bu synpa barionlar we π -ölçegler girýär. Barionlar +1 barion zarýadyna, antibölejikleri bolsa –1 barion zarýadyna eýe. Ölçegleriň barion zarýady nola deň. Barionlaryň spini ýarym sanly, ölçegleriňki bolsa bitin san. Nuklonlar we nuklonlara bölünýän agyrrak bölejikler hem barionlara girýär. Massasy nuklonyň massasyndan uly bolan barionlara giperonlar diýilýär.

Leptonlar – güýçli täsirleşmeden başga üç täsirleşmelerde-de gatnaşýar. Leptonlar (“leptos” grekçe – ýeňil) elektronlar, pozitronlar, μ – ölçegler we neýtrinolardyr. Leptonlar +1 lepton zarýadyna, antibölejikleri bolsa –1 lepton zarýadyna eýe.

Fotonlar – grawitasion we elektromagnit täsirleşmelerde gatnaşýan bölejikler.

Grawitonlar – diňe grawitasion täsirleşmede gatnaşýar diýip hasaplanýan bölejikler. Ahyrky tejribeler grawitasion tolkunlary registrläýän bolsa-da, grawitonlaryň barlygy ahyryna çenli tassyklanmadyk.

Ähli elementar bölejikler bir-birlerine öwrülip durýarlar we bu öwrülmeler olaryň barlygynyň esasy faktory bolup hasaplanýar.

1964-nji ýylda amerikalý fizikler M. Gel-Man we J. Sweýgler kwarklar diýlip atlandyrylýan çaklama bölejikler bardygyny öňünden aýdypdyrlar. Olaryň pikiriçe, adronlar kwarklardan ybarat. Häzirki günde olaryň bardygyny tassyklaýan tejribe netijeleri bar.

Kwarklar güýçli, güýçsüz we elektromagnit täsirleşmelerde gatnaşýarlar. Jemi kwarklar alty sany. Olar latyn harplary bilen belgilenip, üç sany (u,d), (c,s), (t,b) maşgala bölünýär. Alty kwarkyň her biri öz “ysy” bilen tapawutlandyrylýar we olar üç sany – sary, gök we gyzyl “reňkde” bolýar. Iki u, d, s kwarklar girizildi. Soňluk bilen bolsa olara “özüne çekiji” c (deri), “gözel” b (beautn) we “hakyky” t (truth) kwarklary goşuldy. u, c, t kwarklaryň elektrik zarýady elektron bölejikleriniň $+2/3$ bölegine, galanlarynyňky bolsa $1/3$ bölegine deň. Antikwarklar degişlilikde garşylykly elektrik zarýadyna eýe. Kwarklaryň spini \hbar birliginde berilýär. Kwarkyň ululygy 10^{-18} -den geçmeýär, ýagny kwark protondan iň bolmanda 10^3 (müň) esse kiçi. Protony $E \approx 2 \cdot 10^4$ MeV energiýaly elektronlar bilen bombalamak ondaky zarýad protonyň içinde üç ýerde degişlilikde $+2/3q_e, +2/3q_e$ we $-1/3q_e$ ýaly ýerleşýändigini görkezdi.

Neytron hem bir sany $u\left(q_u = \frac{2}{3}q_e\right)$ we iki sany $d\left(q_d = -\frac{1}{3}q_e\right)$ kwarklardan ybarat.

Ölçeşler kwarklar we antikwarklardan ybarat. Meselem, π^+ -ölçeşden $u\bar{d}$ ybarat. Bu ýerde: $\bar{d}-d$ – kwarkyň antibölejigi.

Nuklonlaryň kwarklardan düzülişi

Nuklon	Elektron zarýad	Düzümi	Kwarklaryň elektrik zarýady
Proton	$+q_e$	u, u, d	$+\frac{2}{3}q_e, +\frac{2}{3}q_e, -\frac{1}{3}q_e$
Neytron	0	u, d, d	$+\frac{2}{3}q_e, -\frac{1}{3}q_e, -\frac{1}{3}q_e$

Häzirki zaman nazaryýetlerine görä ýedi sany esasy bölejikler bar bolup, galanlaryny olardan düzmek mümkin. Bular kwark, antikwark, glýuon, grawiton we üç sany higson.

Leptonlar we kwarklar ýene-de maýdarak bölejiklerden ybarat diýen nazaryýetler hem ýok däl.

Häzirki wagtda alymlaryň esasy ünsi elementar bölejikleriň “Standart modeli”ne gönükdirilen. Aýratynam, 2012-nji ýylyň 4-nji iýulynda Higgs bozoni açyş edileni baradaky maglumatlar yglan edilenden soň bu modele gyzyklanma has-da güýçlendi.

Şunuň bilen birlikde “Standart model”de diňe üç sany: güýçli, güýçsüz we elektromagnit täsirleşmeler birleşdirilip, dördünji grawitasion täsirleşme garalmaýar.



1. «Elementar» sözi nähili manyny aňladýar?
2. Häzir näçe bölejigiň barlygy anyklanan?
3. Bölejik we antibölejik duşuşanda nähili hadysa bolup geçýär?
4. Madda we meýdan bir-birine öwrülýärmí?
5. Kwarklar nähili bölejikler?

Mesele çözmegiň nusgasy:

Elementar bölejik pi-nol-ölçeg (π^0) iki γ – kwanta dargadyldy. Eger bu bölejigiň dynçlykdaky massasy 264,3 elektron massasyna deň bolsa, γ – şöhlelenme ýygylgyny tapyň.

Berlen:	Çözülişi:
$\pi^0 \rightarrow 2\gamma$ $m_\pi = 264,3 m_e$	Energiýanyň saklanma kanunyna görä $E_\pi = 2E_\gamma \Rightarrow m_\pi c^2 = 2hv \Rightarrow v = \frac{264,3 m_e c^2}{2h}$
Tapmaly: $v = ?$	$m_e c^2 = 0,511 \text{ MeV}$ -bolýanlygyndan $v = \frac{264,3 \cdot 0,511 \cdot 10^6 \text{ eB}}{2 \cdot 4,136 \cdot 10^{-15} \text{ eB} \cdot \text{c}} = \frac{264,3 \cdot 0,511}{8,272} \cdot 10^{21} \text{ Hz} =$ $= 16,33 \cdot 10^{21} \text{ Hz}.$
	Jogaby: $16,33 \cdot 10^{21} \text{ Hz}.$

44-nji tema. ATOM ENERGETIKASYNYŇ FIZIKI ESASLARY. ÝADRO ENERGIÝASYNDAN PEÝDALANMAKDA HOWPSUZLYK ÇÄRELERI

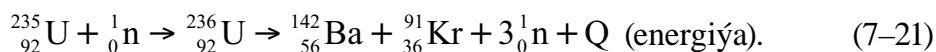
Agyr ýadronyň bölünmegi. Agyr ýadrolaryň bölünme mümkinçiligini, 7.12-nji suratda getirilen udel baglanyşyk energiýasynyň massa sanyna baglylyk grafigi esasynda düşündirmek mümkin. Şu grafikden görnüşi ýaly, agyr ýadrolaryň udel baglanyşyk energiýasy Mendeleýewiň jedweliniň orta bölegindäki elementleriň udel baglanyşyk energiýasyndan 1 MeV -a kiçi. Diýmek, agyr ýadrolar orta ýadrolara öwrülse, onda her bir nuklon üçin 1 MeV-dan energiýa bölünip çykýan eken.

Eger 200 sany nuklonly ýadro bölünse, onda ≈ 200 MeV töwereginde energiýa bölünip çykýar we onuň esasy bölegi (≈ 165 MeV) ýadro böljekleriniň kinetik energiýasyna öwrülýär.

Uran ýadrosynyň bölünmegi. 1938–1939-njy ýyllarda nemes fizikleri O. Gan we F. Strassmanlar neýtron bilen bombalanan uran ýadrosyny iki (käte üç) bölege bölünýändigini we munda uly mukdarda energiýa bölünip çykýandygyny anykladylar. Bu bölünmede periodik ulgamyň orta elementleri hasaplanýan bariý, lantan we başgalar emele gelýär.

Tejribe netijeleri aşakdaky ýaly derňeldi. Neýtrony siňdiren uran ýadrosy oýanyan halata geçýär we iki bölege dargap gidýär. Munuň sebäbi – protonlaryň arasyndaky kulon itekleşme güýjüniň ýadro dartyşma güýçlerinden uly bolup galmagydyr. Ýadro böljekleri položitel zarýadlanan bolanlygy üçin hem bir-birlerini kulon güýjüniň täsirinde itekleýär we uly tizlik bilen atylyp gidýär. Bir wagtyň özünde 2–3 sany ikilenji neýtron bölünip çykýar. Tejribelerden görnüşi ýaly, ikilenji neýtronlaryň esasy bölegi uçup çykýan, oýanyan böljeklerden bölünýär.

Bölünme önümleri dürli-dürli bolup, baryp 200 hili görnüşe eýe bolmagy mümkin. Massa sany 95-den 139-a çenli bolan ýadrolaryň emele gelmek ähtimaly iň uly bolýar. Deň massaly bölünme ähtimaly diňe esli kiçi we seýrek hallarda ýüze çykmagy mümkin. Bölünme reaksiýasynyň aşakdaky ýaly haly iň köp bolup geçýär:

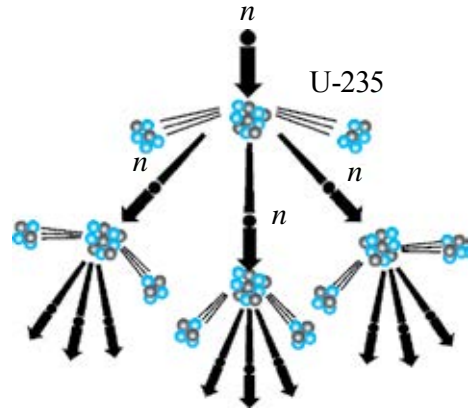


Soňky gözleglerden mälim bolşy ýaly, neýtronyň täsirinde başga agyr elementleriň ýadrolary hem dargamagy mümkin eken. Bular ${}_{92}^{238}\text{U}$, ${}_{94}^{239}\text{Pu}$, ${}_{90}^{232}\text{Th}$ we başgalar.

Tirkeşikli reaksiýa. Ýokarda agzalyşy ýaly, her bir uran ýadrosy bölünende ýadro böljeklerinden daşary 2–3 sany neýtron hem uçup çykýar. Öz nobatynda, bu neýtronlar hem başga uran ýadrosyna düşmegi we olaryň hem dargamagyna getirmegi mümkin. Netijede 4–9 sany neýtron emele gelýär we şonça ýadrony dargadyp, 8 sanydan 27 -ä çenli neýtronlaryň emele gelmegine sebäp bolýar. Şeýdip, öz-özünüň dargamasyny güýçlendirýän proses emele gelýär (7.12-nji surat). Bu prosese tirkeşikli *reaksiýa* diýilýär.

Tirkeşikli reaksiýa ekzotermik reaksiýadyr, ýagny reaksiýa uly mukdardaky energiýanyň bölünip çykmagy bilen bolup geçýär. Biz ýokarda bir sany uran ýadrosy bölünende 200 MeV energiýa bölünip çykýandygy barada ýazypdyk. Indi 1 kg uran dargadylanda näçe energiýa bölünip çykýandygyny hasaplalyň (1 kg uranda $2,5 \cdot 10^{24}$ sany ýadro bar):

$$E \approx 200 \text{ MeV} \cdot 2,5 \cdot 10^{24} = 5 \cdot 10^{26} \text{ MeV} = 8 \cdot 10^{13} \text{ J.} \quad (7-22)$$



7.12-nji surat.

Şeýle energiýa 1800 t benzin ýa-da 2500 t daşkömür ýananda bölünip çykmagy mümkin. Hut şu derejede uly energiýanyň bölünip çykmagy alymlary tirkeşikli reaksiýasyndan amalda (hem parahatçylyk, hem harby maksatlarda) peýdalanmak ýollaryny gözlemäge ünedi. Tirkeşikli reaksiýasy amala artdyrmak onçaklam aňsat däl. Munuň sebäbi tebigatda bar bolan uranyň iki izotopdan: 99,3% $^{238}_{92}\text{U}$ we 0,7% $^{235}_{92}\text{U}$ ybaratlygydyr. Tirkeşikli reaksiýa diňe Uran – 235 bilen bolup geçýär.

Şonuň üçin uran magdanyndan ilki tirkeşikli reaksiýa bolup geçýän Uran – 235 izotopyny bölüp almaly, soňra reaksiýanyň geçýän şertini emele getirmeli. Bu günki günde bu çylşyrymly mesele üstülikli çözülen.

Neýtronlaryň köpeliş koeffisiýenti. Tirkeşikli reaksiýa bolup geçmegi üçin ikilenji neýtronlaryň soňky ýadro bölünişlerinde gatnaşmagy möhüm ähmiýete eýe. Şonuň üçin neýtronlaryň köpeliş koeffisiýenti düşüňjesi girizilýär:

$$k = \frac{N_i}{N_{i-1}}, \quad (7-23)$$

bu ýerde: N_i ululyk i -etapda ýadrolaryň bölünişini emele getirýän neýtronlar sany bolsa, N_{i-1} —ondan öňki etapda ýadrolaryň bölünişini emele getirýän neýtronlar sany.

Köpeliş koeffisiýenti diňe bir neýtronlar sanyny däl, eýsem bölünýän ýadrolar sanyny hem görkezýär. Eger $k < 1$ bolsa, onda reaksiýa çalt togtayar.

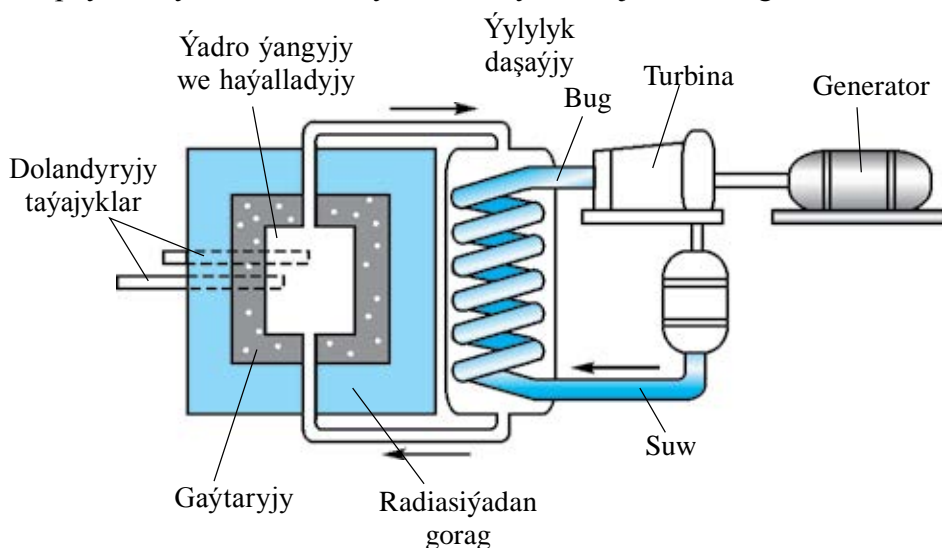
Eger $k = 1$ bolsa, tirkeşikli reaksiýa kritik diýlip atlandyrylýan hemişelik intensiwlik bilen dowam edýär.

Eger $k > 1$ bolsa, tirkeşikli reaksiya opurym şekilli barha artýar we ýadronyň partlamagyna getirýär.

Ýadro reaktory. Adamzat üçin tirkeşikli reaksiýany amala aşyrmak däl, eýsem bölünip çykýan energiýadan peýdalanmak üçin ony dolandyrmak möhüm ähmiýete eýedir. Agyr ýadrolaryň bölünüş tirkeşikli reaksiýasyny amala aşyrmaga we dolandyrmaga mümkinçilik berýän gurluşa *ýadro reaktory* diýilýär.

Birinji ýadro reaktory 1942-nji ýylda E. Ferminiň ýolbaşçylygynda Çikago uniwersitetiniň ýanynda gurlupdyr.

Ýangyç hökmünde 5% çenli Uran–235 bilen baýlaşdyrylan tebigy urandan peýdalanýan bu reaktoryň shemasy 7.13-nji suratda görkezilen.



7.13-nji surat.

Uran–235 ýadrosynda tirkeşikli reaksiýany ösdürmek diňe gyrgyz neýtronlaryň kömeginde amala aşyrylmagy mümkin (energiýasy 0,005–0,5 eV aralygynda bolan neýtronlara gyrgyz neýtronlar diýilýär). Ýadro dargadylanda emele gelýän neýtronlaryň energiýasy bolsa 2 MeV töwereginde bolýar. Şonuň üçin, tirkeşikli reaksiýanyň gidişini üpjün etmek üçin ikilenji neýtronlary gyrgyz neýtronlara çenli haýallatmaly. Şu maksatda haýalladyjy diýlip atlandyrylýan ýörite maddadan peýdalanýlar. Haýalladyjy neýtronlary haýallatmaly, ýöne siňdirmeli däl. Haýallatmak maksadynda agyr suwdan, ýönekeý suwdan, grafitden we berilliylerden peýdalanmak mümkin. Agyr suwy almak gaty kyn bolany üçin, adatda, reaktorlarda ýönekeý suwdan ýa-da grafitden peýdalanýlar.

Reaktoryň öz-özünü güýçlendiriji tirkeşikli reaksiýasy bolup geçýän aktiw zolagy grafit silindrdan ybarat bolýar.

Ýadro reaktoryny dolandyrmak. Tirkeşikli reaksiýa prosesinde aktiw zolakdaky temperatura 800–900 K çenli ýokarlanýar. Ýylylygy äkitmek üçin reaktoryň aktiw zolagyndan turba arkaly ýylylyk daşyjy geçirilýär. Mysal üçin, şeýle ýylylyk daşyjy adatdaky suw ýa-da suwuk natriý metaly bolmagy mümkin. Tirkeşikli reaksiýany dolandyrmak bordan ýa-da kadmiýdan ýasalan, gyzgyn neýtronlary gowy siňdirýän taýajyklaryň kömeginde amala aşyrylýar. Tirkeşikli reaksiýanyň ösüşi bölünýän ýadrolar sanynyň üznüksiz artmagyna, ýagny reaktoryň kuwwatynyň artmagyna getirýär. Tirkeşikli reaksiýa çabga häsiýetini almazlygy üçin neýtronlaryň köpeliş koeffisiýentini bire deň edip durmaly. Bu bolsa dolandyryjy taýajyklaryň kömeginde amala aşyrylýar. Dolandyryjy taýajyklar reaktoryň aktiw zolagyndan çekip alnanda $k > 1$, doly girizip goýlanda $k < 1$ bolýar. Taýajyklaryň kömeginde islendik wagtda tirkeşikli reaksiýanyň ösüşini togtatmak mümkin.

Kritik massa. Öz-özünü güýçlendiriji tirkeşikli reaksiýa bolup geçmegi üçin ($k > 1$) aktiw zolagyň göwrümi käbir kritik bahadan kiçi bolmaly däl. Aktiw zolagyň tirkeşikli reaksiýany amala aşyrmak mümkin bolan iň kiçi göwrümüne kritik göwrüm diýilýär. Kritik göwrümde ýerleşýän ýangyjyň massasyna *kritik massa* diýilýär. Gurluşyň gurluşy we ýangyjyň görnüşine garap, kritik massa birnäçe ýüz gramdan, birnäçe on tonnalara çenli bolmagy mümkin.

Öz-özünden bolýan tirkeşikli reaksiýa bolup geçmegi üçin zerur bolan uran massasynyň minimal bahasyna kritik massa diýilýär.

${}_{92}^{238}\text{U}$ uran bölegi üçin kritik massa 50 kg. Şeýle massaly urandan 9 cm radiusly şar ýasamak mümkin.

Ýadro reaktorynyň goragy. Tirkeşikli reaksiýada neýtronlar, β - we γ -şöhlelenmeler çeşmesi bolan ýadro böljikleri emele gelýär. Başgaça aýdanda, uran reaktory – dürli şöhlelenmeler çeşmesi. Olaryň uly siňme ukybyna eýe bolan neýtronlary we γ -şöhleleri aýratynam howpludyr. Şonuň üçin, reaktorda işleýän işgärleriň goragyny guramak möhüm ähmiýete eýe. Şu maksatda 1 m galyňlykdaky suw, 3 m-e çenli galyňlykdaky betonyň we çoýnuň galyň gatlagyndan peýdalanylýar.

Atom energetikasynyň amatlyklary. Adamzat hemişe arzan we amatly energiýa çeşmelerine eýe bolmaga ymtylypdyr. Ýadro reaktorlarynyň döredilmegi bolsa ýadro energetikasynyň senagatda ulanylyşyna, ýagny ondan adamyň zerurlyklary üçin peýdalanmaga mümkinçilik döretdi. Ýadro ýangyjynyň gorrlyary himiki ýangyç gorrlyaryndan ýüzlerçe esse köp. Şonuň üçin elektrik energiýanyň esasy bölegi atom elektrik stansiýalarynda (AES) öndürilende-di, bu – bir tarapdan, elektrik energiýanyň özüne düşýän gymmatyny kemeltse, ikinji tarapdan, adamzady birnäçe ýüz ýyllaryň dowamynda energetika meselelerinden azat eden bolardy. AES-leriň esli kiçi meýdany eýeleýändigini hem nygtamak gerek. Dünýäde birinji AES 1954-nji ýylda Obninsk şäherinde işe girizildi. Ondan soň bolsa örän köp ullakan AES-ler guruldy we üstünlikli işleýärler.



1. *Näme üçin agyr ýadrolar orta ýadrolara öwürülende energiýa bölünip çykýar?*
2. *Tirkeşikli reaksiýa nähili bolup geçýär?*
3. *Dolandyryjy taýajyklar reaktoryň aktiw zolagyndan çykaryp alynsa, nähili ýagdaý bolup geçýär?*
4. *Kritik massa diýip nähili massa aýdylýar?*

45-nji tema. ÖZBEGISTANDA ÝADRO FIZIKASY UGRUNDAKY BARLAGLAR WE OLARYŇ NETIJELERINDEN HALK HOJALYGYNDA PEÝDALANMAK

Özbekistanda ýadro fizikasy ugrundaky işler geçen asyryň 20-nji ýyllarynda başlanypdy. Ýöne üznüksiz barlaglar 1949-njy ýylda Fizika-tehnika institutynda ýola goýlan. Akademikler I.W. Kurçatow, U.O. Orifow we S.A. Azimowlaryň başlangyjy bilen 1956-njy ýylda Özbekistan Respublikasynyň Ylymlar akademiýasynyň ýadro fizikasy instituty döredilenden soň, bu barlaglary ýene-de giňeltmäge mümkinçilik döredi. Häzirki wagtda ýadro spektroskopiyasy we ýadro gurluşy; ýadro reaksiýalary; meýdanyň kwant nazaryýeti; elementar bölejikler fizikasy; relýatiwistik ýadro fizikasy we başga ugurlar boýunça ylmy-barlag işleri alnyp barylýar.

Radiasion fizika we materialşynaslyk boýunça geçirilýän barlaglar diňe bir ylym we tehnika däl, eýsem halk hojalygy üçin hem möhümdir. Bu ugurda radioaktiw şöhleleriň ýarymgeçirijiler, dielektrikler, toýunlar, ýokary

temperaturaly aşa geçiriji materiallaryň elektrik geçirijiligi, mehaniki, optiki we başga häsiýetlerine täsiri öwrenilýär.

Özbekistanda ýokary energiýalar fizikasy ugrunda alnyp barylýan işler hem ençeme. Şeýle gözlegler «Fizika-Gün» önümçilik birleşiginiň Fizika-tehnika institutynda, Özbekistanyň Milli uniwersitetinde we Samarkant döwlet uniwersitetinde alnyp barylýar.

1970-nji ýylda Çerenkow sçýotçikleri esasynda bölejikleriň ýadro bilen özara täsirini öwrenýän ullakan gurluş döredilip, emele gelen bölejikleriň häsiýetnamalary öwrenildi.

Çaltlandyrylan bölejikleriň we ýadrolaryň täsirleşmelerini öwrenmek maksadynda düwmejik şekilli kameralardan alnan filmli maglumatlary gaýtadan işleýän merkezi döredildi. Merkeziň netijeli barlaglary netijesinde komulatiw izobarlaryň emele gelşi öwrenildi we massalary 1903, 1922, 1940, 1951 we 2017 MeV bolan dar, iki barionly rezonanslaryň bardygy barada maglumatlar alyndy.

Gün atmosferasynda bolýan hadysalar Ýerdäki ýaşayşa gönüden-göni täsir etmegi mümkinligi üçin hem, ony öwrenmek boýunça barlaglar möhüm ähmiýete eýedir. Hut şonuň üçin hem Özbekistanyň Ylymlar akademiýasynyň Astronomiýa instituty 1980-nji ýyllaryň ortalaryndan başlap fransuz alymlary bilen hyzmatdaşlykda, Günüň global yrgyldysyny öwrenmek boýunça gözlegler alnyp baryldy.

Özbek alymlarynyň ýadro fizikasy ugrunda alyp barýan işleriniň gerimi ep-esli uly we olaryň netijeleri halk hojalygynda hem üstünlikli ulanylýar.

Özbekistandaky birinji barlaglaryň özünde gönüden-göni halk hojalygyna baglanyşdyryldy. Muňa U. Orifow tarapyndan işlenip taýýarlanan «Gamma-şöhleleriň kömeginde piläniň içindäki ýüpek gurçugyny öldürmek» usuly mysal bolýar. Soňluk bilen bolsa suw, toprak, miweli daragtlar, ýabany we medeni ösümlikleriň tebigy radioaktiwligi öwrenildi.

Özbekistan Respublikasynyň Ylymlar akademiýasynyň Ýadro fizikasy instituty radioaktiw izotoplar, şol sanda, farmasewtik radioaktiw preparatlary öndürmek boýunça öndebaryjy guramalardan biri hasaplanýar. Bu ýerde 1995-nji ýylda 60-dan artyk atdaky önüm öndürildi.

Radioaktiw we gamma-şöhleleriň ösümlüklere täsirini öwrenmek hem oba hojalygy, aýratynam, tohumşynaslyk ugrunda möhüm ähmiýete eýe. Özbekistandaky gowaça sortlarynyň radioaktiw şöhlelere duýgurlygyny öwrenmek, gowaça seleksiýasynda bu usuldan peýdalanylýanlygy – ýadro fizikasynyň gönüden-göni önümçilige ulanylýandygynyň aýdyň delilidir.

Ýadro fizikasy ugrundaky barlaglaryň lukmançylykda giňden ulanylýanlygy-da mälim. Muňa, aýratynam, radioaktiw şöhleler we bölejikler akymynyň kömeginde rak keselini bejermegi-de mysal hökmünde getirmek mümkin. Rentgenologiýa we radiologiýa ugrundaky ilkinji işler hem Ýadro fizikasy institutynyň radiohimiýa laboratoriyasy bilen hyzmatdaşlykda başlanan. Netijede radioaktiw izotoplardan peýdalanmak bilen täze diagnostika usullary döredildi. Häzirki wagtda rentgeno-endowaskulýar hirurgiýa, antiografiýa, kompýuter tomografiýasy we ýadro-magnit rezonanslarynyň üstünde barlaglar alnyp barylýar. Täze rentgenokonstrast maddalary («Rekon», «MM-75» preparaty we başgalar) öndürmek ýola goýuldy.



1. Özbekistanda ýadro fizikasy ugrundaky işler haçan başlanan?
2. Häzir haýsy ugurlar boýunça ylmy-barlag işleri alnyp barylýar?
3. Ýadro fizikasy institutynda nämeler öndürilýär?
4. Radioaktiw şöhleleriň oba hojalygynda ulanylyşyna mysallar getirin.

7-nji gönükme

1. Bir energetik halatdan ikinjisine geçende $6,56 \cdot 10^{-17}$ m tolkun uzynlykly ýagtylyk çykarsa, atomyň energiýasy näçä kemelipdir? (Jogaby: $E = 3 \cdot 10^{-19}$ J)

2. Litiý atomynyň ýadrosy ${}^7_3\text{Li}$ üçin udel baglanyşyk energiýasyny tapyň. (Jogaby: $E_{\text{bag}} = 5,6$ MeV)

3. Udel baglanyşyk energiýalaryny hasaplap, aşakdaky ýadrolardan ${}^9_4\text{Be}$ we ${}^{27}_{13}\text{Al}$ haýsy biri stabilräkdigini anyklaň. (Jogaby: ${}^{27}_{13}\text{Al}$)

4. ${}^{14}_7\text{N} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^1_1\text{H} + {}^{17}_8\text{O}$ reaksiýasynda energiýa siňdirilýärmí ýa-da bölünip çykýarmy? (Jogaby: Energiýa siňdirilýär)

5. Aşakdaky ${}^2_1\text{H}$ ýadrosy üçin ýadro baglanyşyk energiýasyny we udel baglanyşyk energiýasyny tapyň. (Jogaby: $E_{\text{bag}} = 1,7233$ MeV; $E_{\text{udel}} = 0,8616$ MeV)

6. ${}^{14}_7\text{N}$ azot ýadrosyny protonlara we neýtronlara dargatmak üçin iň bolmanda näçe energiýa zerur? (Jogaby: $E_{\text{bag}} = (7 \cdot 1,00789 + 7 \cdot 1,00866 \text{ a.m.b} - 14)$)

7. Geýgeriň sçýotçiginiň ýakynynda radioaktiw preparat bolmasa-da, ol ionlaşan bölejikler peýda bolýandygyny görkeziberýär. Muny nähili düşündirmek mümkin? (Jogaby: Sçýotçik kosmiki şöhleleri registrirleýär)

8. Elementiň ýarym dargama periody 2 sutka deň. 6 sutka geçenden soň radioaktiw maddanyň näçe göterimi galar? (Jogaby: 12,5%)

9. Radioaktiw elementiň aktiwligi 8 günde 4 esse kemeldi. Onuň ýarym dargama periody näçe? (Jogaby: $T = 4$ gün)

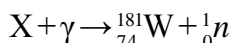
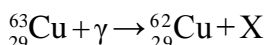
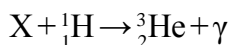
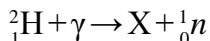
10. γ kwant çykaranda ýadronyň massa sany we zaryad sany üýtgärmi?
(Jogaby: Üýtgemeyär)

11. Radon ýadrosy ${}_{86}^{220}\text{Rn}$ α -bölejik çykardy. Nähili ýadro emele gelýär?
(Jogaby: ${}_{86}^{220}\text{Rn} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_{84}^{216}\text{Po}$)

12. Kobalt ýadrosy ${}_{27}^{60}\text{Co}$ β bölejik çykarandan soň nähili elementiň ýadrosy emele geler? (Jogaby: ${}_{27}^{60}\text{Co} \rightarrow {}_{-1}^0\text{e} + {}_{28}^{60}\text{Ni}$)

13. Nämе üçin tebigy uran atom ýangyjy bolup bilmeýär we onuň saklanmagy partlama howpuny döretmeýär?

14. Aşakdaky belgileri dolduryň:



15. Uglerod ${}^{12}_6\text{C}$ proton bilen şöhlelendirilende uglerodyň ${}^{13}_6\text{C}$ izotopy emele geldi. Munda nähili bölejik çykarylýar?

16. α bölejik elementar bölejik bolup bilermi?

17. Elektronýň, protonýň we neýtronýň anti bölejikleri nähili bölejikler?

18. ${}^{13}_7\text{N}$ azot atomynyň ýadrosy pozitron we neýtron çykardy. β dargama reaksiýasyny ýazyň.

19. Aşakdaky reaksiýany dolduryň. ${}_{-1}^0\text{e} + x \rightarrow 2\gamma$.

20. Uly energiýaly foton agyr ýadro meýdanynda tormozlanyp, bir jübüt bölejige öwrüldi. Olardan biri elektron. Ikinjisi nämе?

VII BABY JEMLEMEK BOÝUNÇA TEST SORAGLARY

1. Tomson atomyň gurluşy baradaky birinji modeli näçenji ýylda teklip edipdir?

A) 1903-nji ýylda; B) 1905-nji ýylda; C) 1907-nji ýylda; D) 1909-njy ýylda.

2. Ridbergiň hemişeligi haýsy jogapda dogry görkezilen.

A) $R = 1,097 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$; B) $R = 3,1 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$;
C) $R = 3,29 \cdot 10^{15} \text{ m}^{-1}$; D) $R = 6,0 \cdot 10^{12} \text{ m}^{-1}$.

3. Lazer diýende, ... düşünilýär?

A) örän anyk ugrukdyrylan kogerent ýagtylyk şöhlesiniň çeşmesi;
B) kogerent bolmadyk ýagtylyk şöhlesi;
C) ýönekeý ýagtylyk şöhlesi; D) günden gelýän her hili şöhleler.

4. Sözlemi dolduryň. Atom ýadrosy – ... ybarat.

- A) proton we neýtronlardan; B) proton we elektronlardan;
C) elektron we nuklonlardan; D) elektron we fotonlardan.

5. Radioaktiwlik näçenji ýylda kim tarapyndan açyş edilipdir?

- A) 1903-nji ýylda iňlis fizigi J. J. Tomson;
B) 1911-nji ýylda iňlis fizigi D. Rezerford;
C) 1896-njy ýylda Fransuz fizigi A. Bekkerel;
D) 1900-nji ýylda nemes fizigi V. Geýzenberg.

6. Haýsy elementar bölejik birinji açyş edilipdir?

- A) Proton; B) Elektron; C) Neýtron; D) Foton.

7. Uran $^{238}_{92}\text{U}$ ýadrosynyň düzümini anyklaň.

- A) 92 proton, 238 neýtron; B) 92 neýtron, 146 proton;
C) 92 proton, 146 neýtron; D) 238 proton, 92 neýtron.

8. Erkin neýtronyň proton, pozitron we antineýtrine bölünmegine nähili saklanma kanuny ýol bermeýär?

- A) massanyň saklanma kanuny; B) zarýadyň saklanma kanuny;
C) energiýanyň saklanma kanuny; D) impulsyň saklanma kanuny.

9. Proton nähili kwarklardan ybarat?

- A) u, u, d ; B) u, d, d ; C) u, d, c ; D) d, c, s .

10. Nähili bölejiklere antibölejikler diýilýär?

- A) massalary deň, ýöne zarýady garşylykly bolan bölejikler;
B) massalary we zarýadlary birmeňzeş, ýöne spini dürlüçe bolan bölejikler;
C) Ýadrosy otrisatel, gabygy položitel bölejiklerden ybarat atomlar;
D) Doly kesgitleme getirilmedik.

VII bapda öwrenilen iň möhüm düşüňjeler, düzgünler we kanunlar

Atomyň Tomson modeli	Massasy deňölçegli paýlanan 10^{-10}m ululykdaky položitel zarýadlanan şardan ybarat bolup, onuň içinde öz deňagramlylyk ýagdaýy daşynda yrgyldyly hereket edýän otrisatel zarýadlar bar. Položitel we otrisatel zarýadlaryň jemi özara deň.
----------------------	---

Atomyň planetar modeli	Elektronlar ýadronyň daşynda orbitalar, atomyň elektron gabygy boýunça hereketlenýär we olaryň zaryady ýadro-daky položitel zaryada deň.
Balmeriň umumy-laşan formulasy	$\nu = R \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right).$
Lazer	Lazer diýende, örän anyk ugrukdyrylan kogerent ýagtylyk şöhlesiniň çeşmesi düşünilýär. Lazer sözünüň özi iňlisçe «mejbury yrgyldy netijesinde ýagtylygyň güýçlendirilmegi» sözlerindäki birinji harplaryndan alnan («Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation»).
Boruň postulatlary	<i>Stasionar (durnukly) hallar baradaky postulat:</i> atomda stasionar halatlar bar bolup, bu ýagdaýlara elektronlaryň stasionar orbitalary gabat gelýär <i>Ýygylýklar baradaky postulat:</i> elektron diňe bir stasionar orbitadan ikinjisine geçende energiýasy şu stasionar hallardaky energiýalaryň tapawudyna deň bolan bir foton çykarýar (ýa-da siňdirýär) $h\nu = E_n - E_m$, bu ýerde E_n we E_m – degişlilikde elektronyň n - we m -stasionar orbitalardaky energiýalary
Atom ýadrosynyň gurluşy	Atom ýadrosy protondan we neýtrondan ybarat. <i>Proton (p)</i> – wodorod atomynyň ýadrosy. Dynçlykdaky massasy: $m_p = 1,6726 \cdot 10^{-27}$ kg $\approx 1836 m_e$ bu ýerde: m_e – elektronyň massasy. (Proton – grekçe – “birinji”). <i>Neýtron (n)</i> . Elektroneýtral bölejik. Dynçlykdaky massasy: $m_n = 1,6749 \cdot 10^{-27}$ kg $\approx 1839 m_e$ (<i>Neýtron</i> – latynça ol hem däl, bu hem däl)
α – şöhlenenme	Atom ýadrosynyň α – bölejik çykarmagy bilen başga ýadro öwrülmeği
β – şöhlenenme	Atom ýadrosynyň elektron çykarmagy bilen başga ýadro öwrülmeği
γ – şöhlenenme	Atom ýadrosyndan çykýan elektromagnit tolkunlary
Radioaktiw dargama kanuny	$N = N_0 e^{-\lambda t}$ ýa-da $N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$ T – ýarym dargama periody

1. Физика: 11 кл.: Учебн. для общеобразоват. учреждений. В.А.Касьянов. 4-е изд. стереотип.– М.: «Дрофа», 2004.–416 с.: ил.
2. Физика: Учеб. для 11 кл. шк. с углубл. изучением физики/ А.Т.Глазунов и др.; под ред. А.А.Пинского. 8-е изд. – М.: «Просвещение», 2003.–432 с.: ил.
3. Физика. Энциклопедия/ под. ред. Ю.В. Прохорова.– М.: Большая Российская энциклопедия, 2003. – 944 с.
4. N.Sh. Turdiyev. Fizika. Fizika fani chuqur o'rganiladigan umumta'lim maktablarining 8-sinfi uchun darslik. – T.: G'afur G'ulom nomidagi nashriyot-matbaa ijodiy uyi, 2016.
5. N. Sh. Turdiyev. Fizika. Umumta'lim maktablarining 8-sinfi uchun darslik. – T.: «Turon-Iqbol», 2006.
6. А. Нигмонхўжаев, К.А. Турсунметов ва б. Физика III. – T.: «Ўқитувчи», 2001. – 352 б.
7. К.А. Турсунметов ва б. Физикадан масалалар тўплами. – T.: «Ўқитувчи», 2005. (4 та нашр) – 216 б.
8. Т.М. Оплачко, К.А. Турсунметов. Физика II – T.: «Илм зиё», 2006–2017. – 208 б.
9. К.А. Турсунметов ва б. Физикани такрорланг. Муқобил маълумотнома. – T.: «Turon-Iqbol», 2013. – 256 б.
10. К.А. Турсунметов ва б. Физика. Маълумотнома. – T.: «O'zbekiston», 2016. – 176 б.
11. А. G. Ganiyev, А. К. Avliyakov, G. A. Alimardonova. Fizika. II gism. Akademik litsey va kasb-hunar kollejlari uchun darslik. – T.: «O'qituvchi» 2013. – 208 b.
12. L. Xudoyberdiyev va boshq. Fizika. Elektrodinamika. Elektromagnit tebranishlar 2-kitob. – T.: «O'qituvchi». – 2004.
13. M. H. O'lmasova. Fizika optika, atom va yadro fizikasi. Akad. litseylar uchun o'quv qo'llanma/B.M.Mirzahmedov tahriri ostida. – T.: Cho'lpon nomidagi nashriyot-matbaa ijodiy uyi., 2007. K.3.–384 b.

MAZMUNY

Giriş	3
I bap. MAGNIT MEÝDANY	4
1-nji tema. Magnit meýdany. Magnit meýdanyny häsiýetlendirýän ululyklar	4
2-nji tema. Bir jynsly magnit meýdanynyň tokly ramkany aýlandyryjy momenti	7
3-nji tema. Tokly göni geçirijiniň, halkanyň we tegegiň magnit meýdany	10
4-nji tema. Tokly geçirijini magnit meýdanynda orun üýtgedende edilen iş.....	13
5-nji tema. Tokly geçirijileriň özara täsir güýji	15
6-njy tema. Bir jynsly magnit meýdanynda zarýadlanan bölejigiň hereketi. Lorens güýji..	17
II bap. ELEKTROMAGNIT INDUKSIÝASY	26
7-nji tema. Elektromagnit induksiýasy hadysasy. Induksiýanyň elektrik hereketlendiriji güýji. Faradeýiň kanuny.....	26
8-nji tema. Öz-özünde induksiýa hadysasy. Öz-özünde induksiýanyň EHG. Induktivlik..	29
9-njy tema. Maddalaryň magnit häsiýetleri	32
10-njy tema. Magnit meýdanynyň energiýasy	35
III bap. ELEKTROMAGNIT YRGYLDYLAR	41
11-nji tema. Erkin elektromagnit yrgyldylar (yrgyldyly kontur). Yrgyldyly konturda energiýanyň üýtgeýşi	42
12-nji tema. Yrgyldylary grafiki ýagdaýda şekillendirmek. Togtaýan elektromagnit yrgyldylar.....	45
13-nji tema. Tranzistorly elektromagnit yrgyldylaryň generatory	48
14-nji tema. Üýtgeýän toguň zynjyryndaky aktiw garşylyk.....	51
15-nji tema. Üýtgeýän toguň zynjyryndaky kondensator	55
16-njy tema. Üýtgeýän toguň zynjyryndaky induktiv tegek.....	57
17-nji tema. Aktiw garşylyk, induktiv tegek we kondensator yzygider birikdirilen üýtgeýän toguň zynjyry üçin Omuň kanuny	59
18-nji tema. Üýtgeýän toguň zynjyrynda rezonans hadysasy.....	62
19-njy tema. Laboratoriýa işi: Üýtgeýän toguň zynjyrynda rezonans hadysasyny öwrenmek	65
20-nji tema. Üýtgeýän toguň işi we kuwwaty. Kuwwatyň koeffisiýenti.....	66
IV bap. ELEKTROMAGNIT TOLKUNLARY WE TOLKUN OPTIKASY	76
21-nji tema. Elektromagnit yrgyldylarynyň ýaýraýşy. Elektromagnit tolkunlaryň tizligi..	76
22-nji tema. Elektromagnit tolkunlarynyň umumy häsiýetleri (iki gurşawyň araçäginde serpilmegi we döwürmegi). Tolkunly häsiýetlendirýän esasy düşüňjeler we ululyklar	79
23-nji tema. Radioaragatnaşygyň fiziki esaslary. Iň ýönekeý radionyň gurluşy we işleýşi. Radiolokasiýa.....	83
24-nji tema. Telewideniýäniň fiziki esaslary. Daşkent–telewideniýäniň watany	87

25-nji tema. Ýagtylygyň interferensiýasy we difraksiýasy	91
26-njy tema. Laboratoriýa işi: Difraksion gözenegiň kömeginde ýagtylygyň tolkun uzynlygyny kesgitlemek	96
27-nji tema. Ýagtylygyň dispersiýasy. Spektral analiz.....	98
28-nji tema. Ýagtylygyň polýarlanmagy	103
29-njy tema. Infragyzyň şöhlelenme. Ultramelewşe şöhlelenme. Rentgen şöhleleri we onuň ulanylyşy.....	107
30-njy tema. Ýagtylyk akymy. Ýagtylyk güýji. Ýşyklandyrma kanuny	110
31-nji tema. Laboratoriýa işi: ýşyklandyrmanyň ýagtylyk güýjüne baglylygy	115
V bap. OTNOSITELLIK NAZARYÝETI	124
32-nji tema. Ýörite otnositellik nazaryýetiniň esaslary. Tizlikleri goşmagyň relýatiwistik kanuny	124
33-nji tema. Massanyň tizlige baglylygy. Relýatiwistik dinamika. Massa bilen energiýanyň özara baglylyk kanuny	128
VI bap. KWANT FIZIKASY	135
34-nji tema. Kwant fizikasynyň döreýşi.....	135
35-nji tema. Fotoelektrik effekt. Fotonlar	137
36-njy tema. Fotonyň impulsy. Ýagtylygyň basyşy. Fotoeffektiň tehnika ulanylyşy	142
VII bap. ATOM WE ÝADRO FIZIKASY.	
ATOM ENERGETIKASynyň FIZIKI ESASLARY	151
37-nji tema. Atomyň Bor modeli. Boruň postulatlary	151
38-nji tema. Lazer we olaryň görnüşleri	156
39-njy tema. Atom ýadrosynyň düzümi. Baglanyşyk energiýasy. Massa defekti.....	160
40-njy tema. Radioaktiw şöhlelenmäni we böljekleri registrirleme usullary	164
41-nji tema. Radioaktiw dargama kanuny.....	167
42-nji tema. Ýadro reaksiýalary. Süýşme kanuny.....	170
43-nji tema. Elementar böljekler.....	173
44-nji tema. Atom energetikasynyň fiziki esaslary. Ýadro energiýasyndan peýdalanmakda howpsuzlyk çäreleri.....	177
45-nji tema. Özbegistanda ýadro fizikasy ugrundaky barlaglar we olaryň netijelerinden halk hojalygynda peýdalanmak.....	182
PEÝDALANYLAN EDEBIÝATLAR	188

F55 Fizika. Orta bilim berýän mekdepleriň 11-nji synp okuwçylary üçin derslik /N. Ş. Turdiyew, K. A. Tursunmetow, A. G. Ganiýew, K. T. Suýarow, J. E. Usarow, A. K. Awliýakulow.– D.: “Niso Poligraf” neşirýaty, 2018. – 192 s.

ISBN 978-9943-5083-9-2

UO‘K: 53(075.32)
KBK 22.3ya721

O‘quv nashri

**Narziqul Sheronovich Turdiyev, Komiljon Axmetovich Tursunmetov,
Abduqahhor Gadoyevich Ganiyev, Kusharbay Tashbayevich Suyarov,
Jabbor Eshbekovich Usarov, Abdurashit Karimovich Awliyakulov**

F I Z I K A

(Turkman tilida)

1-nashri

O‘rta ta’lim maktablarining 11-sinf o‘quvchilari uchun darslik

Jogapkär redaktor *Z. Sangirowa*

Terjime eden *K. Hallyýew*

Redaktor *J. Metýakubow*

Suratlaryň redaktory *J. Gurowa*

Tehredaktor *D. Salihowa*

Korrektor *J. Metýakubow*

Kompýuterde taýýarlaýjy *T. Abkerimow*

Lisenziýa nomeri AI №265.24.04.2015.

Çap etmäge 2018-nji ýylyň 30-nji maýynda rugsat edildi. Ölçeği 70×100^{1/16}.

Ofset kagyzy. “Times New Roman” garniturasy. Kegli 12,5.

Şertli çap listi 12,0. Neşir listi 15,6.

1010 nusgada çap edildi. Buýurma № 330.

«Niso Poligraf» JÇJ-niň çaphanasynda çap edildi. Daşkent welaýaty,
Orta Çyrçyk tümeni, «Oq-Ota» ORÝ, Maşal mähellesiniň Merkezi köçesi, 1.

Kärendesine berlen dersligiň ýagdaýyny görkezýän jedwel

T/n	Okuwçynyň ady, familiýasy	Okuw ýyly	Dersligiň alnandaky ýagdaýy	Synp ýolbaşçy-synyň goly	Dersligiň tabşyrylandaky ýagdaýy	Synp ýolbaşçy-synyň goly
1						
2						
3						
4						
5						

Derslik kärendesine berlip, okuw ýylynyň ahyrynda gaýtarylyp alnanda ýokardaky jedwel synp ýolbaşçysy tarapyndan aşakdaky baha bermek ölçeglerine esaslanylýp doldurylýar:

Täze	Dersligiň birinji gezek peýdalanmaga berlendäki ýagdaýy.
Ýagşy	Sahaby bütün, dersligiň esasy böleginden aýrylmadyr. Ähli sahypalary bar, ýyrtylmadyk, goparylmadyk, sahypalarynda ýazgylar we çyzyklar ýok.
Kanagatlanarly	Kitabyň daşy ýenjilen, ep-esli çyzylan, gyalary gädilen, dersligiň esasy böleginden aýrylan ýerleri bar, peýdalanyjy tarapyndan kanagatlanarly abatlanan. Goparylan sahypalary täzedan ýelmenen, käbir sahypalary çyzylan.
Kanagatlanarsyz	Kitabyň daşy çyzylan ýyrtylan, esasy böleginden aýrylan ýa-da bütünleý ýok, kanagatlanarsyz abatlanan. Sahypalary ýyrtylan, sahypalary ýetişmeýär, çyzylýp taşlanan. Dersligi dikeldip bolmaýar.