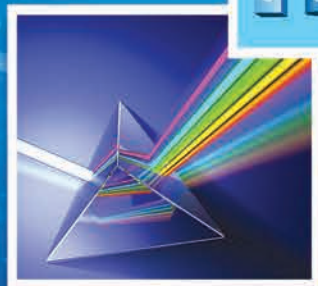


# FIZIKA

# 11



$$F = qBv \sin \alpha$$

# FIZIKA 11

---

**MAGNIT MAYDANI**

**ELEKTROMAGNITLIK INDUKCIYA**

**ELEKTROMAGNITLIK TERBELISLER**

**ELEKTROMAGNITLIK TOLQINLAR  
HÁM TOLQIN OPTIKASI**

**SALÍSTÍRMALÍLÍQ TEORIYASI**

**KVANT FIZIKASI**

**ATOM HÁM YADRO FIZIKASI  
ATOM ENERGETIKASINI FIZIKALÍQ  
TIYKARLARI**

*1-basliwi*

*Orta bilim beriw mákemeleriniñ 11-klaslarí ushtn sabaqlıq*

*Ózbekstan Respublikası Xalıq bilimlendiriw ministrliğı tastıyqlağan*

TASHKENT – «NISO POLIGRAF» – 2018

UOK: 53(075.32)

КБК 22.3 Короколпок

Ф63



#### **Avtorlar:**

- N. Sh. Turdiev** – III bap. «Elektromagnitlik terbelisler», IV bap. «Elektromagnitlik tolqinlar hám tolqin optikasi»;
- K. A. Tursunmetov** – V bap. «Salıstırmalılıq teoriiyası», VI bap. «Kvant fizikasi»;
- A. G. Ganiev** – VII bap. «Atom hám yadro fizikasi. Atom energetikasınıń fizikalıq tiykarları»;
- K. T. Suyarov** – I bap. «Magnit maydanı», II bap. «Elektromagnit indukciya»;
- J. E. Usarov** – I bap. «Magnit maydanı», II bap. «Elektromagnitlik indukciya»;
- A. K. Avliyoqulov** – VII bap. «Atom hám yadro fizikasi. Atom energetikasınıń fizikalıq tiykarları».

#### **Pikir bildiriwshiler:**

- B. Nurillaev** – Nizamiy atındaǵı TMPU docenti, p.i.k.;
- D. Begmatova** – ÓzMU kafedra baslıǵı, p.i.k.;
- Z. Sangirova** – RBO bas metodisti;
- V. Saidxojaeva** – Tashkent wálayatı, Pskent rayonu 5-mekteptiń fizika páni oqıtıwshısı, Ózbekstanda xızmet kórsetken Xalıq bilimlendiriw xızmetkeri;
- M. Saidoripova** – Tashkent qalası, Yunusabad rayonu, 63-mekteptiń fizika páni oqıtıwshısı;
- M. Yuldasheva** – Tashkent qalası, Sergeli rayonu, 6-DIUO‘T mektep, joqarı karegoriyalı fizika páni oqıtıwshısı.
- F. Narqobilov** – Tashkent qalası Sergeli rayonu 303-mektep oqıtıwshısı;

#### **SHÁRTLİ BELGILER:**

- | – fizikalıq shamalarǵa sıpatlama; tiykarǵı nızamlar;
- \* – bul temalar fizikanı tereń úyreniwge qızıǵatuǵın oqıwshılar ushın mólsherlengen;
-  – oqıwshı tárepinen orınlanatuǵın ámeliy jumıs;
-  – tema tekstin oqıp shıqqannan keyin, qoyılǵan sorawlarǵa juwap beriw;

**Respublikalıq maqsetli kitap qorı qarjıları esabınan basıp shıǵarıldı**

ISBN 978-9943-5083-5-4

©N.Sh.Turdiev hám basqalar, 2018,

© «Niso Poligraf» baspası  
(original-maket), 2018

## KIRISIW

Búgingi kúni bilimlendiriwdi rawajlandırıw boyınsha qoyılıp atırǵan Mámleketlik talap oqıwshı shaxsı, onıń umtıwları, uqıbı hám qızıǵıwshılıǵın itibarǵa alıp, ilim, texnika hám texnologiyalardıń keleshekte rawajlanıwı esapqa alınǵan halda, oqıwshılarda pánlerdi úyreniwde tayanış hám pánge tiyisli ulıwma kompetenciyalardı rawajlandırıwdı támiyinlewden ibarat.

Atap aytqanda, fizikadan bilim beriw oqıwshılarda pánniń texnika rawajlanıwında hám turmısta tutqan ornı, pánge tiyisli zárúrli bilimlerdi iyelewi, alǵan bilimlerin turmısqa engize alıw kónlikpesin qalıplestiriw hám rawajlandırıwdı kózde tutadı. Bul belgili basqıshlarda, 6–11-klaslarda fizika bólimlerin úyreniw arqalı ámelge asırıladı.

Fizika pánin úyreniw 6-klasta baslanıp, dáslepki basqıshda mexanika, jıllılıq, elektr, jaqtılıq, ses qubılısları hámde zattıń dúzilisi haqqında baslanǵısh maǵlıwmatlar beriledi. Fizika pánin izbe-iz kurs sıpatında 7-klasta fizikanıń «Mexanika» kursı, 8-klasta «Elektr» kursı, 9-klasta «Molekulyar fizika tiykarları», «Optika», «Atom hám yadro fizikası tiykarları» hám «Kosmos haqqında túsinipler» kursları arqalı úyreniledi.

Al, keyingi basqıshda, ulıwma orta bilim beretuǵın mekteplerde úyrenilgen oqıw materialların orta mekteptiń 10–11-klaslarında, akademiyalıq licey hám kásip-óner kolledjlerinde tákirarlanbawı, oqıwshılardıń jas hám psixologiyalıq ózgeshelikleri, orta bilim beriw tayarlıǵına sáykes keliwi hám de fizikalıq túsiniplerdi áste-aqırın ápiwayıdan quramalıǵa qalıplestiriw itibarǵa alınǵan.

Qolınızdadıǵı bul sabaqlıq tabiyattaǵı process hám qubılıslardı baqlaw, talqılaw, fizikalıq qubılıslardı úyreniwde ásbaplardan durıs paydalana alıw, fizikalıq túsinipler hám shamalardı matematikalıq formulalar menen ańlata alıw, ilim tarawında erisilip atırǵan tabıslar, olardıń ámeliyatqa engiziliwi arqalı oqıwshılardıń dúnyaǵa ilimiy kózqarasların rawajlandırıwǵa qaratılǵan bolıp, magnit maydanı, elektromagnit indukciya, elektromagnit terbelisler, elektromagnit tolqınlar hám tolqın optikası, salıstırmalıq teoriyası hám kvant fizikası elementleri, atom hám atom yadrosı temaların qamtıp alǵan.

## I bap. MAGNIT MAYDANI

Siz 8-klass fizika kursında turaqlı magnittiń hám tokli ótkizgish átirapındaǵı magnit maydanınıń payda bolıwı haqqındaǵı dáslepki bilimlerde iye bolǵansız. Sonıń ishinde, sizge tokli tuwrı ótkizgishtiń hám tokli katushkanıń magnit maydanı, elektromagnitler hám olardıń qollanılıwı boyınsha ulıwma maǵlıwmatlar berilgen. Biraq, olardıń shamasın anıqlaw boyınsha matematikalıq ańlatpalar berilmegen edi. Bul bapta magnit indukciyası hám magnit aǵımı, tuwrı toktıń átirapındaǵı magnit maydanı indukciyası, tokli katushkanıń magnit maydanı indukciyası, magnit maydanında qozǵalıp atırǵan bólekshege tásir kúshi sıyaqlı shamalar menen tanısasız.

### 1-tema. MAGNIT MAYDANI. MAGNIT MAYDANIN SÍPATLAWSHI SHAMALAR

Tabiyatta sonday tabiiy metall birikpeleri bar bolıp, olar ayırım denelerdi ózine tartıw qásiyetine iye. Denelerdiń bunday qásiyeti olardıń átirapında maydan bar ekenligin bildiredi. Bunday maydandı **magnit maydanı** dep ataw qabil etilgen. Óz átirapında magnit maydanın uzaq waqıt joǵaltpaytuǵın denelerdi **turaqlı magnit** yamasa ápiwayı ǵana **magnit** dep ataymız.

Tuwrı formadaǵı magnitti mayda temir bólekshelerine jaqınlastırayıq. Bunda temir bóleksheleri magnittiń tek eki ushına jabısqanlıǵına gúwa bolamız. Turaqlı magnittiń magnit tásiiri eń kúshli bolǵan jeri magnit polyusi delinedi. Hár qanday magnitte eki: **arqa** (N) hám **qubla** (S) polyusler bar boladı (1.1-súwret).

Eki magnit strelkası bir-birine jaqınlastırılса, olardıń ekewi de burılıp, qarama-qarsı polyusleri bir-birine qarsı kelip toqtaydı (1.2-súwret). Bul jaǵday magnitlengen deneler arasında óz ara tásir kúshleri bar ekenligin ańlatadı. Olar maydanniń kúsh sızıqları boylap baǵıtlanǵan boladı.



1.1-súwret.

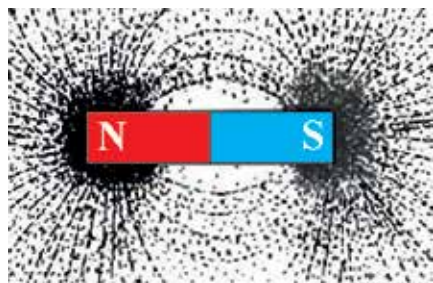


1.2-súwret.

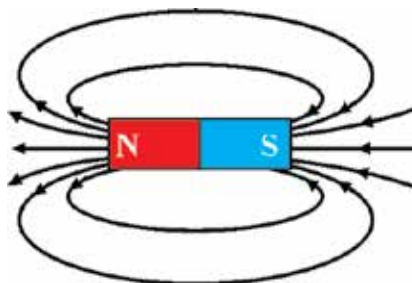
Magnit maydanı kúsh sızıqların tikkeley kóre almaymız. Biraq, tómendegi tájiriye járdemide biz magnit kúsh sızıqlarınıń jaylasıwı (bağıtı) haqqında túsinikke iye bola alamız. Bunıń uchın karton qağazǵa temir untaqların bir tegis sewip, onı tegis magnit ózeginiń ústine qoyamız. Qağaz betin bir-eki shertip jibersek, temir untaqları 1.3-a súwrette keltirilgen kórinisti iyeleydi. Karton ústindegi temir untaqları magnit ushlarına jaqın jerlerde tıǵız, polyusler arasında siyregirek jaylasqanlıǵın kóriw múmkin.

1.3-a súwrettegi temir untaqlarınıń iyelegen ornı, magnit polyuslerin bir-birine baylanıstırıwshı kúsh sızıqların ózinde sáwlelendiredi. Magnit maydanı kúsh sızıqlarınıń bağıtı shártli túrde magnittiń arqa polyusinen shıǵıp, onıń qubla polyusine kiretuǵın jabıq sızıqlardan ibarat dep qabıl etilgen (1.3-b súwret). Kúsh sızıqları jabıq bolǵan maydanlar **iyrimli maydanlar** delinedi. Demek, magnit maydanı iyrimli maydan eken. Usı qásiyeti menen magnit maydanı kúsh sızıqları elektr maydanı kúsh sızıqlarınan parıqlanadı.

Magnit maydanınıń bazı bir noqatınıń sızıqları kúsh xarakteristikasını sıpatlawshı fizikalıq shama **magnit maydanı indukciyası** dep ataladı. Magnit maydanınıń indukciyası vektor shama bolıp, ol  $\vec{B}$  háribi menen belgilenedi.



a



b

1.3-súwret.

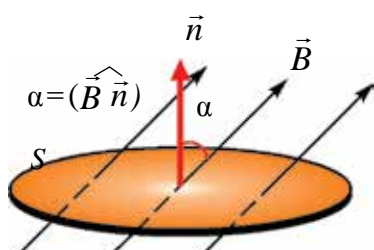
Magnit maydanı indukciyasınıń birligi etip XBSda Serbiya fizigi Nikola Teslanıń húrmetine Tesla (T) dep ataw qabıl etilgen.

**Magnit aǵımı.** Qanday da bir betti kesip ótip atırǵan magnit maydanı kúsh sızıqların sıpatlawda magnit maydanı aǵımı degen túsini kirkizilgen.  $S$  maydandan ótip atırǵan magnit indukciya aǵımı dep, magnit indukciya vektordıń maydanǵa kóbeymesine aytıladı: Magnit aǵımı skalyar shama bolıp  $\Phi$  háribi menen belgilenedi. Sıpatlama boyınsha, magnit aǵımı ańlatpasın tómendegishe jazamız:

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

Eger magnit maydanı indukciya sızıqları betke qanday da bir múyesh astında túsip atırǵan bolsa (1.4-súwret), betten ótip atırǵan magnit indukciya aǵımı  $\alpha$  múyeshke baylanıslı boladı, yaǵnıy:

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



1.4-súwret.

Bunda  $\alpha$  betke ótkizilgen  $\vec{n}$  normal vektóri menen magnit indukciyası sızıqları arasındadı múyesh.

XBSda magnit aǵımı birliǵi nemis fizigi D.Veber húrmetine qoyılǵan bolıp, Veber (Wb) dep ataladı. (1-2) teńlikten

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

**Magnit maydanı indukciyası 1 T ǵa teń bolǵan magnit maydanınıń indukciya sızıqlarına tik qoyılǵan 1 m<sup>2</sup> maydandı kesip ótip atırǵan magnit aǵımı 1 Wb ǵa teń.**

### Másele sheshiw úlgisi

Indukciyası 20 mT bolǵan bir tekli magnit maydanı kúsh sızıqları boyı 4 cm, eni 3 cm bolǵan tuwrı tórt múyeshli ramkaǵa 60° múyesh astında túspekte. Ramkadan ótip atırǵan magnit aǵımı neǵe teń?

<p>Berilgen:</p> <p><math>B = 20 \text{ mT} = 0,02 \text{ T}</math></p> <p><math>a = 4 \text{ cm} = 0,04 \text{ m}</math></p> <p><math>b = 3 \text{ cm} = 0,03 \text{ m}</math></p> <p><math>\alpha = 60^\circ</math></p> <hr/> <p>Tabıw kerek:</p> <p><math>\Phi = ?</math></p>	<p>Formulası:</p> <p><math>\Phi = B \cdot S \cos \alpha</math></p> <p><math>S = a \cdot b</math></p> <p><math>[\Phi] = \text{T} \cdot \text{m}^2 = \text{Wb}</math></p>	<p>Sheshiliwi:</p> <p><math>\Phi = 0,02 \cdot 0,04 \cdot 0,03 \cdot \cos 60^\circ =</math></p> <p><math>= 12 \cdot 10^{-6} \text{ Wb.}</math></p> <p><i>Juwabı:</i> <math>\Phi = 12 \cdot 10^{-6} \text{ Wb.}</math></p>
--	---	--



1. Magnit maydanı indukciyası degende neni túsinesiz hám ol qanday birlikte ólshenedi?
2. Magnit maydanı kúsh sızıqları qanday xarakterğa iye?
3. Magnit ağımina sıpatlama beriñ.
4. Sizge biri turaqlı magnit, ekinshisi dál usı ólshemge iye bolğan temir bólegi berilgen. Tek berilgen denelerden paydalanıp, olardan qaysı biri magnit hám qaysısı temir ekenligin qalay anıqlaw mümkin?

## 2-tema. BIR TEKLI MAGNIT MAYDANINIŇ TOKLI RAMKANI AYLANDIRIWSHI MOMENTI

Magnit maydanınıń tek turaqlı magnitler emes, al tokli ótkizgishler átirapında da payda bolatuǵının Ersted óz tájiriybelerinde kórsetip bergeni edi. Endi biz tokli ótkizgishtiń magnit maydanı menen turaqlı magnit maydanınıń óz ara tásirini kórip shıǵamız.

Eger magnit maydanına tokli kontur yaki magnit strelkası kirgizilse, onıń burılıwın (qanday da múyeshke qıyalıǵın) kóriwimiz mümkin (1.5-súwret). Konturdaǵı toktıń baǵıtı kerisinshe ózgergende konturdıń kerı baǵıtında burılǵanlıǵın kóremiz.

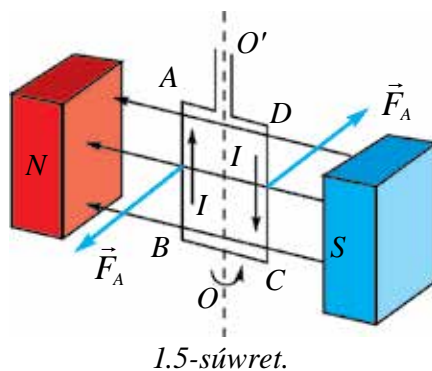
Magnit maydanında jaylasqan tokli ramkanıń burılıw sebebin anıqlayıq. Magnit maydanına tik jaylasqan ramkanıń uzınlıǵı  $l$  bolǵan  $AB$  hám  $CD$  táreplerinen  $I$  tok ótip atırǵan bolsın. Ol jaǵdayda ramkanıń usı  $l$  bólimine magnit maydanı tárepinen tásir etip atırǵan Amper kúshiniń mánisi tómendegige teń boladı:

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

bunda:

$$l = AB = CD.$$

Bul kúshitiń baǵıtı shep qol qaǵıydası járdeminde anıqlanadı. Sonıń menen birge  $AB$  hám  $CD$  bólimlerge tásir etiwshi kúshlerdiń modulları teń bolıp, qarama-qarsı tárepke baǵdarlangan boladı. Sonlıqtan, tokli ramkaǵa magnit maydanı tárepinen jup kúsh tásir etedi. Bul jup kúsh tásirinde tokli ramka burıladı.





Bul jup kúshler  $OO'$  aylanıw kósherine salıstırǵanda aylandırıwshı momentti payda etedi.

Ramkanıń  $AD=BC=\frac{d}{2}$  bólimlerindegi kúshleriń iyni  $\frac{d}{2}\sin\alpha$  ǵa teń. Bunda,  $\alpha$  – magnit indukciya vektorı menen kontur tegisliginde ótkizilgen normal arasındagi múyesh. Kúshlerdiń momentleri:

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

Ol jaǵdayda, tolıq aylandırıwshı moment:

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

Amper kúshiniń formulasın (1-5) ańlatpaǵa qoyıp, aylandırıwshı moment ańlatpasın jazamız:

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

$l \cdot d = S$  ekenligin inabatqa alsaq, (1-6) ańlatpa tómendegi kóriniske keledi:

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

Demek, magnit maydanına kirgizilgen toklı konturǵa tásir etiwshı kúshleriń momentı ( $M$ ), konturdan ótip atırǵan tok kúshi ( $I$ ) ne, kontur maydanı ( $S$ ) na hám de magnit indukciya baǵıtı menen kontur tegisligine ótkizilgen normal arasındagi múyesh sinusına hám de magnit maydanı indukciyası ( $\vec{B}$ ) na tuwrı proporcional.

Eger,  $\alpha = \frac{\pi}{2}$  bolsa,  $M = M_{\max} = BIS$  boladı.

Bul teńlik boyınsha magnit maydanı indukciyasın:

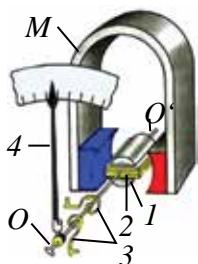
$$B = \frac{M_{\max}}{IS}$$

arqalı ańlatıw múmkin.

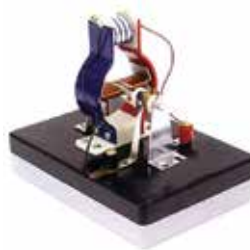
Kóplegen elektr ásbaplarınıń islewi toklı ótkizgish penen turaqlı magnittiń óz ara tásirleniwine tiykarlangan. Mine usınday elektr ólshew ásbaplarınan biriniń dúzilisi 1.6-súwrette keltirilgen. Kúshli magnit polyusleri arasına (1) temir yadro  $OO'$  kósherge bekkemlengen bolıp, onıń üstine (2) sımli ramka kiygizilgen. Katushkaǵa toklar metall prujinalar (3) arqalı beriledi. Ramkanı (3) prujinalar uslap turadı. Bul prujinalar katushkaǵa tok berilmegen waqıtta strelka (4) shkalanıń nolınshi halatında uslap turadı. Ásbap elektr shınjırına jalǵanganda katushkadan tok ótedi hám magnit maydanı tásirinde burıladı. Bul waqıtta prujinalar qısılıp baradı. Ramkanıń burılıwı prujinanıń elastiklik kúshi hám Amper kúshleri teńleskenge shekem etedi.

Ásbap elektr shınjırına izbe-iz jalǵanganda, shınjırdan hám ásbaptıń katushkasına ótetuǵın tok kúshleri óz ara teń bolǵanlıqtan strelkanıń burılıw múyeshi tok kúshine proporcional boladı. Bul jaǵdayda ásbap ampermetr sıpatında qollanıladı.

1.6-b súwrette turaqlı tok dvigateliniń ulıwma kórinisi keltirilgen. Onıń islew principi turaqlı magnit maydanında toklı ramkanıń aylanıwına tiykarlangan.



a



b

1.6-súwret.



1. Magnit maydanına kirgizilgen toklı ramkaǵa tásir etip atırǵan kúsh qalay anıqlanadı?
2. Magnit maydanına kirgizilgen ramkanıń aylandırıwshı momenti qanday shamalarǵa baylanıslı?
3. Toklı ramkaǵa tásir etiwshi jup kúshler momentin avtomobil ruli misalında túsindirih.
4. Magnit maydanınıń toklı ramkaǵa tásiri tiykarında isleytuǵın qurılımlarǵa misallar keltirih.

### Másele sheshiw úlgisi

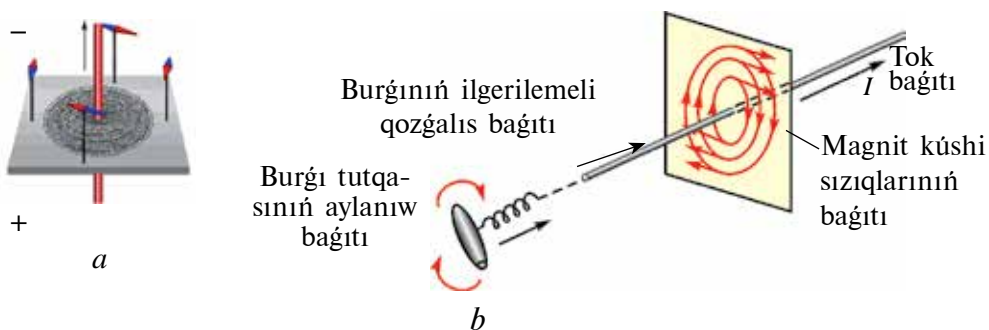
Maydanı  $20 \text{ cm}^2$ , oramlar sanı 100 bolǵan sımlı ramka magnit maydanına jaylastırılǵan. Ramkadan 2A tok ótkende onda  $0,5 \text{ mN}\cdot\text{m}$  maksimal aylandırıwshı moment payda boladı. Magnit maydanınıń indukciyasın anıqlañ.

Berilgen:	Formulası:	Sheshiliwi:
$S = 20 \text{ cm}^2 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$ $N = 100$ $I = 2 \text{ A}$ $M_{\text{max}} = 0,5 \text{ mN}\cdot\text{m} = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{m}$	$M_{\text{max}} = N \cdot I \cdot B \cdot S$ $B = \frac{M_{\text{max}}}{N \cdot I \cdot S}$	$B = \frac{0,5 \cdot 10^{-3}}{100 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 10^{-3}} \text{ T} = 1,25 \cdot 10^{-3} \text{ T}$
Tabıw kerek: $B = ?$	$[B] = \frac{\text{N}\cdot\text{m}}{\text{A}\cdot\text{m}^2} = \frac{\text{N}}{\text{A}\cdot\text{m}} = \text{T}$	$Juwabi: B = 1,25 \cdot 10^{-3} \text{ T}$

### 3-tema. TOKLI TUWRÍ ÓTKIZGISHTIŃ, SAQIYNA HÁM KATUSHKANÍŃ MAGNIT MAYDANI

Tokli ótkizgish átirapında payda bolatuğın magnet maydanı kúsh sıziqların baqlaw ushın qalıń karton qağaz alınıp, onıń ortasınan tesip, tuwrı ótkizgish ótkeremiz. Karton beti ústine mayda temir untaqların sebemiz. Ótkizgish ushları tokqa jalđanıp, karton jeńil silkitiledi. Temir untaqları toktıń magnet maydanı tásirinde magnetlenip, ózin kishi magnet strelkaları sıyaqlı tutadı hám olar magnet indukciya sıziqları boylap jaylasadı (1.7-*a* súwret).

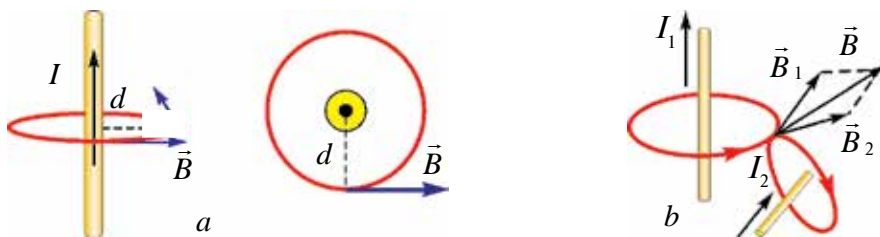
Tuwrı tok magnet maydanınıń kúsh sıziqları, orayı ótkizgish kósherinde jaylasqan sheńberlerden ibarat bolıp, bul sheńberler ótkizgish kósherine tik tegislikte jatadı (1.7-*b* súwret). Magnet maydanı kúsh sıziqlarınıń bađıtı oń burđı qađıydasınan paydalanıp anıqlanadı: *eger burđınıń ilgerilemeli qozđalıstı tok bađıtı menen birdey bolsa, ol jađdayda burđı tutqasınıń aylanıw bađıtı magnetlik indukciya sıziqlarınıń bađıtın kórsetedi.*



1.7-súwret.

Magnet maydanı indukciya vektorı ( $\vec{B}$ ) kúsh sıziqlarına urınba boylap bağdarlangan boladı. Jeke halda tokli ótkizgishden  $d$  aralıqta jatırđan noqattağı magnet maydanı indukciyası bağıtı 1.8-*a* súwrette kórsetilgen.

Kópshilik jađdaylarda magnet maydanın bir ótkizgish emes, tokli ótkizgishler sisteması payda etedi (1.8-*b* súwret). Bunday jađdayda keńisliktiń qanday da bir noqatındađı natiyjeli maydanniń indukciyası hár bir tokli ótkizgishitiń usı noqatta payda etken magnet maydanı indukciyalarınıń vektor jıyındısına teń boladı, yađniy:



1.8-súwret.

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

Bul juwmaq magnit maydanı ushın **superpoziciya principi** delinedi.

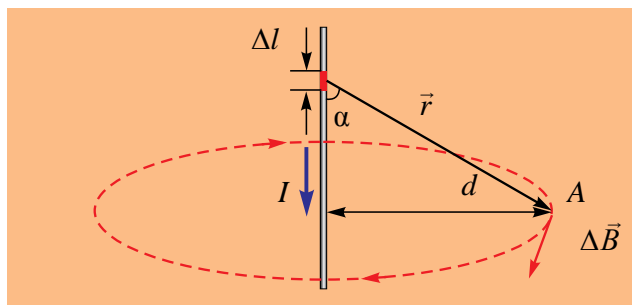
Fransuz alımları J. Bio, F. Savar hám P. Laplaslar erkli formadağı tokli ótkizgishlerdiń átirapında payda bolğan magnit maydanı indukciyasın esaplawğa imkaniyat beretuğın ulıwma nızamdı anıqladı. Bul nızam boyınsha tokli ótkizgishniń erkli  $\Delta l$  elementin, tokli ótkizgish átirapındağı  $A$  noqatında payda etken magnit indukciyasın tómendegishe anıqlaw múmkin:

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

$\alpha$  –  $\Delta l$  elementten  $A$  noqatqa ótkizilgen vektor menen  $\vec{r}$  element arasındağı múyesh (1.9-súwret),  $r$  – ótkizgishniń  $\Delta l$  elementinen  $A$  noqatqa shekem bolğan aralıq.

**1. Tuwrı tokniń magnit maydanı indukciyası.** Bio–Savar–Laplas názamı boyınsha, sheksiz uzun tuwrı toktan  $d$  uzaqlıqtağı  $A$  noqatta payda bolğan magnit maydanı indukciyası tómendegi ańlatpa járdeminde anıqlanadı:

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



1.9-súwret.

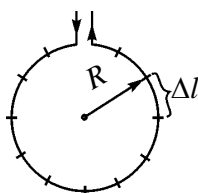
Demek, tuwrı sızıqlı sheksiz uzun tokli ótkizgishniń qanday da bir noqatta payda etken magnit maydanı indukciyası ótkizgishden ótip atırğan

tok kúshine tuwrı, ótkizgish penen indukciyası esaplanıp atırǵan noqat arasındaǵı eń qısqa aralıqqa kerı proporcional eken.

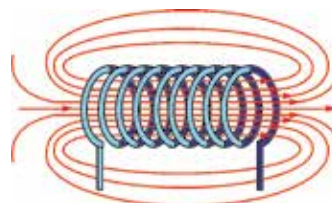
**2. Aylanba tok orayındaǵı magnit maydanı indukciyası.** Radiusı  $R$  bolǵan sheńberden  $I$  turaqlı tok ótip atırǵan bolsın (1.10-súwret). Bio–Savar–Laplas nızamı boyınsha, aylanba toktıń orayında payda bolǵan magnit maydanı indukciyası sheńber uzınlıǵı  $\Delta l$  bóleksheleriniń sheńber orayında payda etken indukciyalarınıń vektor jıyındısına teń (3–1-ańlatpa). Esaplaw nátiyjeleri boyınsha, aylanba toktıń orayındaǵı magnit indukciyası

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

ǵa teń, bunda:  $\mu_0$  – koefficient vakuumnıń magnit turaqlısı bolıp, onıń san mánisi  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{N}}{\text{A}^2}$  ǵa teń. Demek, aylanba toktıń orayında payda bolǵan magnit maydanı indukciyası ótkizgishten ótip atırǵan tok kúshine tuwrı, sheńber radiusına kerı proporcional eken.



1.10-súwret.



1.11-súwret.

Jeke halda  $n$  oramǵa iye bolǵan tokli katushkanıń orayındaǵı magnit maydanı indukciyasın (1.11-súwret) tómenдеgi ańlatpa járdeminde anıqlaw múmkin:

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

Demek, tokli katushkanıń ishinde payda bolǵan magnit maydanı indukciyası katushkadan ótip atırǵan tok kúshine, oramlar sanına tuwrı, katushka sheńberiniń radiusına kerı proporcional eken.



1. Magnit maydanınıń superpoziciya principin túsindirih.
2. Tuwrı toktıń magnit maydanı indukciyasın esaplaw formulasın jazıń hám onı túsindirih.
3. Sheńber orayındaǵı magnit maydanı indukciyasın esaplaw formulasın jazıń hám onı túsindirih.

### Másele sheshiw úlgisi

Tuwrı sheksiz ótkizgishten 250 mA tok ótpekte. Onnan 4 cm uzaqlıqta jaylasqan noqattaǵı magnit maydanı indukciyasın tabıń.

Berilgen:	Formulası:	Sheshiliwi:
$I=250 \text{ mA}=250 \cdot 10^{-3} \text{ A}$ $d=4 \text{ cm}=4 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ $\mu_0=4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{N}}{\text{A}^2}$	$B=\mu_0 \frac{I}{2\pi \cdot d}$ $[B]=\frac{\text{N}}{\text{A}^2} \frac{\text{A}}{\text{m}}=\frac{\text{N}}{\text{A} \cdot \text{m}}=\text{T}$	$B=4\pi \cdot 10^{-7} \frac{250 \cdot 10^{-3}}{2\pi \cdot 4 \cdot 10^{-2}} \text{ T} =$ $= 12,5 \cdot 10^{-6} \text{ T.}$
Tabıw kerek: $B=?$		Juwabı: $B=12,5 \cdot 10^{-6} \text{ T.}$

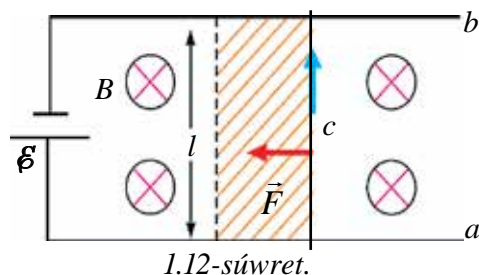
## 4-tema. TOKLI ÓTKIZGISHTI MAGNIT MAYDANÍDA KÓSHIRIWDE ATQARÍLGAN JUMÍS

Eki parallel  $a$  hám  $b$  tegis metall sımlar bir-birinen  $l$  uzaqlıqta jaylastırılǵan bolıp, olardıń ústine jeńil  $c$  metall ótkizgish qoyılǵan halattı kóreyik (1.12-súwret). Ótkizgishler sisteması magnit indukciyası  $\vec{B}$  bolǵan bir tekli maydanǵa jaylasqan. 1.12-súwrettegi ( $\otimes$ ) belgisi magnit maydanı indukciya vektorı bizden súwret tegisligi tárepke tik baǵdarlanganlıǵın ańlatadı.  $a$  hám  $b$  ótkizgishler tok dereğine jalǵanganda  $c$  ótkizgish arqalı tok óte baslaydı. Bunda  $l$  uzınlıqtaǵı tokli ótkizgishke magnit maydanı tárepinen  $F_A = I \cdot B \cdot l$  Amper kúshi tásir etedi. Tok baǵıtı menen magnit maydanı indukciyası baǵıtı arasındǵı múyesh  $90^\circ$  ekenligin bilgen halda kúshniń baǵıtı shep qol qaǵıydasına muwapıq anıqlanadı.

Bul kúsh  $c$  ótkizgishti  $d$  aralıqqa awıstırıp,

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

jumıs atqaradı. Bul ańlatpadaǵı  $l \cdot d$  kóbeyme ótkizgishtiń qozǵalıswı dawamında sızǵan maydandan ibarat, yaǵnıy  $S = l \cdot d$ . Qozǵalıswı dawamında ótkizgishti kesip ótken magnit aǵımı  $\Delta\Phi = B \cdot \Delta S$  ke teńliginen:



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

kórinisindegi ańlatpaǵa iye bolamız. Sonı atap ótiw lazım, bul jumıs magnit maydanı tárepinen emes, al shıńjırdı tok penen támiyinlep turatuǵın derek energiyası esabınan atqarıladı.

Demek, tokli ótkizgishti magnit maydanında kóshiriwde Amper kúshiniń atqarǵan jumısı ótkizgishten ótip atırǵan tok kúshi hám magnit aǵımı ózgeriwiniń kóbeymesine teń eken.

Magnit maydanında tokli ótkizgishti kóshiriwde atqarılatuǵın jumıstan ámeliyatta keń paydalanıladı. Ol transport, turmıs xızmeti texnikası hám elektronika tarawlarında qollanılıwı menen ayrıqsha áhmiyetke iye. Búgingi kúnde júdá keń qollanılıp atırǵan elektron qılıplar buǵan mısıl bola aladı.



1. Magnit maydanında tokli ótkizgishti kóshiriwde atqarılǵan jumıs qalay esaplanadı?
2. Tok baǵıtı menen magnit maydanı indukciyası bir baǵıtta bolsa, atqarılǵan jumıs nege teń boladı?
3. Tokli ótkizgishti magnit maydanında kóshiriwde jumıs neniń esabınan atqarıladı?

### Másele sheshiw úlgisi

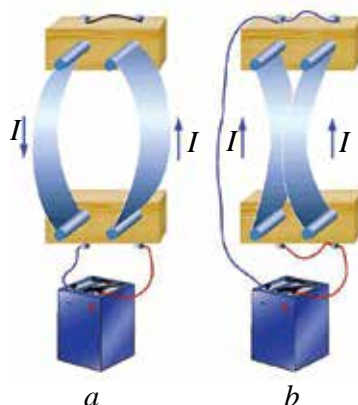
Uzınlıǵı 30 cm bolǵan ótkizgishten 2 A tok ótpekte. Ótkizgish indukciyası 1,5 T bolǵan bir tekli magnit maydanınıń indukciya sıızıqlarına 30° múyesh astında jaylasqan. Ótkizgish Amper kúshi baǵıtında 4 cm ge kóshkende qanday jumıs atqarıladı?

Berilgen:	Formulası:	Sheshiliwi:
$l = 30 \text{ cm} = 0,3 \text{ m}$ $I = 2 \text{ A}$ $B = 1,5 \text{ T}$ $\alpha = 30^\circ$ $d = 4 \text{ cm} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ m}$	$A = I \cdot B \cdot l \cdot d \cdot \sin\alpha$ $[A] = A \cdot \frac{\text{N}}{\text{A} \cdot \text{m}} \cdot \text{m} \cdot \text{m} =$ $= \text{N} \cdot \text{m} = \text{Dj}$	$A = 2 \cdot 1,5 \cdot 0,3 \cdot 4 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{1}{2} \text{ Dj} =$ $= 18 \cdot 10^{-3} \text{ Dj}.$  <p><i>Juwabı: A = 18 · 10<sup>-3</sup> Dj.</i></p>
Tabıw kerek: $A = ?$		

## 5-tema. TOKLI ÓTKIZGISHLERDÍŃ ÓZ ARA TÁSIR KÚSHI

Dál elektr zaryadları sıyaqlı tokli ótkizgishler arasında da óz ara tásir kúshleri bar boladı. Bunı ámelde baqlaw ushın eki elastik ótkizgish alıp, olardı vertikal halatta tayanıshqa bekkemleyemiz.

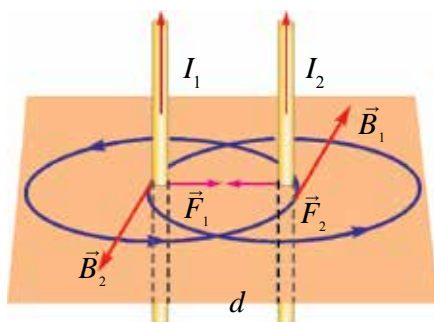
Eger ótkizgishlerdín joqarǵı bólimin sım arqalı jalǵasaq, ótkizgishlerden qarama-qarsı baǵıtta tok ótedi (1.13-*a* súwret). Nátiyjede ótkizgishler bir-birinen jılısıp, arasındaǵı aralıq uzaqlasadı. Eger ótkizgishlerden birdey baǵıtta tok ótiwin támiyinlesek, ótkizgishler bir-birine tartıladı (1.13-*b* súwret).



1.13-súwret.

Amper nızamınan paydalanıp, vakuumdáǵı sheksiz uzın parallel tokli ótkizgishler arasında payda bolatuǵın óz ara tásir kúshiniń baǵıtı hám san mánisiniń shamasın anıqlayıq.

Bir-birinen  $d$  aralıqta jaylasqan, eki parallel ótkizgishlerden birdey baǵıtta  $I_1$  hám  $I_2$  tok ótip atırǵan bolsın (1.14-súwret). Ótkizgishlerden ótip atırǵan  $I_1$  hám  $I_2$  toklardın magnit maydanı indukciya vektorınıń sıziqları koncentrlı sheńberden ibarat boladı. Eger  $I_1$  tok tómenen joqarıǵa ótip atırǵan bolsa, ekinshi ótkizgishte jatırǵan noqatlarda  $B_1$  vektor (parma qaǵıydasına muwapıq)



1.14-súwret.

bizden kitap tegisligi tárepke baǵdarlangan boladı hám olar óz ara tik jaylasqan. Birinshi toqtın magnit maydanı tárepinen ekinshi tokqa kórsetilip atırǵan  $F_2$  tásir kúshi shama jaǵınan, Amper nızamına muwapıq tómendegige teń boladı:

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

bunda:  $\Delta l$ —ekinshi ótkizgishtin magnit maydanında jaylasqan bóliminiń uzınlıǵı. Bul formulaǵa tuwrı toqtın magnit indukciyası  $B_1 = \mu_0 \frac{I_1}{2\pi \cdot d}$  ańlatpasın qoysaq,



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

Demek, sheksiz uzun parallel tokli ótkizgishlerdiń birlik uzunlıǵına tásir etip atırǵan óz ara tásir kúshi olardan ótip atırǵan tok kúshleriniń kóbeymesine tuwrı, al arasındaǵı aralıqqa kerı proporcional eken.

Bul qubılıs tiykarında tok kúshiniń Xalıq aralıq birlikler sistemasındaǵı birliǵı – amper (A) qabıl etilgen.

Amper – vakuumda bir-birinen 1 m aralıqta parallel jaylasqan, kese kesim beti esapqa alınbas dárejede kishi bolǵan sheksiz uzun tuwrı ótkizgishlerden tok ótkende, ótkizgishlerdiń hár bir metr uzunlıǵında  $2 \cdot 10^{-7}$  N óz ara tásir kúshin payda etetuǵın turaqlı tok kúshi esaplanadı.



1. Parallel tokli ótkizgishler arasında payda bolatuǵın óz ara tásir kúshiniń baǵıtı qalay anıqlanadı?
2. Qarama-qarsı baǵıtta  $I_1$  hám  $I_2$  tok ótip turǵan eki parallel ótkizgishtiń óz ara tásir kúshin túsindirih.
3. Tok kúshiniń birliǵı – Amperdi sıpatlañ.

### Másele sheshiw úlgisi

Arasındaǵı aralıq 1,6 m bolǵan qos (eki) sımlı turaqlı elektr toki uzatıw liniyası sımlarınıń hár bir metr uzunlıǵına tuwrı keletuǵın óz ara tásir kúshin tabıñ. Ótkizgishlerden ótip atırǵan tok kúshiniń mánisin 40 A ge teń dep alıñ.

Berilgen:	Formulası:	Sheshiliwi:
$d = 1,6 \text{ m}$ $I_1 = I_2 = 40 \text{ A}$ $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{N}}{\text{A}^2}$ $\Delta l = 1 \text{ m}$	$F = \mu_0 \frac{I_1 \cdot I_2}{2\pi \cdot d} \cdot \Delta l$ $[F] = \frac{\text{N}}{\text{A}^2} \cdot \frac{\text{A} \cdot \text{A}}{\text{m}} \cdot \text{m} = \text{N}$	$F = 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot \frac{40 \cdot 40}{2\pi \cdot 1,6} \cdot 1\text{N} =$ $= 2 \cdot 10^{-4} \text{ N}$
Tabıw kerek: $F = ?$		Juwabi: $F = 2 \cdot 10^{-4} \text{ N}$ .

## 6-tema. BIR TEKLI MAGNIT MAYDANIDA ZARYADLI BÓLEKSHENIŃ QOZǴALÍSÍ. LORENC KÚCHI

Magnit maydanına kirgizilgen tokli ótkizgishke magnit maydanı tárepinen tásir etiwshi Amper kúshi, ótkizgishtiń usı bólimindegi hár bir bólekshege magnit maydanı tárepinen tásir etip atırǵan kúshlerdiń jıyındısınan ibarat dep qaraw múmkin. Uzunlıǵı  $l$  bolǵan tokli ótkizgishte qozǵalıp atırǵan barlıq zaryadlı bóleksheler sanı  $N$  ǵa teń bolsa, magnit maydanında qozǵalıp atırǵan bir bólekshege tásir etiwshi kúsh

$$F = \frac{F_A}{N} = \frac{I \cdot B \cdot l \cdot \sin \alpha}{N} \quad (6-17)$$

ge teń boladı. Ótkizgishten ótip atırǵan tok kúshi

$$I = e \cdot n \cdot v \cdot S \text{ hám } N = n \cdot S \cdot l. \quad (6-18)$$

Ańlatpalardı (1-17) teńlikke qoysaq, bir bólekshege tásir etip atırǵan kúshhtiń ańlatpası kelip shıǵadı:

$$F_L = qvB \sin \alpha; \quad (6-19)$$

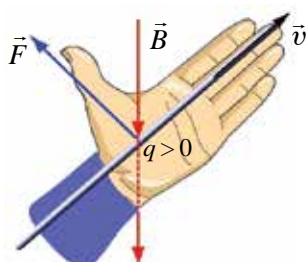
bunda:  $e$ —elektron zaryadı;  $v$ —bóleksheniń tartipli qozǵalıw tezligi;  $n$ —zaryadlar koncentraciyası;  $S$ —ótkizgishtiń kese kesim beti.

Magnit maydanında qozǵalıp atırǵan zaryadlı bólekshege usı maydan tárepinen tásir etiwshi kúshke **Lorenc kúshi** delinip, bul kúsh tómendegishe sıpatlanadı: bir tekli magnit maydanında qozǵalıp atırǵan zaryadlı bólekshege tásir etiwshi kúsh  $\vec{F}_L$  bóleksheniń zaryadı  $q$  ǵa, onıń qozǵalıw tezligi  $v$  ǵa, magnit maydanı indukciya vektorı  $\vec{B}$  ǵa hám de tezlik ( $\vec{v}$ ) vektorı menen magnit maydanı indukciyası ( $\vec{B}$ ) vektorları arasındaǵı múyesh sinusınıń kóbeymesine teń boladı.

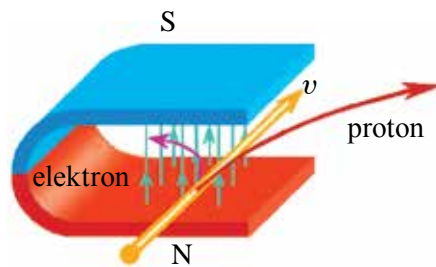
Lorenc kúshi baǵıtı shep qol qaǵıydası járdeminde anıqlanadı (1.15-súwret). **Eger shep qoldıń alaqańına magnit indukciyası vektorı tik túsetuǵın hám kórsetkish barmaqqlar baǵıtı oń zaryad qozǵalıwınıń baǵıtı menen birdey bolsa, ol jaǵdayda  $90^\circ$  qa ashılǵan bas barmaq Lorenc kúshiniń baǵıtın kórsetedi.**

Magnit maydanına ushıp kelip atırǵan protonǵa tásir etip atırǵan Lorenc kúshi, shep qol qaǵıydası boyınsha, oń tárepke baǵdarlangan boladı (1.16-súwret). Maydandaǵı elektron (teris zaryad) nıń qozǵalıwın anıqlawda, tórt barmaǵımızdı tok baǵıtına qarama-qarsı halatta jaylastıramız. Bunda elektrongá tásir etiwshi Lorenc kúshi shep tárepke

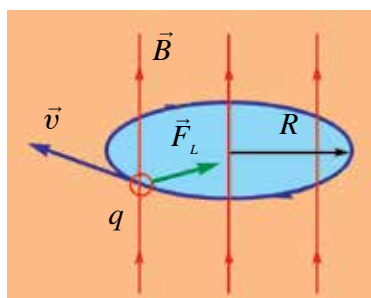
bağdarlangan boladı (1.16-súwret). Eger zaryadlı bólekshe magnit indukciya sızıqları boylap qozğalsa, oğan magnit maydanı tárepinen kúsh tásir etpeydi.



1.15-súwret.



1.16-súwret.



1.17-súwret.

Endi zaryadlı bóleksheniń qozğalisına **Lorenc** kúshiniń tásirini kórip shıǵamız. Bólekshe bir tekli magnit maydanı kúsh sızıqları baǵıtına tik ushıp kirip atırǵan bolsın (1.17-súwret). Ol jaǵdayda bólekshe tezligi baǵıtı menen indukciya sızıqları arasındaǵı múyesh  $90^\circ$  qa teń bolıp, bólekshege tásir etip atırǵan Lorenc kúshi maksimal boladı. Lorenc kúshi magnit maydanında qozǵalıp atırǵan bóleksheniń qozǵalı baǵıtına perpendikulyar baǵdarlanganlıǵı ushın ol orayǵa umtılıw kúshi wazıypasın atqaradı. Nátiyjede zaryadlı bóleksheniń qozǵalı baǵıtı ózgerip, qozǵalı traektoriyası burıladı.

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

Lorenc kúshi jumıs atqarmaǵanlıǵı sebepli, bóleksheniń qozǵalı tezligi de ózgermeydi. Demek, bólekshe sheńber boylap tegis qozǵalıwın dawam etedi.

Solay eken, magnit maydanındaǵı zaryadlı bóleksheniń qozǵalı traektoriyası sheńberden ibarat bolıp, onıń radiusın tómendegi ańlatpa arqalı anıqlaymız:

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

Demek, bólekshe traektoriyasınıń iymeklik radiusı onıń massası menen tezliginiń kóbeymesine tuwrı, al zaryadı menen magnit maydan indukciyasınıń kóbeymesine kerı proporcional eken.

Bóleksheniń tolıq bir márte aylanıwı ushın ketken waqıttı, yaǵnıy aylanıw dáwirin anıqlayıq. Bunıń ushın bólekshe bir márte tolıq aylanǵandaǵı joldı (sheńber uzınlıǵı  $2\pi \cdot R$ ) bóleksheniń ( $v$ ) tezligine bólemiz:

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

(1.6–5) ańlatpadan paydalanıp (1–21) ańlatpanı tómendegi kóriniste jazamız:

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

Bóleksheniń aylanıw dáwiri onıń tezligine baylanıslı bolmay, bóleksheniń massasına, zaryadına hám magnit maydanı indukciyasınıń shamasına baylanıslı boladı eken.

Magnit hám elektr maydan tásirinde vakuumda qozǵalıp atırǵan zaryadlı bólekshelardi massaları boyınsha quram bólimlerge ajratıwshı ásbap *mass-spektrometr* dep ataladı. Mass-spektrometrler ximiyalıq elementlerdiń uzotopların anıqlawda, zatlardı ximiyalıq analizlewde qollanıladı.



1. Lorenc kúshiniń baǵıtın shep qol qaǵıydası tiykarında túsindirih.
2. Zaryadlanǵan bóleksheni sheńber boylap tegis qozǵalısqqa keltiriwshı kúshiti túsindirih.
3. Zaryadlı bólekshe magnit maydanǵa qanday baǵıtta kirgende oǵan Lorenc kúshi tásir etpeydi?
4. Lorenc kúshi tiykarında jaratılǵan qanday qurılımalardı bilesiz?

### Másele sheshiw úlgisi

Elektron magnit maydanı indukciyası 12 mT bolǵan maydan indukciya sızıqlarına tik ushıp kirip, 4 cm radiuslı sheńber boylap qozǵalıstı dawam ettirgen bolsa, ol qanday tezlik penen maydanǵa ushıp kirgen?

Berilgen:	Formulası:	Sheshiliwi:
$B = 12 \text{ mT} = 12 \cdot 10^{-3} \text{ T}$ $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ $R = 4 \text{ cm} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ $\alpha = 90^\circ$ $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$	$F_L = evBsina,$ $F_{mik} = \frac{mv^2}{R},$ $F_L = F_{mik};$ $v = \frac{e \cdot B \cdot R}{m}$	$v = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 12 \cdot 10^{-3} \cdot 4 \cdot 10^{-2} \text{ m}}{9,1 \cdot 10^{-31}} =$ $= 8,4 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$
Tabıw kerek: $v = ?$	$[v] = \frac{\text{C} \cdot \text{T} \cdot \text{m}}{\text{kg}} = \frac{\text{m}}{\text{s}}$	$\text{Juwabi: } v = 8,4 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$

**1-shinigiw.**

1. Radiusı 4 cm bolğan saqıyna indukciyası 0,5 T bolğan bir tekli magnit maydanı indukciya sızıqlarına tik jaylastırılğan. Saqıynadan ótip atırğan magnit ağımı qanday? (*Juwabı: 25,12 mWb*).

2. Magnit indukciyası 4 T bolğan bir tekli magnit maydanında jaylasqan maydanı 250 cm<sup>2</sup> bolğan sımlı ramkadan ótip atırğan magnit ağımı 87 mWb qa teń. Magnit maydan indukciya sızıqları betke qanday múyesh astında túspekte? (*Juwabı: 30°*).

3. Indukciyası 50 mT bolğan magnit maydanınıń indukciya sızıqları maydan tegisligine 30° múyesh astında túspekte. Magnit maydanı indukciyasınıń betke normal bağıtındağı dúziwshisin tabırń (*Juwabı: 25 mT*).

4. Tuwrı ótkizgishten 5 A tok ótpekte. Onnan 2 cm uzaqlıqtağı noqattağı magnit maydanı indukciyasın tabırń. (*Juwabı: 50 μT*).

5. Radiusı 5 cm bolğan sım saqıynadan 3 A tok ótpekte. Saqıyna orayındağı magnit maydanı indukciyasın anıqlań. (*Juwabı: 37,7 μT*).

6. Radiusı 10 cm, oramlar sanı 500 bolğan katushkadan qanday tok ótkende onıń orayında 25 mT magnit maydanı indukciyası payda boladı? (*Juwabı: 8 A*).

7. Magnit maydanı indukciyası 3 mT hám 4 mT bolğan óz ara tik baǵdarlangan eki bir tekli maydanlar qosılǵanda, nátiyjeli maydannıń indukciyası qanday boladı? (*Juwabı: 5 mT*).

8. Radiusı 10 cm bolğan tokli saqıyna indukciyası 20 mT bolğan bir tekli magnit maydanǵa jaylasqan. Eger saqıynadan 2 A tok ótip atırğan bolsa, magnit maydanı tárepinen oǵan qanday maksimal kúsh momenti tásir etedi? (*Juwabı: 1,26 mN·m*).

9. Eni 4 cm, boyı 8 cm bolğan ramka indukciyası 2 T bolğan magnit maydanında jaylasqan. Onnan 0,5 A tok ótkende ramkaǵa tásir etip atırğan maksimal kúsh momentin tabırń. (*Juwabı: 3,2 mN·m*).

10. Magnit maydanında turǵan beti 80 cm<sup>2</sup> bolğan ramkaǵa tásir etetuǵın maksimal kúsh momenti 7,2 mN·m ǵa teń. Eger ramkadan 0,2 A tok ótip atırğan bolsa, maydan indukciyası nege teń? (*Juwabı: 1,2 T*).

11. Indukciyası 200 mT bolğan magnit maydanında uzınlıǵı 50 cm bolğan ótkizgish jaylastırılğan. Onnan 4 A tok ótkende ótkizgish 3 cm ge awısadı. Bunda tok kúshi qanday jumıs atqarǵan? (*Juwabı: 12 mDj*).

12. Indukciyası 0,1 T bolğan bir tekli magnit maydanında indukciya sızıqlarına tik halatta uzınlıǵı 10 cm bolğan ótkizgishten 2 A tok ótpekte. Ótkizgishke magnit maydanı tárepinen tásir etip atırğan kúsh esaplań. (*Juwabı: 20 mN*).

13. Uzunligi 25 cm bolgan otkizgishten 4 A tok o'tpekte. Otkizgish indukciyasi 1,2 T bolgan bir tekli magnit maydanini indukciya sızıqlarına 45° müyesh astında jaylasqan. Otkizgish Amper küshi bağıtında 3 cm ge kóshkende qanday jumıs atqaradı? (*Juwabi*: 25,4 mDj).

14. Uzunligi 40 cm bolgan otkizgishten 2,5 A tok o'tpekte. Otkizgish bir tekli magnit maydanini indukciya sızıqlarına perpendikulyar bağıtta 8 cm awısqanda, 32 mDj jumıs atqarılğan. Magnit maydanı indukciyası nege teń? (*Juwabi*: 0,4 T).

15. Uzunligi 40 cm bolgan otkizgish indukciyası 2,5 T bolgan bir tekli magnit maydanında 12 cm/s tezlik penen qozğalmaqta. Eger otkizgish 3 s ishinde indukciya sızıqlarına perpendikulyar bağıtta 8 cm awısqanda, 144 mDj jumıs atqarılğan bolsa, otkizgishtegi tok küshi nege teń? Magnit maydanı indukciyası sızıqları hám tok bağıtı arasındagı müyeshti 90° dep alıń. (*Juwabi*: 0,4 A).

16. Eki sımlı turaqlı elektr toki uzatıw liniyası sımlarınıń hár bir metr uzunlıgına tuwrı keletuğın óz ara tásir küshin esaplań. Sımlar arasındagı aralıq 2 m, tok küshi 50 A ge teń dep alıń. (*Juwabi*: 0,25 mN).

17. Eki parallel tokli otkizgishlerdiń hár birinen bir tárepke bağdarlangan 2 A tok o'tpekte. Tokli otkizgishler arasındagı aralıq 4 cm. Tokli otkizgishler ortasındagı noqatta magnit maydanı indukciyası nege teń? (*Juwabi*: nolge teń).

18.  $4 \cdot 10^7$  m/s tezlik penen qozğalıp atırğan proton indukciyası 5 T bolgan bir tekli magnit maydanına ushıp kirgende oğan qanday küsh tásir etedi? Bóleksheniń tezlik bağıtı hám maydan indukciya küsh sızıqları arasındagı müyeshti 45° qa teń dep alıń. (*Juwabi*: 22,4 pN).

19. Magnit indukciyası 0,3 T bolgan bir tekli magnit maydanına indukciya sızıqlarına perpendikulyar ráwishte 160 Mm/s tezlik penen ushıp kirgen elektronniń qozğalıw traektoriyasınıń iymeklik radiusın tabıń. (*Juwabi*: 3 mm).

20. Bir tekli magnit maydanına tik ushıp kirgen elektronniń aylanıw dáwiri 8 ns bolsa, magnit maydanı indukciyasın anıqlań. (*Juwabi*: 4,5 mT).

21. Indukciyası 1,5 T bolgan magnit maydanı indukciyası sızıqlarına tik ráwishte alfa bólekshe ushıp kirdi. Oğan tásir etken küsh 120 pN ga teń bolsa, onıń tezligi qanday bolğan? (*Juwabi*:  $2,5 \cdot 10^7$  m/s).

## I BAPTÍ JUWMAQLAW BOYÍNSHA TEST SORAWLARI

1. Elektr tokiniń magnit tásiri tok qaysı ortalıqlardan ótkende baqlanadı?
 

A) elektrolitlerden;	B) metallardan;
C) vakuumda;	D) qálegen ortalıqtan.
2. Magnit aǵımınıń birligin kórsetiń.
 

A) Tesla;	B) Veber;	C) Amper;	D) Ersted.
-----------	-----------	-----------	------------
3. Ótkizgishten turaqlı tok ótkende onıń átirapında qanday maydan payda boladı?
 

A) elektr maydanı;	B) magnit maydanı;
C) elektromagnit maydanı;	D) gravitaciyalıq maydan.
4. Súwrette 4 jup tok ótiw baǵıtları kórsetilgen. Qaysı halatta olar óz ara tartıladı?
 

A) $\updownarrow$ ;	B) $\rightarrow\leftarrow$ ;	C) $\downarrow\downarrow$ ;	D) $\rightarrow\downarrow$ .
---------------------	------------------------------	-----------------------------	------------------------------
5. Súwrette 4 jup tok ótiw baǵıtları kórsetilgen. Qaysı halatta olar óz ara iyterisedi?
 

A) $\updownarrow$ ;	B) $\rightarrow\rightarrow$ ;	C) $\downarrow\downarrow$ ;	D) $\rightarrow\downarrow$ .
---------------------	-------------------------------	-----------------------------	------------------------------
6. Magnit maydanına jaylastırılǵan maydanı  $0,05 \text{ m}^2$  bolǵan toklı ramkadan  $2 \text{ A}$  tok ótpekte. Eger ramkanı aylandırıwshı maksimal kúsh momenti  $40 \text{ mN}\cdot\text{m}$  bolsa, ramka jaylasqan maydanniń indukciyası nege teń?
 

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) $8\pi \cdot 10^{-6} \text{ T}$ .
7. Radiusı  $4 \text{ cm}$  bolǵan sım saqıynadan  $0,8 \text{ A}$  tok ótpekte. Saqıyna orayındaǵı magnit indukciyasın anıqlań.
 

A) $2 \text{ T}$ ;	B) $0,4 \text{ T}$ ;	C) $0,5 \text{ T}$ ;	D) $0,2 \text{ T}$ .
--------------------	----------------------	----------------------	----------------------
8. Indukciyası  $0,1 \text{ T}$  bolǵan magnit maydanı sıızıqlarına tik jaylasqan  $25 \text{ cm}$  uzınlıqtaǵı ótkizgishke maydanniń tásir kúshi  $0,5 \text{ N}$  ǵa teń. Ótkizgishten ótip atırǵan tok kúshi nege teń?
 

A) $2,5 \text{ A}$ ;	B) $0,4 \text{ A}$ ;	C) $1,25 \text{ A}$ ;	D) $0,2 \text{ A}$ .
----------------------	----------------------	-----------------------	----------------------

9. Magnit maydanı indukciya sızıqlarına tik bağıtta elektron hám proton ushıp kirmekte. Protonnıń massası elektronnıń massasınan 1800 ese úlken. Bólekshelerdiń qaysı birine tásir kórsetken Lorenc kúshi úlken boladı?

- A) Elektronğa; B) Protonğa;  
C) Ekewine birdey; D) Tásir kúshi nolge teń.

10. Shep qol qağıydası járdeminde qanday shamalardıń bağıtı anıqlanadı?

- A) Amper kúshi; B) Lorenc kúshi;  
C) Amper hám Lorenc kúshleri; D) Indukciyalıq tok bağıtı.

11. Tóمندegi keltirilgen kúshlerdiń qaysı biri jumıs atqarmaydı?

- A) Amper kúshi; B) Lorenc kúshi;  
C) Kulon kúshi; D) súykelisiw kúshi.

12. Lorenc kúshi qozǵalıstaǵı zaryadlı bóleksheniń tezligin qalay ózger-  
tedi?

- A) Tezligin asıradı; B) Tezligin azaytadı  
C) Tezligin ózgerterdi; D) Tezlik bağıtın ózgerterdi.

13. Lorenc kúshi ańlatpasın kórsetiń.

- 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 indukciyası 40 mT bolǵan bir tekli magnit maydanına kúsh sızıqlarına tik halda  $2 \cdot 10^7$  m/s tezlik penen ushıp kirgende ol qanday radiuslı sheńber sızadı ( $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$  kg)?

- A) 1,5 cm; B) 4 cm; C) 2,5 cm; D) 5,2 cm.

15. Bir tekli magnit maydanına tik ushıp kirgen elektronnıń aylanıw dáwiri  $20 \cdot 10^{-12}$  s bolsa, magnit maydanı indukciyasın anıqlań (T).

- A) 1,5; B) 1,8; C) 2,5; D) 3,2.



### 1-bapta úyrenilgen eń áhmiyetli úsinik, qaǵıyda hám nızamlar

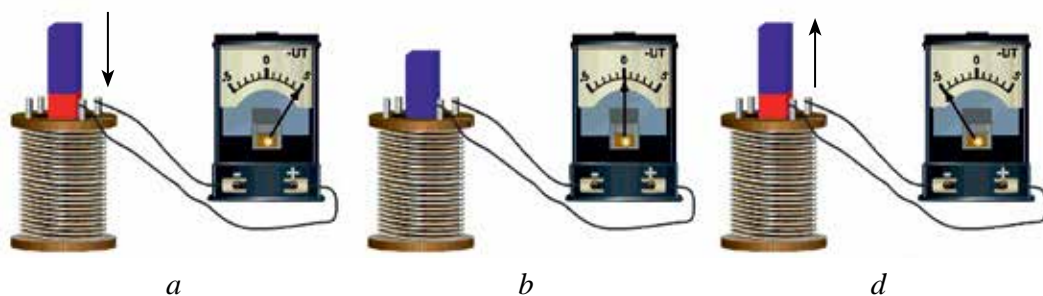
Magnit kúsh sızıqları	Magnit kúsh sızıqları magnittiń arqa polyusinen shıǵıp, qubla polyusine kiriwshi jabıq sızıqtan ibarat.
Magnit indukciya aǵımı	$\Delta S$ —betten ótip atırǵan magnit indukciya aǵımı $\Phi$ dep, magnit indukciya $B$ vektorınıń, usı betke kóbeymesine aytıladı $\Phi = B \cdot \Delta S$ .
Magnit aǵımı birligi	Magnit maydan indukciyası 1 T ǵa teń bolǵan magnit maydanınıń indukciya sızıqlarına tik qoyılǵan 1 m <sup>2</sup> betti kesip ótip atırǵan magnit aǵımı 1 Wb ǵa teń 1 Wb = 1 T · m <sup>2</sup> .
Bio – Savar – Laplas formulası	Tokli ótkizgishtiń erkin $\Delta l$ elementiniń, tokli ótkizgish átirapıbdaǵı $A$ noqatında payda etken magnitlik indukciysni anıqlaydı $\Delta B = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I \cdot \Delta l \cdot \sin \alpha}{r^2}$
Magnit maydanınıń superpoziciya principı	$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3 + \dots + \vec{B}_n$ . Keńisliktiń qanday da bir noqatındaǵı nátiyjeli maydanniń indukciyası hár bir tokli ótkizgishtiń sol noqatta payda etken magnit maydan indukciyalarınıń vektor jıyındısına teń.
Tuwrı toqtıń magnit maydan indukciyası	$B = \mu_0 \frac{I}{2\pi \cdot d}$ – ótkizgishten ótip atırǵan tok kúshine tuwrı, ótkizgish penen indukciyası esaplanıp atırǵan noqat arasındaǵı aralıqqa kerı proporcional.
Aylanba tok orayındaǵı magnit maydanı indukciyası	$B = \mu_0 \frac{I}{2R}$ – ótkizgishten ótip atırǵan tok kúshine tuwrı, sheńber radiusına kerı proporcional.
Toklı ramkanıń aylandırırshı momenti	$M = I \cdot B \cdot S \sin \alpha$ , konturdan ótip atırǵan tok kúshi, konturdıń maydanı hám indukciya vektorı baǵıtı menen kontur tegisligine ótkizilgen oń normal ( $\vec{n}$ ) dıń baǵıtı arasındaǵı múyesh sinusına tuwrı proporcional.
Magnit maydanında atqarılǵan jumıs	$A = I \cdot \Delta \Phi$ tokli ótkizgishti magnit maydanında kóshiriwde atqarılǵan jumıs ótkizgishten ótip atırǵan tok kúshi menen onıń qozǵalıswı dawamında kesip ótken magnit aǵımı ózgeriwiniń kóbeymesine teń.

Tokli ótkizgishlerdiń óz ara tásirleñiwı	Parallel ótkizgishlerden qarama-qarsı bağıtta tok ótkende, olar bir-birinen iyteriledi. Toklar bağıtı bir-dey bolǵanda ótkizgishler bir-birine tartıladı
Eki tokli parallel ótkizgishlerdiń arasındaqı tásir kúshi	$F = \mu_0 \frac{I_1 \cdot I_2}{2\pi \cdot d} \cdot \Delta l$ – parallel tokli ótkizgishlerdiń birlik uzınlıqlarına tuwrı kelgen óz ara tásir kúshi olardan ótip atırǵan tok kúshleriniń kóbeymesine tuwrı, al arasındaqı aralıqqa kerı proporcional esaplanadı.
Tok kúshi birliǵı Amperdiń sıpatlaması	Amper – vakuumda bir-birinen 1 m aralıqta parallel jaylasqan, sheksiz uzın tuwrı ótkizgishlerden tok ótkende, ótkizgishlerdiń hár bir metr uzınlıǵına $2 \cdot 10^{-7}$ N óz ara tásir kúshi payda etetuǵın turaqlı tok kúshi esaplanadı.
Lorenç kúshi	$F_L = qvB \sin \alpha$ – magnit maydanında qozǵalıp atırǵan zaryadlı bólekshege usı maydan tárepinen tásir etiwshi kúsh.
Shep qol qaǵıydası	Eger shep qoldıń alaqańına magnit indukciyası vektorın tik túsetuǵın hám kórsetkish barmaqlar bağıtı oń zaryadtıń bağıtı menen birdey bolsa, ol jaǵdayda $90^\circ$ qa kerilgen bas barmaq Lorenç kúshiniń bağıtın kórsetedi.
Magnit maydanına tik ushıp kirgen bóleksheniń aylanıw radiusı	$R = \frac{mv}{qB}$ – bólekshe traektoriyasınıń iyemeklik radiusı onıń massası menen tezliginiń kóbeymesine tuwrı, zaryadı menen magnit maydanı indukciyasınıń kóbeymesine kerı proporcional.
Magnit maydanına tik ushıp kirgen bóleksheniń aylanıw dáwiri	$T = 2\pi \frac{m}{qB}$ – bóleksheniń aylanıw dáwiri onıń tezligine baylanıslı bolmay, bóleksheniń massasına, zaryadına hám magnit maydanı indukciyasınıń shamasına baylanıslı boladı.

## III баp. ELEKTROMAGNITLIK INDUKCIYA

### 7-tema. ELEKTROMAGNITLIK INDUKCIYA QUBILISI. INDUKCIYA ELEKTR JURGIZIWSHI KUSH. FARADEY NIZAMI

1820-jılı daniyalı alım G. Ersted toktıń magnet tásirin oylap tapqannan soń, ingliz alımı **Maykl Faradey** magnet maydanı arqalı elektr tokın payda etiwdi ózine maqset etti. Ol bul másele ústinde 10 jıldan artıq islep, 1831-jılı onı unamlı sheshti.



2.1-súwret.

Kórgizbeli ásbaplardan paydalanğan halda Faradey tárepinen ótkizilgen tájiriybenni kóreyik. Ol katushka hám galvanometrди izbe-iz jalǵap, tuyıq shınjır payda etti (2.1-súwret). Katushka ishine turaqlı magnet kirgizilip atırǵanda, galvanometr strelkasınıń qıyalawı baqlanadı. Bunda katushkada tok payda boladı (2.1-a súwret). Eger magnet qozǵalmay katushka ishinde tınısh uslap turılsa galvanometr strelkası noldi kórsetedi, yaǵnıy katushkada toqtıń joǵalǵanı baqlanadı (2.1-b súwret). Al, magnet katushka ishinen suwırıp alınıp atırǵanda, jáne katushkada toqtıń payda bolǵanlıǵı baqlanadı. Bunda galvanometr strelkası kerı tárepke awadı (2.1-d súwret). Eger magnet tınısh halda bolıp, katushka háreketke keltirilse de, usı qubılıstı baqlaymız. Demek, katushkanı kesip ótip atırǵan magnet aǵımı hár qanday jo’l menen ózgerilgende katushkada elektr jurgiziwshi kush payda boladı eken.

Sımlı ramkanın ushları bir-birine tikkeley (yaki olardıń ushları qanday da ásbap arqalı) jalǵanǵan bolsa, onı tuyıq kontur deb ataw múmkin. Ondaı jaǵdayda galvanometrge jalǵanǵan katushka óz ara izbe-iz jalǵanǵan tuyıq konturdı quraydı.

Magnit maydanınıń aǵımı ózgeriwi sebepli tuyıq konturda elektr tokiniń payda bolıw qubılısın **elektromagnitlik indukciya qubılısı**, al konturda payda bolǵan tok **indukciyalıq** tok dep ataladı.

Faradey ózi ámelge asırǵan tájiriye nátiyjelerin analizlep, tómendegi juwmaqqa keldi: **indukciyalıq tok tuyıq konturda tek ótkizgish konturı arqalı ótip atırǵan magnit indukciya aǵımı ózgergende payda boladı, yaǵnıy magnit aǵımı ózgerip turǵan waqıt dawamında ǵana bar boladı.**

Belgili bolǵanıday, elektr shınjırında tok uzaq waqıt bar bolıp turıwı ushın shınjırdıń qanday da bir bóliminde elektr júrgiziwshi kúsh (EJK) deregi bolıwı kerek. Konturda turaqlı túrde magnit aǵımınıń ózgerip turıwı nátiyjesinde payda bolǵan EJK onda indukciyalıq toktı payda etiwshi sırtqı derek wazıypasın atqaradı. Indukciyalıq toktı payda etiwshi EJK **indukciya elektr júrgiziwshi kúsh** delinedi.

Elektromagnitlik indukciya nızamı, tuyıq konturda payda bolǵan EJK ti muǵdar jaǵınan belgileydi.

Jabıq konturda payda bolǵan elektromagnitlik indukciya EJK, san mánisi jaǵınan usı konturdı kesip ótken magnit aǵımı ózgeriwine teń hám belgisi jaǵınan oǵan qarama-qarsı esaplanadı:

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

Buǵan **elektromagnitlik indukciya nızamı** yaki **Faradey–Maksvell nızamı** delinedi.

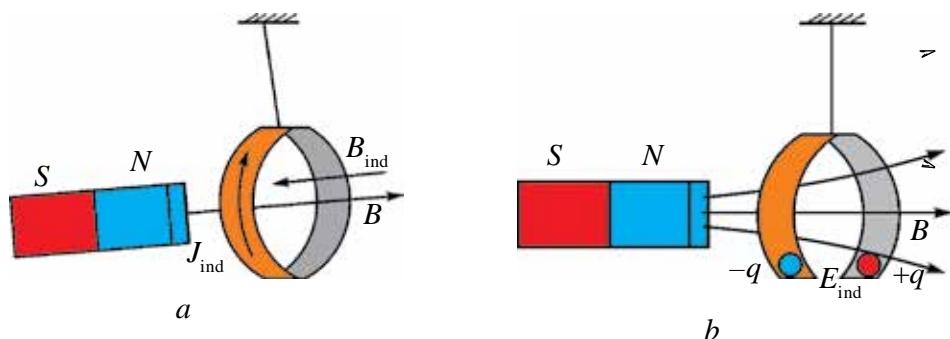
(2–1) ańlatpasındaǵı (–) belgi konturda payda bolatuǵın indukciyalıq toktıń baǵıtı menen baylanıslı bolıp, ol Lenc qaǵıydası boyınsha túsindiriledi.

XBSda indukciya elektr júrgiziwshi kúshtiń birligi etip volt (V) qabıl etilgen.  $[\mathcal{E}_i] = \left( \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right) = \frac{Wb}{s} = \frac{T \cdot m^2}{s} = \frac{N \cdot m^2}{A \cdot m \cdot s} = \frac{J}{A \cdot s} = \frac{A \cdot V \cdot s}{A \cdot s} = V$ .

Eger kontur  $N$  oramnan ibarat bolsa, konturda payda bolǵan indukciya EJK tómendegi ańlatpa járdeminde esaplanadı:

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

Rus alımı X.Lenc indukciyalıq toktıń baǵıtın anıqlaw maqsetinde tómenдеgi tájiriybени ótkerdi. Ol birewi pütün hám ekinshisi kesik bolǵan jeńil alyuminiy saqıynalardı jipke baylap, tayanıshqa ildirdi (2.2-súwret). Eger magnit pütün saqıynaǵa jaqınlastırılса, onda indukciyalıq tok payda boladı. Sonıń menen bul tok saqıyna ishinde óziniń magnit maydanın payda etedi. Al, payda bolǵan magnit maydanı magnittiń saqıynaǵa jaqınlasıwına qarsılıq kórsetedi hám onnan qashadı (2.2-a súwret). Eger magnitti saqıynadan uzaqlastıra baslasaq, saqıyna magnitke tartılıp, oǵan eredi.



2.2-súwret.

Magnit kesik saqıynaǵa jaqınlastırılǵanda yaqi onnan uzaqlastırılǵanda magnittiń saqıynaǵa tásirini baqlanbaydı. Bunıń sebebi kontur tuyıq bolmaǵanlıǵı ushın saqıynada indukciyalıq tok payda bolmawı esaplanadı (2.2-b súwret). Tájiriybe nátiyjeleri boyınsha Lenc indukciyalıq tok baǵıtın anıqlaw qaǵıydasın taptı. Bul qaǵıyda onıń húrmetine *Lenc qaǵıydası* dep atalıp, tómenдеgishe sıpatlanadı: **tuyıq konturda payda bolǵan indukciyalıq tok sonday baǵdarlangan bolıp, ol óziniń magnit maydanı menen usı toktı payda etip atırǵan magnit aǵımınıń ózgeriwine qarsılıq kórsetedi.**



1. Qanday qubılısqa elektromagnitlik indukciya qubılısı delinedi?
2. Ne ushın kesik saqıynaǵa magnit jaqınlastırılǵanda olar óz ara tásirlespeydi?
3. Lenc qaǵıydasın sıpatlań.
4. Elektromagnitlik indukciya nızamın túsindirih.

### Másele sheshiw úlgisi

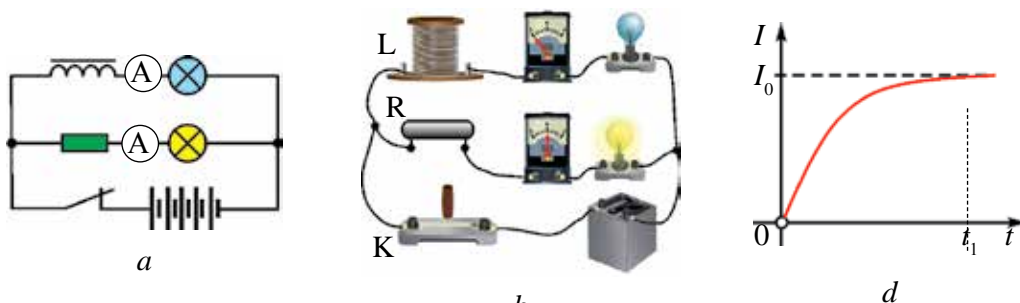
Ótkizgish saqıyna arqalı ótken magnit aǵımını 0,2 s dawamında 5 mWb qa ózgergen. Saqıyna 0,25  $\Omega$  elektr qarsılıǵına iye bolsa, saqıynada qanday indukciyalıq tok payda boladı?

Berilgen:	Formulasi:	Sheshiliwi:
$\Delta t = 0,2 \text{ s}$	$\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$	$I = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{0,25 \cdot 0,2} \text{ A} = 0,1 \text{ A.}$
$\Delta\Phi = 5 \text{ m Wb} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ Wb}$	$I = \frac{\mathcal{E}_i}{R} = -\frac{\Delta\Phi}{R \cdot \Delta t}$	<i>Juwabi: <math>I = 0,1 \text{ A.}</math></i>
$R = 0,25 \ \Omega$		
Tabiiw kerek: $I = ?$	$[I] = \frac{\text{Wb}}{\Omega \cdot \text{s}} = \text{A}$	

## 8-tema. ÖZLIK INDUKCIYA QUBİLİSİ. ÖZLIK INDUKCIYA EJK. INDUKTIVLIK

Hár qanday konturdan ótip atırǵan tok usı konturdı kesip ótiwshi magnit aǵımın payda etedi. Eger konturdan ótip atırǵan tok ózgerse, ol payda etken magnit aǵımı da ózgeredi. Nátiyjede konturda indukciyalıq EJK payda boladı. Bul qubılıs **özlik indukciya qubılısı** dep ataladı.

Özlik indukciya qubılısın baqlaw mümkin bolǵan elektr shınjırıtı 2.3-a súwrette keltirilgen. Shınjır eki birdey lampa,  $R$  qarsılıq, kóp oramlı katushka, gilt hám tok dereginen ibarat. Lampalardıń biri ishinde temir yadrosı bolǵan katushka arqalı, ekinshisi  $R$  qarsılıq arqalı tok deregine jalǵanǵan. Gilt jalǵanǵanda katushka arqalı shınjırǵa jalǵanǵan lampa biraz keshigip, al  $R$  qarsılıq arqalı jalǵanǵan ekinshi lampa, gilt jalǵanıwdan janǵanlıǵın köremiz (2.3-b súwret). Sebebi, gilt jalǵanǵan waqıtta-aq katushkadan ótip atırǵan tok kúshi  $t_1$  waqıt ishinde nolden  $I_0$  ǵa shekem ózgeredi (2.3-d súwret).



2.3-súwret.

Bul dáwirde katushkada tok deregin payda etken tokqa kerí baǵdarlangan ózlik indukciya toki júzege keledi. Bul birinshi lampanıń keshirek janıwına sebep boladı.

Dál sonday, gilt úzilgende de ekinshi lampa sol zamatta-aq óship, biraq birinshi lampa áste gúńgirtlenip óshedi.

Toktıń payda etken magnit maydanı magnit aǵımı menen sıpatlanadı. Katushka ishindegi payda bolǵan magnit aǵımı qanday fizikalıq shamalarǵa baylanıslı boladı?

Tájiriybelerdiń kórsetiwinshe, katushka ishinde payda bolǵan magnit aǵımı: *birinshiden*, katushkada payda bolǵan magnit aǵımı onnan ótip atırǵan tok kúshine tuwrı proporcional, yaǵnıy:

$$\Phi \sim I,$$

*ekinshiden*, katushkada payda bolǵan magnit aǵımı katushkanıń geometriyalıq ólshemlerine (oramlar sanı, kese kesim maydanı, uzınlıǵı) hám yadrosı bar ekenligine baylanıslı eken.

Bul tájiriybeler nátiyjesin ulıwmalastırıp, tómendegi juwmaqqa kelemiz: tokli ótkizgishtiń payda etken magnit aǵımı onnan ótip atırǵan tok kúshine hám katushkanıń parametrlerine de baylanıslı boladı, yaǵnıy:

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

bunda:  $L$ —katushkanıń geometriyalıq ólshemlerine hám katushka jaylasqan ortalıqtıń magnit qásiyetlerine baylanıslı bolǵan proporcionallıq koefficienti bolıp, ol katushkanıń induktivligi delinedi.

XBSda induktivlik birligin ózlik indukciya qubılısın birinshi bolıp baqlaǵan Amerika alımı J. Henri húrmetine *henri* (H) qabıl etilgen.

(2-3) ańlatpa boyınsha katushkada payda bolǵan ózlik indukciya elektr júrgiziwshi kúshiniń ańlatpasın tómendegishe jazamız:

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

bul ańlatpadan tómendegi juwmaq kelip shıǵadı: **ózlik indukciya elektr júritiwshi kúshiniń shaması konturdaǵı tok kúshiniń ózgeriw tezligine ( $\frac{\Delta I}{\Delta t}$ ) tuwrı proporcional boladı.**

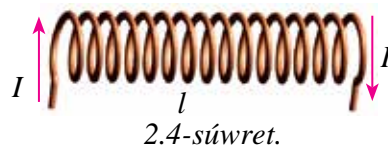
(2-4) teńlikten induktivliktiń (yaki ózlik indukciya koefficientiniń) tómendegi fizikalıq mánisi hám birligi kelip shıǵadı: **tok kúshiniń ózgeriw**

**tezligi  $1\frac{A}{s}$  bolǵanda konturda bir volt ózlik indukciya EJK júzege kelse,**

**konturdiń induktivligi 1 H qa teń boladı, yaǵnıy:**

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

Uzunligi  $l$ , kese kesim maydani  $S$ , oramlar sani  $N$  bolgan uzun katushka yaki solenoid (2.4-súwret) delinedi. Oniń induktivligi tómendegi ańlatpa járdeminde aniqlanadı:



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

Bunda:  $\mu_0$  – coefficient vakuumniń magnit turaqlısı bolıp, oniń san mánisi  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{N}}{\text{A}^2}$  ğa teń.  $\mu$  – solenoid ishindegi ortalıqtıń magnit sińdiriwsheńligi (zattıń magnit sińdiriwsheńligi haqqında keyingi temada tolıq toqtalamız).

Ózlik indukciya qubılısın mexanikadağı inerciya qubılısına uqsatıw múmkin. Inerciya qubılısında deneniń massası qanday áhmiyetke iye bolsa, ózlik indukciya qubılısında induktivlik te sonday áhmiyetke iye. Yaǵnıy, massa qansha úlken bolsa, dene sonsha inertlirek; induktivlik qansha úlken bolsa, shınjırdağı tok ózgeriwi sonsha áste (inert) boladı. Joqarıda kórip ótken misaldağı katushkaǵa izbe-iz jalǵanǵan lampanıń janıwı hám óshiwiniń áste-aqırın júz beriw procesin, inertlirek deneniń ornınan áste qozǵalıwı hám oniń toqtawı birden ámelge aspawı menen salıstırıw múmkin.



1. Qanday qubılısqa ózlik indukciya qubılısı delinedi?
2. Ózlik indukciya qubılısı baqlanatuǵın shınjırdı sıızıp, onı túsindirih.
3. Ózlik indukciya coefficientiniń birligi degenimiz ne?
4. Ózlik indukciya EJKniń ańlatpasın jazıń hám onı túsindirih.



### Másele sheshiw úlgisi

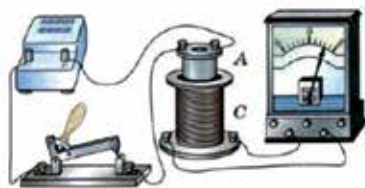
Katushkadağı tok 0,2 s dawamında nolden 3 A ға shekem tegis ózgergende 1,5 V ózlik indukciya EJK payda bolsa, katushkanıń induktivligi qanshağa teń?

Berilgen:	Formulası:	Sheshiliwi:
$\Delta t = 0,2 \text{ s}$ $\Delta I = 3 \text{ A}$ $\mathcal{E}_{ind.} = 1,5 \text{ V}$	$\mathcal{E}_{ind.} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$	$L = \frac{1,5 \text{ V} \cdot 0,2 \text{ s}}{3 \text{ A}} = 0,1 \text{ H.}$
Tabıw kerek: $L = ?$	$ L  = \frac{\mathcal{E}_{ind.} \cdot \Delta t}{\Delta I}$	Juwabi: $L = 0,1 \text{ H.}$

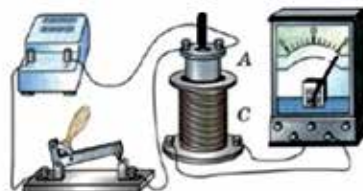
## 9-tema. ZATLARDIŃ MAGNITLIK QÁSIYETLERI

Kóplegen (máselen, temir, nikel, kobalt sıyaqlı) zatlar magnit maydanına kirgizilgende yaki olardan tok ótkende magnitlenip qalıwı baqlanadı. Olar magnit sıyaqlı átirapında magnit maydanın payda etedi. Magnit maydanı tásirinde magnitlenip qalatuğın bunday zatlarğa **magnetikler** delinedi.

Biz 2-temada katushka ishinde payda bolğan magnit maydanı katushkadan ótip atırğan tok kúshine proporcional ekenligin kórip ótkenbiz. Katushka ishindegi magnit maydanın bahalaw maqsetinde tómendegi kórsetilgen tájiriybenni ótkeriw múmkin. Kórsetilgen qurılmanıń ulıwma kórinisi 2.5-a súwrette keltirilgen. Kórsetilgen qurılmanıń tok deregi, eki katushka, túrli zattan jasalğan yadrolar, ampermetr hám giltten ibarat.



a



b

2.5-súwret

Katushkağa kernewdi ózgerpesten, onıń ishine gezekpe-gezek hár túrli tabiyatlı metall yadrolar kirgizilip tájiriybe tákirarlansa, onıń ishindegi magnit maydan indukciyasınıń da hár túrli ózgeriwi sebepli galvanometr strelkası qıyalıgınıń hár túrli ózgeriwin kóremiz (2.5-b súwret).

Katushka ishinde payda bolip atirgan magnet maydani indukciyasi o'gan kirgizilgen zattin tabiyatiga baylanisli eken, ya'ni:

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

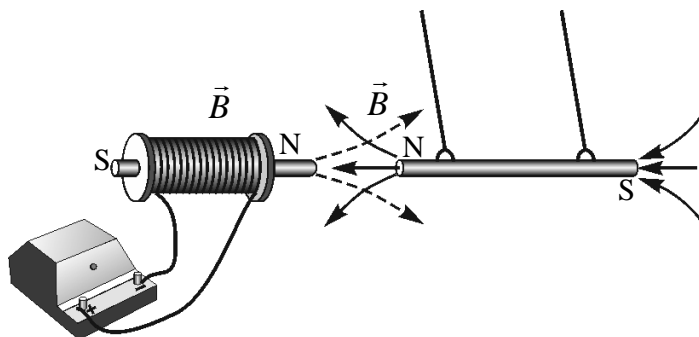
Demek, tokli katushkanin qanday da bir ortalıqta payda etken magnet maydaniin indukciyasi ( $B$ ), onin vakuumda payda etken magnet maydani indukciyasi ( $B_0$ ) na tuvri proporcional bolip, ortalıqtin turine ( $\mu$ ) de baylanisli boladi. (2-6) a'natpadan  $\mu$  di tapsaq:

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

Bul te'niktegi  $\mu$  – ortalıqtin magnet sindirivshe'nligi dep ataladi. Ol tek ortalıqtin tabiyatiga baylanisli bolip, ortalıqtagi maydan indukciyasi, vakuumdagı magnet maydani indukciyasidan neshe ese pariqlanatu'gının bildiredi.

Tabiyatta ushırasatu'gın barlıq zatlar magnet sindirivshe'nligine qarap ush turge bolinedi. Bular: **diamagnetikler, paramagnetikler hám ferromagnetikler.**

Magnet sindirivshe'nligi birden kishi ( $\mu < 1$ ) bolgan zatlarğa diamagnetikler delinedi. Altın, gúmis, mis, cink hám ayırım gazlar diamagnetikler esaplanadi. Magnet maydanına kirgizilgen diamagnetikler onı páseytedi. Bunday zatlarğa magnet maydani jaqınlastırılğanda maydandan uzaqlasadi (2.6-súwret).



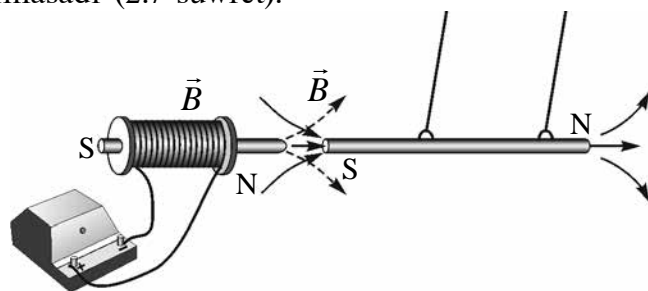
2.6-súwret.

Magnet sindirivshe'nligi birden biraz úlken ( $\mu > 1$ ) bolgan zatlarğa **paramagnetikler** delinedi.

Paramagnetiklerge platina, alyuminiy, xrom, marganec, kislorod sıyaqlı zatlar kiredi. Magnet maydanına kirgizilgen paramagnetikler maydandı belgili dárejede kúsheytedi.

Magnit siñdiriwshenligi birden jüdä joqarı ( $\mu \gg 1$ ) bolğan zatlar **ferromagnetikler** delinedi. Temir, nikel, kobalt hám olardıń ayırım aralaspaları ferromagnetikler esaplanadı. Magnit maydanına kirgizilgen ferromagnetikler onı kúsheytedi.

Bunday zatlardan jasalğan deneler magnit maydanına kirgizilgende maydanğa jaqınlasadı (2.7-súwret).



2.7-súwret.

Ferromagnetikler tabiyatta onsha kóp bolmasa da, olar házirgi zaman texnikasında keń qollanılıdı. Máselen, transformator, tok generatorı, elektrodvigatel hám basqa qurılımlardıń yadroları ferromagnit materiallardan jasaladı. Keyingi waqıtları turaqlı magnitler medicinada da keń qollanılıp kelmekte. Olardan qan basımın túsiriwshi maslama sıpatında qolğa tağılatuğın bilezik tayarlanbaqta.



1. Magnetikler dep nege ayıladı?
2. Magnit siñdiriwshenliktiń fizikalıq mánisin túsindirih.
3. Tabiyattağı zatlar magnit siñdiriwshenligine qarap qanday túrlerge bölinedi?
4. Ferromagnetiklerdiń texnikada qollanıwına baylanış mısallar keltirih.

### Másele sheshiw úlgisi

Magnit maydanı indukciyası 0,50 T bolğan yadrosız katushkağa magnit siñdiriwshenligi 60 qa teń bolğan ferromagnit kirgizildi. Katushka ishinde magnit maydanı indukciyası qanshağa ózgeredi?

Berilgen:	Formulası:	Sheshiliwi:
$B_0 = 0,50 \text{ T}$	$B = \mu \cdot B_0$	$\Delta B = (60 \cdot 0,5 - 0,5) \text{ T} = (30 - 0,5) \text{ T} = 29,5 \text{ T}$
$\mu = 60$		
Tabiw kerek:	$\Delta B = \mu \cdot B_0 - B_0$	<i>Juwabi:</i> $\Delta B = 29,5 \text{ T}$
$\Delta B = ?$		

## 10-tema. MAGNIT MAYDANININ ENERGIYASI

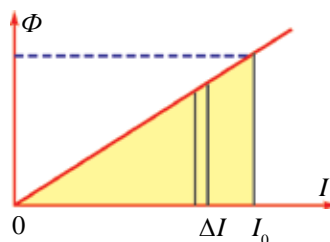
Zaryadlangan dene elektr maydani energiyasina iye bolgan siyaqli, tokli otkizgishni atirapında payda bolgan magnit maydani da energiyağa iye boladi. Magnit maydaniın energiyasın esaplawdı tómendegi mısalda kórip shıgamız. Induktivligi  $L$  bolgan katushka tok dereğine reostat arqalı izbe-iz jalangan bolsın (2.8-súwret).

Katushkadan ótip atirgan tok energiyasınıń bir bólimi onda magnit maydaniın payda etiwge jumsaladı. Energiyanıń saqlanıw nızamı boyınsha, tok payda etken energiya magnit indukciya ağımın payda etiw ushın jumsalğan jumısına teń bolatuǵının bildiredi, yaǵnıy:

$$W = A.$$



2.8-súwret.



2.9-súwret.

Reostat jılıǵışın jılıstırıp, katushkadan ótip atirgan toktı tegis óshiremiz. Katushkada payda bolgan magnit aǵımı ( $\Phi = L \cdot I$ ) onnan ótip atirgan tokqa tuwrı proporcional, yaǵnıy tok kóbeygen sayın magnit aǵımı da sıziqlı artıp baradı (2.9-súwret). Sızılmada keltirilgen úshmúyeshlik maydaniın geometriyalıq mánisi atqarılğan jumıstı túsindiredi. Bul maydaniın san mánisi:

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

Ol jaǵdayda tokli otkizgish atirapında payda bolgan magnit maydani energiyasın esaplaw formulası tómendegi kóriniske keledi:

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

Demek, tokli konturdıń magnit maydani energiyası onıń induktivligi menen konturdan ótip atirgan tok kúshi kvadrati kóbeymesiniń yarımına teń eken.

(2-9)den kórinip turǵanıday, toktıń magnit maydan energiyasınıń ańlatpasın qozǵalıstaǵı deneniń kinetikalıq energiyası  $\left( E_k = \frac{m \cdot v^2}{2} \right)$

añlatpası menen salıstırıp, induktivliktiñ mexanikadağı massağa uqsas fizikalıq shama ekenligin köremiz. Joqarıda ayılğanınday, mexanikada dene massası onıñ tezligin özlestiriwde qanday rol oynasa, induktivlik te konturda tok küshiniñ özgeriwinde sonday rol oynaydı.

Elektromagnittiñ tiykarın solenoid katushkası quraydı. Solenoidtiñ ishine kirgizilgen ferromagnit yadrosı onıñ induktivligin keskin asıradı. Nátiyjede elektromagnit katushka átirapında magnit maydanı da kúsheydi hám ol awır júklerdi arqayın kóteredi.

Tokli katushkanıñ átirapındağı magnit maydanı payda bolıwına tiykarlanıp, júklerdi kótere alatuğın elektromagnit kranlar xalıq xojalıgınıñ túrli tarawlarında keñ qollanılmaqta (2.10-súwret).



2.10-súwret.



1. Katushkadan ótip atırğan tok energiyası jumsalıwın túsindirih.
2. Katushkada payda bolğan magnit ağımı qanday shamalarğa baylanıslı?
3. Magnit maydanı energiyasın túsindirih.
4. Magnit maydanı energiyası esabınan isleytuğın qanday qurılmalardı bilesiz?

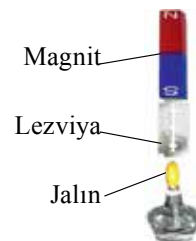
### Másele sheshiw úlgisi

Magnit maydanınıñ energiyası 4 mDj bolıwı ushın, induktivligi 0,2 H bolğan katushka oramındağı tok küshi qansha bolıwı lazım?

Berilgen:	Formulası:	Sheshiliwi:
$W=4 \text{ mDj}=4 \cdot 10^{-3} \text{ Dj}$ $L=0,2 \text{ H}$	$W = \frac{L \cdot I^2}{2}$	$I = \sqrt{\frac{2 \cdot 4 \cdot 10^{-3}}{0,2}} = 0,2 \text{ A.}$  Juwabi: $I=0,2 \text{ A.}$
Tabıw kerek: $I=?$	$I = \sqrt{\frac{2 \cdot W}{L}}$	
	$[I] = \sqrt{\frac{\text{Dj}}{\text{H}}} = \text{A}$	



**Ámeliy tapsırma.** Bul tájiriybelerdi ózińiz ótkerip kóriń hám júz berip atırǵan fizikalıq procesti túsindirıń.



## 2-shınıǵıw.

1. Konturdı kesip ótiwshi magnit aǵımı 0,4 s ishinde 5 Wb tan 13 Wb qa shekem tegis ózgerdi. Konturda payda bolǵan indukciya EJKin tabıń. (*Juwabi:* 20 V).

2. 250 oramǵa iye bolǵan katushka ishinde magnit aǵımı 0,4 s ta 2 Wb qa ózgerdi. Katushkada payda bolǵan indukciya EJKin tabıń. (*Juwabi:* 1250 V).

3. Magnit aǵımınıń ózgeriw tezligi 0,15 Wb/s bolǵanda, katushkada 120 V (EJK) payda bolsa, katushkadaǵı oramlar sanı neshew bolǵan? (*Juwabi:* 800).

4. Tok kúshi 0,6 A bolǵanda induktivligi 80 mH bolǵan katushkada qanday magnit aǵımı júzege keledi? (*Juwabi:* 48 mW).

5. Induktivligi 0,8 H hám kese kesim maydanı 200 cm<sup>2</sup> bolǵan katushka arqalı 2 A tok ótpekte. Eger katushka 50 oramnıan quralǵan bolsa, onıń ishindegi magnit maydanı indukciyası qanday? (*Juwabi:* 1,6 T)

6. Induktivligi 2 H bolǵan katushkada ózlik indukciya EJKniń mánisi 36 V bolıwı ushın katushkadan ótip atırǵan toktıń ózgeriw tezligi qanday bolıwı kerek? (*Juwabi:* 18 A/s).

7. Yadrosız katushkadaǵı magnit maydanı indukciyası 25 mT ǵa teń. Eger katushka ishine magnit sińdiriwsheńligi 60 bolǵan ferromagnit yadrosı kirgizilse, katushkadaǵı magnit maydanı indukciyası qanday boladı? (*Juwabi:* 1,5 T).

8. Tokli katushkadaǵı magnit maydanı indukciyası 20 mT ǵa teń. Katushka ishine ferromagnit ózegi kirgizilgende onda payda bolǵan magnit maydanı indukciyası 180 mT ǵa artqan bolsa, katushkaǵa túsirilgen yadronıń magnit sińdiriwsheńligi nege teń? (*Juwabi:* 10).

9. Radiusı 2 cm bolǵan katushkadan 3 A tok ótpekte. Katushka ishine magnit sińdiriwsheńligi 20 bolǵan ferromagnit ózegi kirgizilse, katushka

ishidagi magnit maydani indukciyasi qanday boladi? Katushkadağı oramlar sanı 150 ge teń. (*Juwabi:* 0,28 T).

10. Solenoidtan 2,5 A tok ótkende, onda 0,8 mWb magnit ağımı payda bolsa, magnit maydani energiyasın anıqlań (*Juwabi:* 2,5 mDj).

11. Induktivligi 5 mH bolğan katushkadan 0,4 A tok ótpekte. Katushkanıń magnit maydanınıń energiyasın tabıń. (*Juwabi:* 4 mDj).

12. Katushkadan 3 A tok ótkende onıń magnit maydan energiyası 60 mDj ға teń bolsa, katushka induktivligi nege teń boladı? (*Juwabi:* 90 mH).

## II BAPTÍ JUWMAQLAW BOYÍNSHA TEST SORAWLARÍ

1. Elektromagnit indukciya qubılısın kim oylap tapqan?  
 A) Amper;                      B) Ersted;                      C) Faradey;                      D) Lenc.
2. Indukciya EJKniń birligin kórsetiń.  
 A) T/s;                      B) Wb/s;                      C) H;                      D) A/s.
3. Indukciyalıq toktıń bağıtı kim tárepinen anıqlanğan?  
 A) Amper;                      B) Ersted;                      C) Maksvel;                      D) Lenc.
4. Katushkadağı oramlar sanı 4 ese artsa, ondağı indukciyalıq EJK qalay ózgeredi?  
 A) 2 ese artadı;                      B) 4 ese artadı;  
 C) 4 ese kemeyedi;                      D) 2 ese kemeyedi.
5. Konturdan ótip atırğan magnit ağımı 0,3 s dawamında 15 ten 12 Wb qa shekem tegis kemeygen bolsa, konturda payda bolğan indukciya EJK nı tabıń (V).  
 A) 10;                      B) 9;                      C) 4,5;                      D) 5.
6. 150 oramğa iye bolğan katushkadağı magnit ağımı 0,5 s da 15 mWb qa ózgergen bolsa, onda indukciyalanğan EJKin anıqlań (V).  
 A)10;                      B) 5;                      C) 9;                      D) 4,5.
7. Magnit ağımınıń ózgeriw tezligi 120 mWb/s bolğanda, katushkada 30 V EJK payda bolsa, katushkadağı oramlar sanı nege teń?  
 A) 200;                      B) 250;                      C) 400;                      D) 500.
8. Katushkadağı tok 0,4 s ishinde 5 A ge ózgergende, 15 V ózlik indukciya EJK payda boldı. Katushka induktivligi nege teń (H)?  
 A) 1,2;                      B) 2,5;                      C) 4;                      D) 1,5.
9. Tok kúshi 0,8 A bolğanda katushkada payda bolğan magnit ağımı 240 mWb qa teń. Katushka induktivligi nege teń (H)?  
 A) 1,2;                      B) 0,4;                      C) 0,3;                      D) 0,5.

10. Paramagnit zatlardıń magnit sińdiriwsheńligi qanday boladı?  
 A)  $\mu > 1$ ;                      B)  $\mu \gg 1$ ;                      C)  $\mu < 1$ ;                      D)  $\mu = 1$ .
11. Katushkağa kirgizilgen ferromagnit yadrosı qanday wazıypanı atqaradı?  
 A) magnit maydanın kúsheytedi;                      B) elektr maydanın kúsheytedi;  
 C) elektr maydanın paseytedi;                      D) magnit maydanın páseytedi.
12. Magnit maydanı indukciyası 80 mT bolğan yadrosız katushkağa magnit sińdiriwsheńligi 25 ke teń bolğan ferromagnit yadrosı kirgizildi. Katushkada magnit maydanı indukciyası qansha boladı (T)?  
 A) 1,2;                      B) 4;                      C) 2;                      D) 3,6.
13. Qarsılıǵı 0,04  $\Omega$  bolğan kontur arqalı ótiwshi magnit aǵımı 0,6 s ta 0,012 Wb ǵa ózgergende, konturda payda bolğan tok kúshin tabıń (A).  
 A) 0,5;                      B) 1,5;                      C) 3;                      D) 0,4.
14. Induktivligi 30 mH bolğan katushkadan 0,8 A tok ótpekte. Katushka magnit maydanınıń energiyasın esaplań (mDj).  
 A) 1,2;                      B) 4;                      C) 2;                      D) 9,6.
15. Katushkadan 2 A tok ótkende onıń magnit maydanı energiyası 40 mDj ǵa teń bolsa, katushka induktivligi nege teń (mH)?  
 A) 20;                      B) 40;                      C) 25;                      D) 10.

**II bapta úyrenilgen eń áhmiyetli túsiniq,  
 qaǵıyda hám nızamlar**

Elektromagnit indukciya qubılısı	Magnit aǵımınıń ózgeriwi sebepli usı maydanda jaylasqan tuyıq konturda tok payda bolıwı procesi.
Indukciyalıq tok	Tuyıq konturdı kesip ótip atırǵan magnitlik aǵımı ózgergende onda payda bolǵan elektr toki.
Elektromagnit indukciya nızamı	Jabıq konturda payda bolǵan elektromagnit indukciya EJK, san mánisi jaǵınan usı konturdı kesip ótken magnit aǵımı ózgeriwine teń hám belgisi jaǵınan onǵa qarama-qarsı esaplanadı: $\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ .
Lenc qaǵıydası	Tuyıq konturda payda bolǵan indukciyalıq tok sonday baǵdarlangan bolıp, ol óziniń magnit maydanı menen usı toktı payda etip atırǵan magnit aǵımınıń ózgeriwine qarsılıq kórsetedi.



Tokli ótkizgish payda etken magnit aǵımı	Tokli ótkizgishtiń payda etken magnit aǵımı ( $\Phi$ ) onnan ótip atırǵan tok kúshine hám ótkizgishtiń induktivligi ( $L$ ) ge baylanıslı: $\Phi=L \cdot I$ .
Induktivlik birligi	Tok kúshiniń ózgeriw tezligi $1\frac{A}{s}$ bolǵanda, konturda bir volt ózlik indukciya EJK júzege kelse, konturdıń induktivligi 1 H qa teń boladı.
Ózlik indukciya EJK	$\mathcal{E}=-\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=-L\frac{\Delta I}{\Delta t}$ <p>ózlik indukciya elektr júritiwshi kúshiniń shaması konturdaǵı (<math>\frac{\Delta I}{\Delta t}</math>) tok kúshiniń ózgeriw tezligine tuwrı proporcional boladı.</p>
Magnetikler	Sırtqı magnit maydanı tásirinde magnitlenip qalıwshı zatlar.
Magnit sińdiriwsheńlik	Ortalıqtıń tábiyatına baylanıslı bolıp, ortalıq hám vakuumdıǵı magnit maydanı indukciyalarınınıń qatnasın bildiredi.
Diamagnetikler	Magnit sińdiriwsheńligi birden kishi ( $\mu < 1$ ) bolǵan zatlar.
Paramagnetikler	Magnit sińdiriwsheńligi birden biraz úlken ( $\mu > 1$ ) bolǵan zatlar.
Ferromagnetikler	Magnit sińdiriwsheńligi birden júdá úlken ( $\mu \gg 1$ ) bolǵan zatlar. Olar maydandı kúsheytiw qásiyetine iye.
Magnit maydanı energiyası	$W=\frac{L \cdot I^2}{2}$ <p>toktıń magnit maydanı energiyası, konturdıń induktivligi menen onnan ótip atırǵan tok kúshi kvadratı kóbeymesiniń yarımına teń.</p>

## III bap. ELEKTROMAGNITLIK TERBELISLER

### KIRISIW

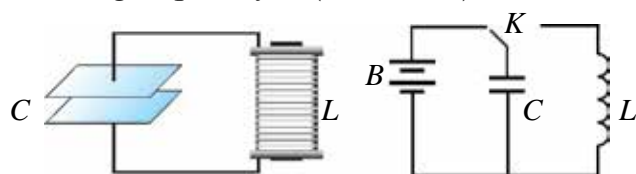
Biz janajan respublikamızdın túrli qala hám awıllarında jasaymız. Olar paytaxttan júzlegen hám mińlağan kilometr uzaqlıqta jaylasqan. Olar bir-birinen sonshelli uzaqta jaylasqanlıǵına qaramastan bir-birimizdın tabıslarımızdan mudamı xabardarmız. Sonıń menen birge pútkil dúnyada bolıp atırǵan waqıyalardan da xabardar bolıp turamız. Bul xabarlardı biz hár kúni kóretuǵın televizor, esitetuǵın radio, sóylesetuǵın telefon arqalı kóbirek bilemiz. Solay eken, bul xabarlardı dúnyanıń túrli orınlarınan televizorımızǵa, radiopriyomnikke, uyalı telefonımızǵa ne alıp keledi?

Sóz, ses, kórinis yaki basqa xabarlardı uzaq aralıqlarǵa elektromagnit signalları kórinisinde uzatıwǵa **telekommunikaciya** delinedi. Xabarlardı elektr signalları kórinisinde ótkizgishler járdeminde jetkerip beriwdi 1837-jılı ingliz alımları U. Kuk hám Ch. Uistonlar oylap tapqan edi. Negizgi kásibi súwretshi bolǵan amerikalı S. Morze xabardı arnawlı noqat hám tirelerden ibarat alfavit arqalı uzatıwdı oylap tabadı. Bul usıl sońın ala pútkil dúnya boylap qollanıla basladı. 1876-jılı A.G. Bell telefondı oylap tabadı. Házir úylerimizge hám túrli mákemelerge jalǵanǵan telefonlar stanciya menen metall ótkizgishler arqalı jalǵanǵan bolsa, qalalar aralıq hám mámleketler aralıq telefon stanciyaları optik talshıqlı kabeller menen jalǵanǵan. Bunday kabeller arqalı xabarlar lazer nurı járdeminde uzatıladı. Bir jup kabel arqalı bir waqıttıń ózinde 6000 telefon abonentleri sóylesiwi múmkin. Bunnan tısqarı, biziń radiopriyomniklerimiz hám televizorlarımız sımsız halda xabarlardı aladı. Qol telefonlarımız arqalı sımsız xabar almasamız. Bul xabarlar elektromagnit tolqınlar járdeminde tasıladı eken.

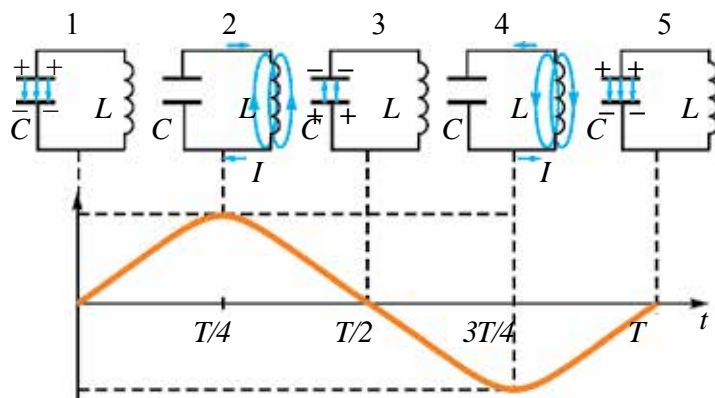
Xabarlar arqalı kelgen kórinis hám sesler televizor, radiopriyomnik hám qol telefonlarımızda qalay payda boladı? Bul sorawlarǵa usı bapta Siz áziz oqıwshılar juwap tabasız.

## 11-tema. ERKIN ELEKTROMAGNITLIK TERBELISLER (TERBELIS KONTURÍ). TERBELIS KONTURÍANDA ENERGIYANÍŃ ÓZGERIWI

Ápiwayı elektromagnit terbelislerdi kondensator hám induktiv katushkadan ibarat bolǵan elektr shınjırında payda etiw múmkin. Kondensator, induktiv katushka, turaqlı tok deregi hám úzip-jalǵaǵısthan ibarat elektr shınjırın dúzeyik (3.1-súwret). Bunda ápiwayılastırıw ushın shınjırdıń elektr qarsılıǵın esapqa almaymız. Úzip-jalǵaǵısh shep tárepke jalǵanganda  $C$  kondensator qaplamaları batareyadan zaryadlanıp aladı. Bunda kondensator qaplamaları arasında energiyası maksimal bolǵan  $W_e = \frac{q_m^2}{2C}$  elektr maydanı payda boladı. Sońınan úzip-jalǵaǵıshtı oń tárepke jalǵaymız, bul jaǵdayda zaryadlangan kondensator  $L$  katushka menen jalǵanadı. Keyingi baratuǵın procesti tolıǵıraq kóreyik (3.2-súwret).



3.1-súwret.



3.2-súwret.

Kondensatordıń jıqarǵı qaplaması oń, tómeni qaplaması teris belgide zaryadlangan bolǵanlıqtan tok deregi bolıp qaladı (1-halat). Nıtiyjede kondensatordıń oń qaplamasınan, induktiv katushka arqalı teris qaplamasına qarap zaryadlardıń kóshiwi, yaǵnıy tok payda boladı. Bul tok átirapında magnit maydanı payda boladı. Bul tok,

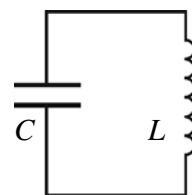
katushkanıń induktivligi sebepli áste-aqırın kóbeyip, óziniń maksimal mánisine erisedi (súwrettegi grafikke qarań). Katushkadan ótip atırǵan tok átirapında payda bolǵan magnit maydanı da ósiwshi boladı (2-halat). Bul jaǵdayda kondensator qaplamaları arasındaǵı elektr maydanı energiyası nolge shekem kemeyedi. Katushka átirapındaǵı magnit maydanı energiyası artıp barıp, óziniń maksimal  $W_m = \frac{LI_m^2}{2}$  mánisine erisedi. Aldıńǵı temalardan belgili bolǵanıday, elektromagnit indukciya qubılısı boyınsha, ózgermeli magnit maydanında jaylasqan katushkada indukciyalıq kernew payda boladı. Tok kúshi kemeyip barıp, indukciyalıq kernew kondensatordı dáslepkesine qaraǵanda kerı belgide zaryadlaydı (3-halat). Zaryadlanǵan kondensator jáne induktiv katushka arqalı tok payda etedi (4-halat). Bul tok ta ósiwshi bolıp, onıń payda etken magnit maydanı katushkada indukciyalıq kernew payda etedi. Tok kemeye barıp, indukciyalıq kernew, kondensatordı qayta zaryadlaydı (5-halat). 5-halat hám 1-halatlarda kondensator zaryadı belgileri birdey. Demek, keyingi procesler aldınday izbe-izlikte dawam etedi.

Kórip ótilgen proceslerden tómendegi juwmaqlardı shıǵaramız:

1. Kondensator hám induktiv katushkadan ibarat shınjırda, bir márte turaqlı tok dereginen kondensatorǵa berilgen zaryad, tuyıq shınjırda ózgermeli toktı payda etedi.

2. Dáslep derekten alınǵan energiya kondensator qaplamaları aralıǵında elektr maydanı energiyası sıpatında toplansa, keyin ala katushka átirapındaǵı magnit maydanı energiyasına aylanadı. Sońınan magnit maydanı energiyası, elektr maydanı energiyasına hám t.b. dáwirli ráwishte aylanıp turadı.

10-klasta hár qanday tákirarlanıwshı proceske terbelis delinetuǵını ayılǵan edi. Demek, kondensator hám katushkadan ibarat shınjırdaǵı proces te terbelmeli xarakterge iye. Ol **elektromagnit terbelisler** delinedi. Elektromagnit terbelisler payda bolıp atırǵan katushka (L) hám kondensator (C)dan ibarat tuyıq shınjır **terbelis konturı** dep ataladı (3.3-súwret).



3.3-súwret.

Terbelis konturında payda bolıp atırǵan elektromagnit terbelisler dáwiri (jiyiligi)n anıqlaw formulası ingliz fizigi U. Tomson tárepinen anıqlanǵan.

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

Bunda:  $T$  – terbelisler dáwiri sekunlarda,  $\nu$  – terbelisler jiyiligi  $\frac{1}{s} = 1 \text{ Hz}$  da ólshenedi.

Elektromagnit terbelisler jüz berip atırǵanda konturda dáwirli ráwishte elektr maydanı energiyası, magnit maydanı energiyasına hám kerisinshe aylanadı eken. Ideal terbelis konturında energiya sarıplanbaǵanlıǵı sebepli terbelisler sónbeydi. Toliq energiya saqlanıp qaladı hám onıń mánisi qálegen waqıtta tómendegige teń boladı:

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

Bunda:  $L$  – katushkanıń induktivligi,  $C$  – kondensator sıyımlılıǵı,  $i$  hám  $I_m$  – tok kúshiniń sáykes ráwishte bir zamatlıq hám maksimal mánisleri,  $q$  hám  $q_m$  – kondensatordaǵı zaryadtıń sáykes ráwishte bir zamatlıq hám maksimal mánisleri.

Terbelis konturında kondensatordaǵı elektr maydanı energiyasınıń katushkadaǵı magnit maydanı energiyasına hám kerisinshe, katushkadaǵı magnit maydanı energiyası kondensatordaǵı elektr maydanı energiyasına aylanıp turıwı qubılısın 10-klasta qaralǵan prujinalı mayatnikte sozılǵan prujina potencial energiyasınıń, júktiń kinetikalıq energiyasına hám kerisinshe aylanıp turıwına salıstırıw múmkin. Sonlıqtan, mexanikalıq hám elektr terbelisleriniń parametrleri arasındaqı uqsaslıqtı tómendegi kestede keltiremiz.

Mexanikalıq shamalar	Elektr shamaları
$x$ – koordinata	$q$ – zaryad
$v$ – tezlik	$i$ – tok kúshi
$m$ – massa	$L$ – induktivlik
$k$ – prujinanıń qattılıǵı	$1/C$ – sıyımlılıqqa kerı bolǵan shama
$kx^2/2$ – potencial energiya	$q^2/(2C)$ – elektr maydanı energiyası
$mv^2/2$ – kinetikalıq energiya	$Li^2/2$ – magnit maydanı energiyası

Atap ótiw lazım, elektromagnit hám mexanikalıq terbelisler túrli tabiyatqa iye bolsa da, uqsas teńlemeler menen ańlatıladı.

### **Másele sheshiw úlgisi**

1. Terbelis konturındaǵı kondensatordıń sıyımlılıǵı  $10^{-5} \text{ F}$ , katushkanıń induktivligi  $0,4 \text{ H}$ . Kondensatordaǵı maksimal kernew  $2 \text{ V}$  qa teń. Terbelis konturı jeke terbelisleri dáwiri hám konturdaǵı maksimal energiyanı tabıń.

Berilgen:	Formulasi:	Sheshiliwi:
$C=10^{-5} \text{ F}$ $L=0,4 \text{ H}$ $U=2 \text{ V}$	$T=2\pi \sqrt{LC}$ $W=\frac{q^2}{2C}=\frac{CU^2}{2}$	$T=2 \cdot 3,14 \sqrt{0,4 \cdot 10^{-5}} =$ $= 6,28 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ s} = 0,01256 \text{ s.}$ $W=\frac{10^{-5} \cdot 2^2}{2} \text{ Dj} = 20 \mu\text{Dj.}$
Tabiiy kerek: $T=?$ $W=?$		Juwabi: 0,01256 s, 20 $\mu\text{Dj}$ .



1. 3-3-súwrettegi halatta konturdağı energiya qay jerde jámlengen?
2. Terbelis konturında terbelisler qalay payda boladı?
3. Konturda payda bolip atırğan elektromagnitlik terbelisler jiyiligi katushkanıń induktivligine qalay baylanıshı?

## 12-tema. TERBELISLERDI GRAFIKALIQ RÁWISHTE SÚWRETLEW. SÓNIWSHI ELEKTROMAGNITLIK TERBELISLER

Biz kórip shıqqan terbelis konturında payda bolatuğın elektromagnitlik terbelisler payda etiw ushın dáslepki  $t_0=0$  waqıt momentinde kondensatorğa  $q_m$  zaryad berildi hám onnan keyin sistemağa sırttan hesh qanday tásir kórsetilmedi. *Sırtqı tásir bolmağan halda payda bolatuğın terbelisler erkin terbelisler* dep ataladı.

10-klasta úyrenilgen mexanikalıq terbelisler hám elektromagnitlik terbelisler teńlemeleriniń uqsashlıǵınan kondensatordağı zaryadtıń ózgeriwın tómendegishe jazamız:

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

$U = q / C$  ekenligi esapqa alınsa, kondensatordağı kernew ózgeriwi ushın

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

ańlatpanı alıw múmkin. Katushkadağı tok kúshi

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

nızamı boyınsha anıqlanadı.

Fizikalıq shamalardıń waqıt ótiwi menen sinus yaki cosinus nızamı boyınsha dáwirli ózgeriwi **garmonikalıq terbelisler** delinedi.

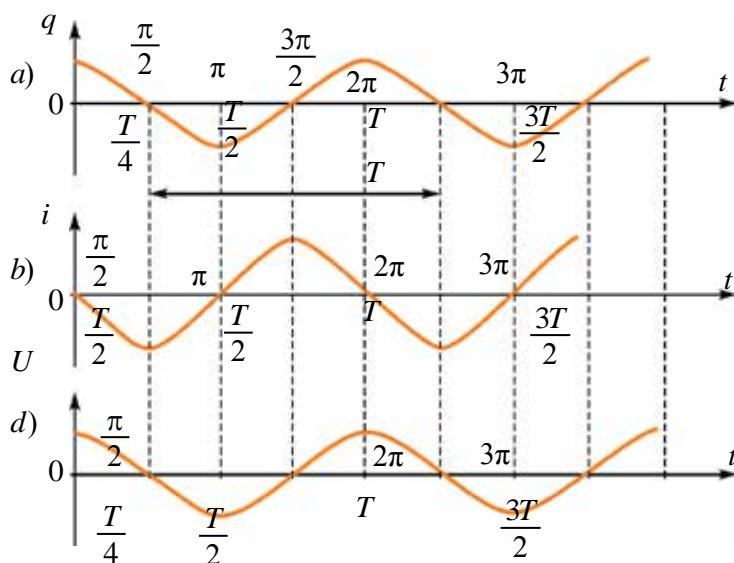
Terbelip atırǵan shamanıń eń úlken mánisi moduli **terbelis amplitudası** yaki **amplitudalı mánis** dep ataladı.

Mexanikalıq terbelislerde amplituda deneniń teń salmaqlıq halatınan eń úlken qıyalawına, al elektromagnit terbelislerde, kondensator qaplamalarındaǵı elektr zaryadınıń eń úlken mınisine ( $q_m$ ) teń.

Garmonikalıq terbelistegi shamalardıń waqıtqa baylanıslı ekenligin súwretlew ushın grafikalıq usıl qolaylı esaplanadı.

Elektromagnit terbelislerdiń zaryad, kernew hám tok kúshiniń waqıtqa baylanıslıq grafiklerin sızayıq. Bunıń ushın bul shamalardıń (3–3), (3–4) hám (3–5) teńlemelerinen paydalanamız. Bul teńlemeler salıstırıp kórilse, terbelisler bir-birinen fazalar awısıwına qarap parıqlanatuǵının kóriw múmkin.

Joqarıdaǵı teńlemelerdiń grafiklerin sızayıq. Abscissa kósheriniń astına dáwir bólsheklerinde ańlatılǵan waqıt, al ústine usıǵan sáykes keletuǵın terbelisler fazası qoyılǵan. Ordinata kósherine tiyisli  $q$ ,  $i$  hám  $U$  shamalar qoyılǵan (3.4-súwret).

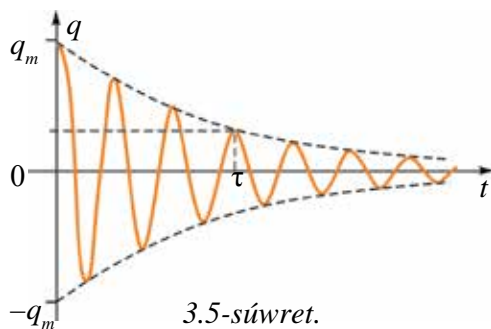


3.4-súwret.

Bul grafiklerde masshtab belgili bolsa, abscissa kósherinen dáwirdi (waqıtı), al ordinata kósherinen terbelip atırǵan shama amplitudasın yaki bir zamatlıq mánisin anıqlaw múmkin. Sonday-aq, fazalardıń awısıwların da grafiklerden salıstırıp tabıw múmkin. Máselen, kondensator qaplamalarındaǵı zaryad hám kernew maksimal bolǵan waqıtta, tok kúshi nolge teń.

Konturdağı tok kúshi terbelisleri faza boyınsha zaryad terbelislerinen  $\frac{\pi}{2}$  aldınğa ótip ketedi. Zaryad penen kernew birdey fazada ózgeredi.

Joqarıda aytilǵanıday, ideal terbelis konturında payda bolǵan terbelisler sónbeydi. Real konturda  $R$  nolge teń bolmaǵanlıqtan elektr energiyası jıllılıqqa aylanıp baradı hám terbelisler amplitudası waqıttıń ótiwi menen kemeyip baradı (3.5-súwret).



3.5-súwret.

Bunday terbelislerge *sóniwshi terbelisler* delinedi.

Atap ótiw lazım, konturdıń qarsılıǵı qanshelli úlken bolsa, onda  $Q = I^2 R t$  energiya sonshelli kóp sarıplanadı. Konturdıń qarsılıǵı artqan sayın terbelisler dáwiri de artıp baradı. Demek, sóniwshi terbelisler garmonikalıq bolmaydı eken.

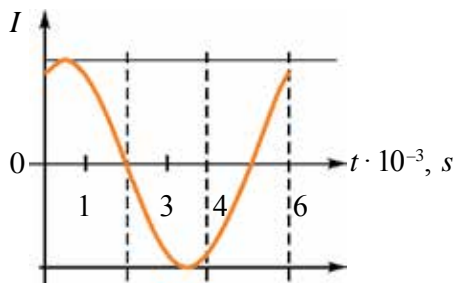
Sóniwshi terbelisler dáwirli bolmaǵan terbelislerge kiredi. Olardıń teńlemeleri differencial teńlemeler arqalı ańlatılǵanlıǵı sebepli quramalı másele esaplanadı. Sol sebepli olardıń sheshimi keltirilместen, grafigin keltiriw menen sheklenemiz.

### Másele sheshiw úlgisi

1. Súwrette terbelis konturındağı tok ózgerisleri keltirilgen. Waqıttıń  $2 \cdot 10^{-3}$  s hám  $3,5 \cdot 10^{-3}$  s aralıǵındağı energiya ózgeriwın sıpatlań.

Sheshiliwi: Keltirilgen grafik boyınsha waqıttıń  $2 \cdot 10^{-3}$  s hám  $3,5 \cdot 10^{-3}$  s aralıǵında katushkadan ótetuǵın tok kúshi artıp, óziniń maksimal mánisine erisedi.

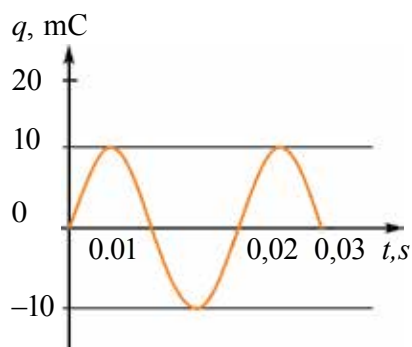
Demek, kondensatordağı elektr maydanı energiyası nolge shekem kemeydi hám katushkadağı magnit maydanı energiyası artıp, maksimal mánisine erisedi.





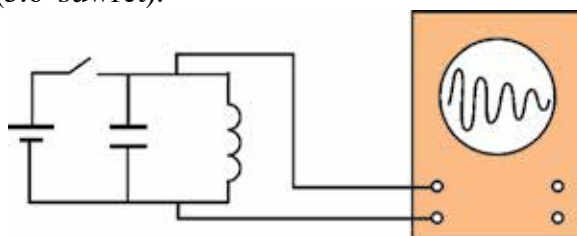


1. Terbelis konturındaǵı magnit hám elektr maydanı energiyalarınıń waqıtqa baylanıslıq grafiklerin sızıń.
2. Konturdaǵı terbelislerdiń sóniwi katushkadaǵı oramlar sanına qalay baylanıshı?
3. Súwrette kontur kondensatorındaǵı zaryadtıń waqıtqa baylanıslıq grafıǵı keltirilgen. Kontur induktivlik katushkasındaǵı tok kúshiniń  $t=1/300$  s taǵı mánisin anıqlań.



## 13-tema. TRANZISTORLI ELEKTROMAGNIT TERBELISLER GENERATORI

Terbelis konturında joqarı jiyilikli elektromagnit terbelisler payda bolıwın bilip aldıq. Konturda payda bolıp atırǵan terbelisler ossillograf ekranında baqlansa, onda terbelisler amplitudası waqıt ótiwi menen kemeyip baradı (3.6-súwret).



3.6-súwret.

Bunıń sebebi, joqarıda kórip ótilgenindey, konturda katushkanı quraǵan hám jalǵawshı ótkizgishlerdiń elektr qarsılıǵı esaplanadı. Belgili bolǵanıday, ótkizgish elektr qarsılıǵı sebepli tok ótkende qızadı. Elektr energiyası jıllıq energiyasına aylanadı. Sonlıqtan konturda payda bolǵan erkin elektromagnit terbelisler *sóniwshi terbelisler* esaplanadı.

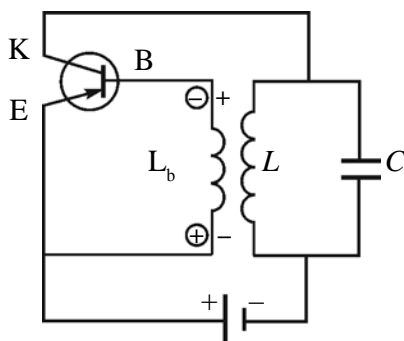
Terbelisler sónbewi ushın jumsalıp ketken energiyanı batareya járdeminde terbelis konturına dáwirli ráwishte berip turıw kerek. Bul degeni úzip-jalǵaǵısh turaqlı túrde konturǵa jalǵanǵan halda qalмай, al dáwirli ráwishte úzip-jalǵap turılıwı kerek. *10-klastan terbelisler fazasın esleń.* Sol boyınsha úzip-jalǵaǵısh kondensator qaplamalarınıń qayta zaryadlanıwı dáwirinde batareya polyuslerindegi kernew belgisi menen sáykes kelgende jalǵanıwı kerek.

Buniń ushın úzip-jalǵaǵısh qalay islewi kerek? Kóz aldımızǵa keltireyik, konturdaǵı terbelisler jiyiligi 1 MHz bolsın. Ol jaǵdayda úzip-jalǵaǵıshtı bir sekunda million márte úzip-jalǵaw kerek! Bul wazıypanı hesh qanday mexanikalıq yaqi elektromexanikalıq qurılmalar atqara almaydı.

Bul wazıypanı tek elektron ásbap, tranzistor atqara aladı. 10-klasta keltirilgen *p-n-p* túrdegi tranzistordıń jalǵanıwın esleyik. Tranzistordan tok ótiwi ushın baza – emitter aralığına bólek, kollektor–emitter aralığına bólek batareya jalǵanatuǵın edi. Bazaǵa batareyanıń teris polyusi, al emitterge oń polyusi jalǵanǵanda tranzistor arqalı tok ótedi (úzip-jalǵaǵısh jalǵanǵan). Eger batareya polyusleri almasırap jalǵansa, tok ótpeydi (úzip-jalǵaǵısh úzilgen). Demek, tranzistor úzip-jalǵaǵısh wazıypasın atqara aladı. Sonlıqtan, konturda sónbeytuǵın elektromagnit terbelisler payda etiw ushın onı derekke tranzistor arqalı jalǵaw kerek.

3.7-súwrette joqarı jiyilikli sónbeytuǵın elektromagnit terbelisleri payda bolatuǵın generator sızılması keltirilgen. Bunda  $L$  hám  $C$  dan ibarat kontur tok dereğine tranzistor arqalı jalǵanǵan. Jalǵanıw momentinde  $L$  katushkadan ótiwshi tok ósiwshi xarakterge iye boladı. Onıń átirapında payda bolǵan magnit maydanı da ósiwshi xarakterge iye boladı. Bul magnit maydanı  $L_b$  baylanıs katushkasın kesip ótip, onda óz ara indukciya elektr júrgiziwshi kúshin payda etedi. 3.7-súwrette onıń  $L_b$  katushka ushlarındaǵı belgileri kishi sheńberler ishinde kórsetilgen. Bunda tranzistor bazası (B)ǵa teris belgide, emitteri (E)ne oń belgide kernew qoyıladı hám tranzistordan tolıq tok ótedi. Bul waqıtta konturdaǵı  $C$  kondensator zaryadlanadı.  $L$  katushkanıń induktivligi sebepli onnan ótiwshi tok ósiwden toqtaydı.  $L_b$  da elektr júrgiziwshi kúsh payda bolmaydı hám tranzistordan tok ótpeydi. Gilt úzildi. Endi  $C$  kondensator  $L$  katushkaǵa razryadlana baslaydı hám terbelis konturında elektromagnit terbelisler payda boladı. Konturda elektromagnit terbelisler júz bergende  $L$  katushkadan ótiwshi toktıń hám shaması, ham baǵıtı ózgerip turadı. Demek,  $L_b$  da payda bolǵan elektr júrgiziwshi kúshtiń belgisi ózgerip turadı. Tranzistor gá ashıq halatta, gá jabıq halatta boladı.

Solay etip, konturdaǵı  $C$  kondensator dáwirli ráwishte batareya-dan zaryadlanıp turadı. Biraq, kernew deregi terbelis konturına dáwirli ráwishte, oń polyuske jalǵanǵan kondensator qaplaması oń zaryadlanǵan



3.7-súwret.

waqıtta ǵana jalǵanatuǵın bolsa, kondensator úzliksiz zaryadlanıp turadı. Ol jaǵdayda terbelisler sónbeydi. Keri jaǵdayda terbelisler júzege kelmeydi. Demek, tranzistordıń ashılıp-jabılıwın konturdaǵı terbelislerdiń ózi basqarıwı kerek. Tranzistordıń baza – emitter shınjırı *kiriw shınjırı*, kollektor – emitter shınjırı *shıǵıw shınjırı* dep ataladı. Ádette, tranzistor *kiriw bólimine* qoyılǵan kernewi (toki), *shıǵıw token* basqaradı. Al, tranzistorlı generatorda, kerisinshe, *shıǵıwdaǵı (konturdaǵı) kernew* *kiriwdegi* ( $L_b$ ) kernewdi basqaradı. Bunday proceske *keri baylanısıw* delinedi. Usı keri baylanısıw sebepli kontur energiyası dáwirli ráwishte baylanısıp turadı.

Atap ótiw lazım, *keri baylanısıw* terbelislerdiń sónbewin támiyinlewi ushın *kiriw hám shıǵıw shınjırındaǵı kernewler* faza jaǵınan  $180^\circ$  qa parıqlanıwı kerek.

Generator islep shıǵarıp atırǵan elektromagnit terbelisler jiyiligi Tomson formulası (3–1) menen ańlatıladı.

Solay etip, generatorda sónbeytuǵın *avtoterbelisler* payda boladı. Avtoterbelisler sónbeytuǵın terbelislerdiń ekinshi túri esaplanadı. Olardıń májbúriy terbelislerden tiykarǵı ayırmashılıǵı sonnan ibarat, olarǵa sırtqı dáwirli tásir kerek emes. Energiya deregi bunday sistemanıń ózinde bar bolıp, jumsalǵan energiyanıń ornın toltıratuǵın energiyanıń beriliwin sistemanıń ózi tártipke salıp turadı. Hár qanday avtoterbelis sisteması tómendegi bólimlerden ibarat: *energiya deregi, terbelis sisteması hám elektron gılt*.

Avtoterbelislerdiń jiyilikleri júdá keń diapazonda ózgeredi. Olar radiobaylanıs, televidenie, EEM hám basqa qurılımalarda qollanıladı.

Elektromagnit terbelisler tiri organizmlerge hám paydalı, hám zıyanlı tásir etiwı múmkin. İnsan organizmindegi hár bir aǵza ózine tán rezonans jiyilikke iye. Sırtqı terbelmeli tásirdiń jiyiligi usı rezonans jiyilikke teńleskende tásir kúshli boladı. Elektromagnit nurlanıwlardıń insan ruwxiyatına tásir etiwı dálillengen.

Zamanagóy medicinada júdá joqarı jiyilikli elektromagnit terbelislerden paydalanatuǵın emlew usılları kúnnen-kúнге keń tarqalmaqta. Sonday-aq, optikalıq diapazondaǵı (UF-nurlar) elektromagnit nurlanıwlardan hám emlew, hám diagnoz qoyıwda paydalanılmaqta.



1. Real terbelis konturındaǵı erkin terbelisler ne ushın sónedi?
2. Avtoterbelistiń májbúriy terbelisten ayırmashılıǵı nede?
3. Avtoterbelis sisteması qanday tiykarǵı elementlerden ibarat?
4. Generatordıń islewinde tranzistor qanday wazıypanı atqaradı?
5. Keri baylanıs degenimiz ne?

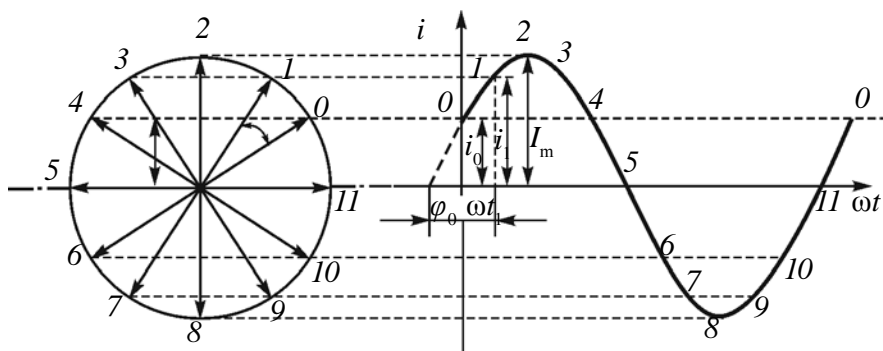
## 14-tema. ÖZGERMELI TOK SHINJIRINDAǴI AKTIV QARSILIQ

Biz joqarıda ayırım fizikalıq shamalardıń waqıtqa baylanıslı halda ózgeriwiniń grafikalıq tárizde súwretleniwın kórgen edik. Olardı súwretlew ushın vektor diagrammalar usılı da keń qollanıladı. Aytayıq, shınjırdaǵı toktıń ózgeriwi

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

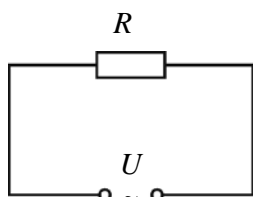
teńleme menen berilgen bolsın.

Uzınlıǵı  $I_m$  ǵa teń bolǵan vektordı alıp, onı saat strelkasına keri baǵıtta aylanba háreketke keltireyik. Bunda onıń bir márte aylanıwı ushın ketken waqıtı,  $i$  shamanıń ózgeriw dáwirine teń bolsın. Ol jaǵdayda  $\vec{I}_m$  vektordıń vertikal kósherdegi proekciyası,  $i$  shamanıń bir zamatlıq mánisine teń boladı.



3.8-súwret.

Kúndelikli turmista hám texnikada ózgermeli tok shınjırlarına túrli tutınıwshılar jalǵanadı. Utyug, elektr lampochkası, ventilyator hám t.b. Olarda elektr energiyası jıllılıq, jaqtılıq, mexanikalıq hám basqa energiyalardı aylanadı. Bul tutınıwshılar kernew dereğine jalǵanganda elektr toki ótiwine tabiiy túrde túrli qarsılıq kórsetedi eken. Olardıń tabiyatın úyreniw ushın ózgermeli tok shınjırına túrli xarakterdegi tutınıwshılardı jalǵap kóremiz.



3.9-súwret.

Dáslep, ózgermeli tok shıńjırında bizge aldınnan belgili bolǵan  $R$  qarsılıq jalǵanǵan halattı kóreyik (3.9-súwret). Bul qarsılıq *aktiv qarsılıq* bolsın. Aktiv qarsılıq dep atalıwınıń sebebi onnan tok ótkende elektr energiyası basqa túrdegi (jılılıq, jaqtılıq hám basqa) energiyaǵa tolıq aylanadı.

Ótkizgish sımlar arqalı  $R$  qarsılıq  $U$  kernewge iye bolǵan ózgermeli tok dereğine jalǵanǵan bolsın. Ol kernew

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

nızamı boyınsha ózgersin. Shıńjırdıń bir bólimi ushın Om nızamınan paydalanıp,  $R$  qarsılıqtan ótip atırǵan tok kúshiniń bir zamatlıq mánisin tabamız

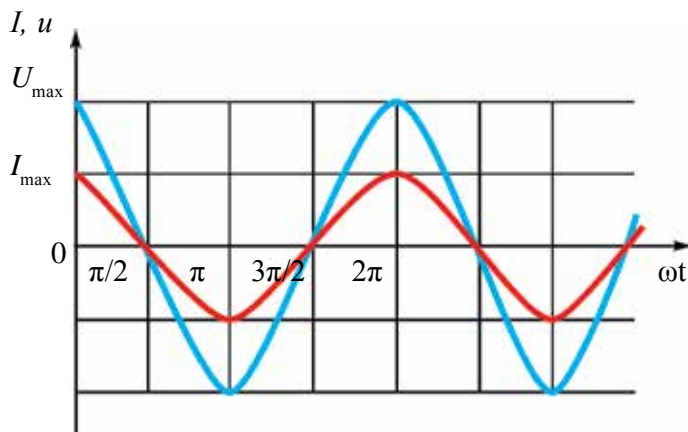
$$i = \frac{u}{R} = \frac{U_m \cos \omega t}{R} = I_m \cos \omega t.$$

Bunda:  $I_m = \frac{U_m}{R}$  – tok kúshiniń amplituda mánisi. Solay etip, tek aktiv qarsılıqtan ibarat shıńjırdaǵı tok kúshiniń ózgeriwi

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

kórinisinde boladı eken.

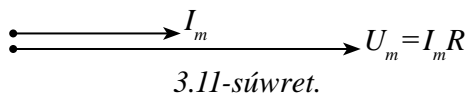
Kernewdiń (3-6) ózgeriw teńlemesi tok kúshi ushın alınǵan (3-7) teńleme menen salıstırılса, aktiv qarsılıqtaǵı kernew hám tok kúshiniń terbelisleri birdey fazada boladı degen juwmaqqa kelinedi. Kernew hám tok kúshi terbelisleriniń grafikleri 3.10-súwrette keltirilgen.



3.10-súwret.

Kernew hám tok kúshi terbelisleriniń fazaları arındaǵı qatnastı vektor diagramma arqalı kórsetiw múmkin (3.11-súwret).

Diagrammada ózgermeli tok kúshi amplitudası menen ózgermeli kernew amplitudası parallel vektorlar kórinisinde súwretlenedi, olar arasındaǵı múyesh, yaǵnıy terbelis fazalarınıń ayırmashılıǵı nolge teń.



Kúndelikli turmısta qollanılatuǵın elektr kernewiniń jiyiligi 50 Hz ǵa teń. Bul degeni qızdıruwshı talshıqlı elektr lampochkası bir sekunda 100 márte óship-janadı. Biraq, biziń kózimiz bir sekunda ortasha 16–20 márte ózgergen procesti abaylamaǵanlıǵı sebepli biz lampochkanıń óship-janǵanlıǵın sezbeymiz. Sonıń ushın ózgermeli toktıń quwatlılıǵın biliw úlken áhmiyetke iye.

**Aktiv qarсылıqlı shıńjırdadı quwatlılıq.** Ózgermeli toktıń bir zamatlıq quwatlılıǵı  $P = i U$  menen anıqlanadı. Tok kúshi hám kernewdiń bir zamatlıq mánisleri ushın (3–7) hám (3–6) ańlatpalardı qoysaq,

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

ǵa iye bolamız.

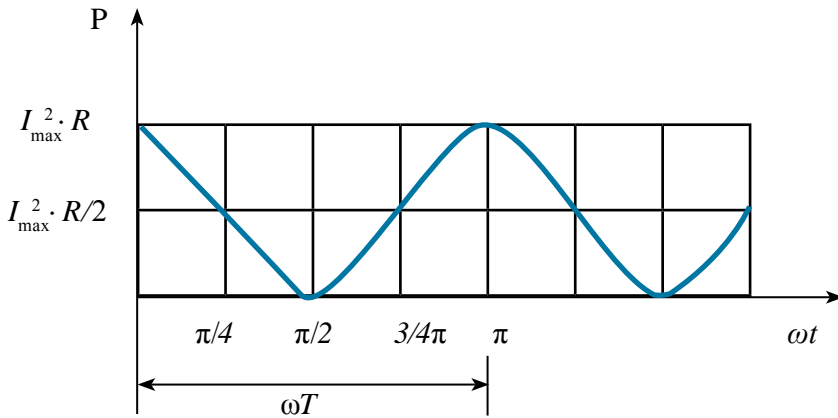
Bunda:  $P_m = I_m \cdot U_m$  bolıp, ózgermeli toktıń maksimal mánisi delinedi.  $\cos^2 \omega t$  ańlatpa mudamı oń bolǵanlıqtan ózgermeli tok quwatlılıǵınıń bir zamatlıq mánisi de oń belgide boladı (3.12-súwret).

3.12-súwretten korinip turǵanıday, ózgermeli toktıń bir zamatlıq quwatlılıǵınıń shaması dáwirli ráwishte ózgerip turadı. Ol jaǵdayda elektr plıtasınan ózgermeli tok ótkende bólinip shıqqan jıllılıq muǵdarın qanday formula járdeminde anıqlaymız? Bunıń ushın ózgermeli toktıń effektiv mánisi túsiniǵın kirgizemiz.

*Ózgermeli toktıń  $I_{ef}$  effektiv mánisi dep, birdey waqt ishinde aktiv qarсылıqtan ózgermeli tok ótkende bólinip shıǵatuǵın jıllılıqqa teń jıllılıq muǵdarın bólinip shıǵaratuǵın turaqlı tok kúshine teń shamaǵa ayıladı.*

Tájiriybelerdiń kórsetkenindey, tok kúshiniń effektiv mánisi onıń maksimal mánisi menen tómendegishe baylanısqa:

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



3.12-súwret.

Ózgermeli kernewdiń effektiv mánisin (3–9) ǵa uqsas jaǵdayda jazıw múmkin:

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

### Másele sheshiw úlgisi

1. Amplituda mánisi 30 V bolǵan ózgermeli tok shıńjırına rezistor jalǵanganda onnan 2 A tok ótti. Rezistorda bólinip shıqqan ortasha quwatlılıqtı tabıń.

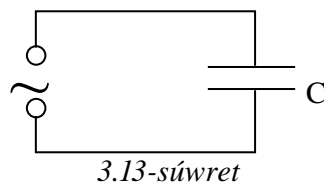
Berilgen: $U_m = 30 \text{ V}$ $I_m = 2 \text{ A}$	Formulası: $P = \frac{I_m U_m}{2}$	Sheshiliwi: $P = \frac{2 \text{ A} \cdot 30 \text{ V}}{2} = 30 \text{ W}.$
Tabıw kerek: $P = ?$		Juwabr: 30 W.



1. Aktiv qarsılıq dep nege aytiladı?
2. Aktiv qarsılıqta kernew hám tok kúshi arasındaqı fazanıń awısıwı nege teń?
3. Aktiv qarsılıqta bólinip shıqqan effektiv quwatlılıqtı anıqlaw formulasın jazıń.
4. Shıńjırdaǵı tok kúshi  $i = 8,5 \sin(628t + 0,325)$  nızamı boyınsha ózgeredi. Tok kúshiniń effektiv mánisin, terbelisler fazası hám jiyiligin tabıń.

## 15-tema. ÓZGERMELI TOK SHINJIRINDAǒI KONDENSATOR

Tájiriybeler, turaqlı tok shınjırına kondensator jalǵansa, onnan tok ótpeytuǵının kórsetedi. Sebebi, kondensator qaplamalarınń arası dielektrik penen ajratılǵan. Biraq, kondensator ózgermeli tok shınjırına jalǵansa,



onnan tok ótedi eken. Kondensator arqalı ótiwshi tok kúshi qanday fizikalıq parametrlerge baylanıslı ekenligin úyreniw ushın ózgermeli tok shınjırına tek kondensator jalǵanǵan halattı kóreyik (3.13-súwret).

Kondensator sıyımlılıǵı  $C$  qa teń hám oǵan qoyılǵan kernew

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

názamı boyınsha ózgersin. Jalǵanıw sımlarınıń qarsılıǵı  $R=0$  bolsın.

Ol jaǵdayda kondensatordaǵı kernew  $U = U_m \cos \omega t = \frac{q}{C}$  boladı. Bunda  $q$ —kondensator qaplamalarındaǵı zaryad bolıp  $q = CU_m \cos \omega t$  ǵa teń. Shınjırdaǵı tok kúshin tabıw ushın zaryad formulasınan birinshi tárpti tuwındı alamız:  $i = q' = -U_m C \omega \sin \omega t = U_m C \omega \cos(\omega t + \frac{\pi}{2})$ . Ol tok

kúshiniń bir zamatlıq mánisi menen salıstırılса,  $I_m = U_m C \omega$  ekenligi kelip shıǵadı. Bunda  $I_m$ —tok kúshiniń maksimal mánisi. Ol jaǵdayda kondensatordan ótiwshi tok kúshiniń teńlemesi tómendegishe boladı:

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

Bul teńleme kondensatorǵa berilgen kernew ańlatpası (3-11) menen salıstırılса, shınjırdaǵı tok kúshi terbelisleri, kernew terbelislerinen faza

boyınsha  $\frac{\pi}{2}$  ǵa aldınǵa baratuǵının kóremiz (3.14-súwret). 3.15-súwrette

ózgermeli tok shınjırına tek kondensator jalǵanǵan halat ushın ózgermeli tok kúshi hám kernewdiń vektor diagramması keltirilgen.

Shınjırdaǵı kondensatordıń sıyımlılıq qarsılıǵı:

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

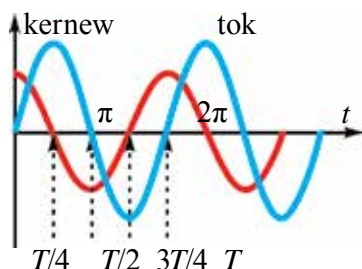
Ol jaǵdayda tok kúshiniń amplituda mánisi tómendegishe boladı:

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

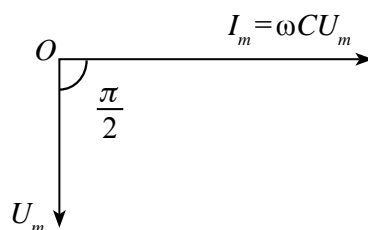


Bul a'natpa shinjirdin bir bolimi ushin Om nizamı bolıp, aktiv qarsılıq ornında  $X_C$  shama tur. Sonin ushin ol **siyımılıq qarsılıq (reaktiv qarsılıq)** delinedi. Siyımılıq qarsılıq ta  $\Omega$  (Om) larda olshenedi.

Bunnan kondensatordan otiwshi tok kushi kondensator siyımılıgı hám ózgermeli tok jiyiligine baylanıslı bolatuğını kelip shıgadı. Siyımılıq hám jiyilik qansha ulken bolsa, shinjir qarsılıgı sonsha kishi boladı hám saykes rawishte tok kushi joqarı boladı.



3.14-súwret.



3.15-súwret.

### Másele sheshiw úlgisi

Jiyiligi 50 Hz bolğan ózgermeli tok shinjirına siyımılıgı 50  $\mu\text{F}$  bolğan kondensator jalğanğan. Shinjirdin siyımılıq qarsılıgı nege teń?

Berilgen:  
 $C = 50 \mu\text{F} = 50 \cdot 10^{-6} \text{ F}$   
 $\nu = 50 \text{ Hz}$

Tabıw kerek:  
 $X_c = ?$

Formulası:

$$X_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi\nu C}$$

Sheshiliwi:

$$X_c = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 50 \cdot 10^{-6}} \Omega =$$

$$= \frac{10^6}{6,28 \cdot 2500} \Omega = 63,69 \Omega.$$

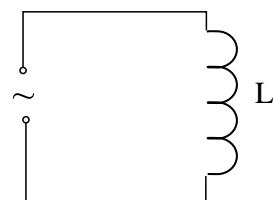
Juwabr: 63,69  $\Omega$ .



1. Ne sebepten kondensator arqalı turaqlı tok otpeydi, lekin ózgermeli tok otedi?
2. Siyımılıq qarsılıq qanday shamalarğa baylanıslı?
3. Ózgermeli tok shinjirına tek kondensator jalğanğan halda ózgermeli tok kushi hám kernewdin arasındağı fazalar ayırmashılıgı nege teń?
4.  $X_c = \frac{1}{2\pi\nu C}$  a'natpadan qarsılıq birligi  $\Omega$  ni keltirip shıgarın.

## 16-tema. ÖZGERMELI TOK SHINJIRINDAĞI INDUKTIV KATUSHKA

Mınaday tájiriyebe ótkereyik. Turaqlı tok dereğine izbe-iz halda elektr lampochkası hám induktiv katushkanı jalğayıq. Bunda lampochkanıń janıw jaqtılıǵına itibar bereyik. Sońınan elektr lampochkası hám induktiv katushkanı izbe-iz halda effektiv kernewi turaqlı kernewine teń ( $U_{ef} = U_{turaqlı}$ ) bolǵan



3.16-súwret.

derekke jalǵap, lampochkanıń janıw anıqlılıǵına itibar bereyik. Sonda ózgermeli tok shınjırına jalǵanǵan lampochkanıń anıqlılıǵı azıraq boladı eken. Bunıń sebebin anıqlaw ushın tek induktiv katushka jalǵanǵan halattı kóreyik (3.16-súwret).

Induktivligi  $L$  ǵa teń bolǵan katushkadan ótip atırǵan tok kúshi

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

nızam boyınsha ózgersin. Jalǵanıw sımlarınıń hám katushkanıń qarsılıǵı  $R_s = R_L = 0$  bolsın.

Katushkadan ótiwshi tok, katushkanıń induktivligi sebepli onda ózlik indukciya elektr júrgiziwshi kúshti (EJK) payda etedi. Onıń bir zamatlıq mánisi

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

menen anıqlanadı. Bunda:  $i'$ —tok kúshinen waqıt boyınsha alınǵan birinshi tártipli tuwındı.  $i' = I_m \omega \sin \omega t$  ekenligi esapqa alınsa, EJK niń bir zamatlıq mánisi

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

ǵa teń boladı. Shınjırdaǵı EJK, katushka ushlarındaǵı kernew hám aktiv qarsılıqtaǵı potencial túsiwi

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

qatnas arqalı baylanısqa.  $R=0$  ekenligi esapqa alınsa, (3-16) teńleme

$$0 = \mathcal{E} + U \text{ yaki } U = -\mathcal{E}$$

kóriniske iye boladı. Ol jaǵdayda kernew

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

teńleme menen anıqlanadı. Ol kernewdiń bir zamatlıq mánisi menen salıstırılса,  $U_m = I_m \omega L$  ekenligi kelip shıǵadı. Bunda:  $U_m$ —kernewdiń

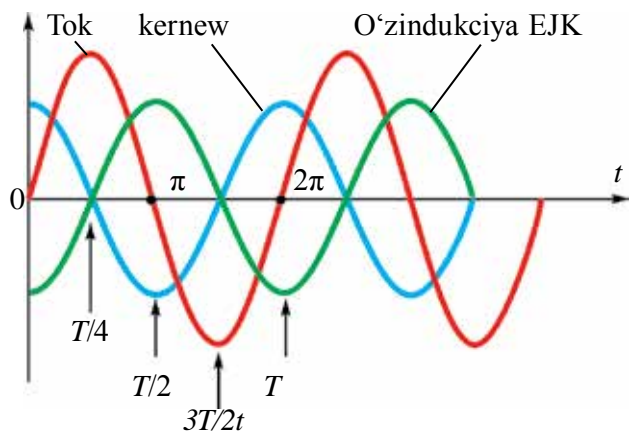
amplituda mánisi. Ol jaǵdayda katushka ushlarına qoyılǵan kernew teńlemesi tómendegishe boladı:

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

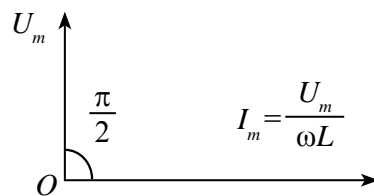
Bul teńleme katushkadan ótip atırǵan tok kúshi ańlatpası (3-14) menen salıstırılса, katushka ushlarına qoyılǵan kernew terbelisleri, tok kúshi terbelislerinen faza boyınsha  $\frac{\pi}{2}$  ǵa aldınǵa baratuǵının kóremiz (3.17-súwret). 3.18-súwrette ózgermeli tok shıńjırına tek induktiv katushka jalǵanǵan halat ushın ózgermeli tok kúshi hám kernewdiń vektor diagramması keltirilgen.

Katushkadaǵı kernewdiń amplituda mánisin, shıńjırdıń bir bólimi ushın jazılatuǵın Om nızamı menen salıstırılса,  $\omega L$  kóbeymeniń qarsılıqtı ańlatıwı belgili boladı. Belgilew kirgizemiz:  $X_L = \frac{U_m}{I_m}$

Katushkanıń qarsılıǵı:  $X_L = \frac{U_m}{I_m} \omega L. \quad (3-19)$



3.17-súwret.



3.18-súwret.

Ol jaǵdayda tok kúshiniń amplituda mánisi tómendegishe boladı:

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

Bul ańlatpa shıńjırdıń bir bólimi ushın Om nızamı bolıp, aktiv qarsılıq ornında  $X_L$  shama tur. Sonıń ushın ol **induktiv qarsılıq (reaktiv qarsılıq)** delinedi. Induktiv qarsılıq ta  $\Omega$  (Om) larda ólshenedi.

Bunnan katushkadan ótiwshi tok kúshi katushkanıń induktivligine hám ózgermeli tok jiyiligine baylanıslı bolıwı kelip shıǵadı. Induktivlik

hám jiyilik qansha joqarı bolsa, shınjır qarsılıǵı sonsha joqarı boladı hám sáykes ráwishte ótip atırǵan tok kúshi kishi boladı.

### Másele sheshiw úlgisi

Jiyiligi 10 kHz bolǵan ózgermeli tok shınjırına induktivligi 5 H bolǵan katushka jalǵanǵan. Shınjırdıń induktiv qarsılıǵı nege teń?

Berilgen:	Formulası:	Sheshiliwi:
$\nu = 10 \text{ kHz} = 10000 \text{ Hz}$ $L = 5 \text{ H}$	$X_L = \omega L = 2\pi\nu L$	$X_L = 2 \cdot 3,14 \cdot 10000 \cdot 5 \Omega =$ $= 6,28 \cdot 50000 \Omega = 314000 \Omega = 314 \text{ k}\Omega.$
Tabıw kerek: $X_L = ?$		<i>Juwabi:</i> 314 kΩ.



1. Ózgermeli tok shınjırı induktivlik tok kúshine qanday tásir kórsetedi?
2. Ózgermeli tok shınjırına tek katushka jalǵanǵan halda ózgermeli tok kúshi hám kernewdıń arasındaǵı fazalar ayırmashılıǵı nege teń?
3. Induktiv qarsılıq qanday shamalarǵa baylanıslı?
4. Induktiv qarsılıqtan ne maqsette paydalansa boladı?
5.  $X_L = \omega L$  ańlatpadan qarsılıq birligi  $\Omega$  nı keltirip shıǵarın.

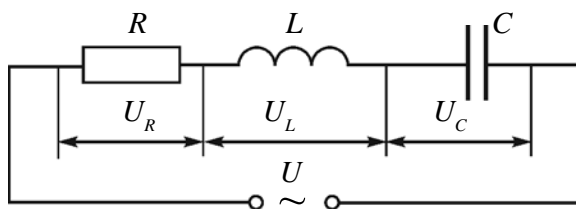
## 17-tema. AKTIV QARSILIQ, INDUKTIV KATUSHKA HÁM KONDENSATOR IZBE-IZ JALǴANǵAN ÓZGERMELI TOK SHÍNJIRI USHÍN OM NIZAMI

Qarsılıǵı  $R$  bolǵan rezistor, induktivligi  $L$  bolǵan induktiv katushka hám sıyımlılıǵı  $C$  bolǵan kodensatordı izbe-iz jalǵap, shınjır dúzeyik (3.19-súwret) hám onıń ushlarına  $U = U_m \cos \omega t$  ózgermeli kernew bereyik. Tutınıwshılar izbe-iz jalǵanǵanlıǵı sebepli olardan ótetuǵın tok kúshleri birdey boladı. Bul tok kúshi

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

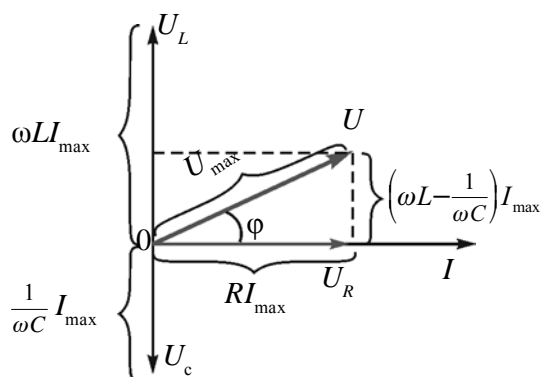
nızamı boyınsha ózgersin. Al, ulıwma kernew tutınıwshılardaǵı kernewler túsıw vektorları jıyındısına teń:

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



3.19-súwret.

Bunda:  $\vec{U}$  – shınjırdağı ulıwma kernew,  $\vec{U}_R$  – rezistordaqı kernew,  $\vec{U}_C$  – kondensatordaqı kernew hám  $\vec{U}_L$  – katushkadağı kernew. Olardıń amplitudalı mánislerin  $U_R$ ,  $U_C$  hám  $U_L$  menen belgilep, vektor diagramma dúzeyik.



3.20-súwret.

Tok kúshi amplitudasın gorizontál kósher boylap baǵdarlangan vektor kórinisinde alayıq (3.19-súwret). Aktiv qarsılıqtağı kernew terbelisleri fazası tok kúshi terbelisleri fazası menen sáykes keledi. Kondensatordaqı kernew terbelisleri tok kúshi terbelislerinen faza jaǵınan  $\frac{\pi}{2}$  ǵa arqada boladı. Al, katushkada kernew terbelisi tok kúshi terbelisinen  $\frac{\pi}{2}$  ǵa aldında boladı. Vektor diagrammada kondensatordaqı kernew  $U_C = \frac{1}{\omega C} \cdot I_{\max}$  hám katushkadağı kernew  $U_L = \omega L \cdot I_{\max}$  qarama-qarsı baǵıtta boladı. Nıtiyedegi kernew  $U_{LC} = U_L - U_C$  boladı.

Ulıwma kernew ( $U$ )nı tabıw ushın  $\vec{U}_{LC}$  vektordı  $\vec{U}_R$  vektorǵa qosamız. 3.20-súwretten  $U^2 = U_R^2 + U_{LC}^2$ . Bunnan ulıwma kernewdiń maksimal mánisi ańlatpası tómendegishe boladı:

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

Om nızamı boyınsha

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

Olar (3-22) ańlatpaǵa qoyılsa

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

Bunnan:

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

Bul ańlatpa **özgermeli toktın tolıq shıńjırı ushın Om nızamı** esaplanadı.

$X_L = \omega L$  hám  $X_C = \frac{1}{\omega C}$  lardı (3-23) ǵa qoysaq,

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

ǵa iye bolamız. Bunda:

$X_L - X_C = \omega L - \frac{1}{\omega C}$  qarsılıq **reaktiv qarsılıq** dep ataladı.

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

ańlatpa **özgermeli tok shıńjırınıń tolıq qarsılıǵı** delinedi.

Shıńjırdaǵı tok terbelisleri hám kernew terbelisleri arasındaqı faza ayırmashılıǵın vektor diagrammadan paydalanıp anıqlaw múmkin:

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

Ózgermeli tok shıńjırınıń xarakterli ózgesheligi sonnan ibarat, generator dan alınatuǵın energiya tek aktiv qarsılıqta ǵana jıllılıq energiyası sıpatında bólinip shıǵadı. Reaktiv qarsılıqta energiya bólinip shıqqaydı.

Reaktiv qarsılıqta dáwirli ráwishte elektr maydanı energiyası magnit maydanı energiyasına hám kerisinshe, aylanıp turadı. Dáwir diń birinshi shereginde, kondensator zaryadlanıp atırǵanda, energiya shıńjırǵa beriledi hám elektr maydanı enegiyası tárizinde toplanadı. Dáwir diń keyingi shereginde bul energiya magnit maydanı energiyası kórinisinde qaytadan derekke beriledi.

### Másele sheshiw úlgisi

Kernewdiń maksimal mánisi 120V, jiyiligi 100 Hz bolǵan ózgermeli tok deregine shaması 200 Ω bolǵan aktiv qarsılıq, sıyımlılıǵı  $5 \cdot 10^{-6}$  F bolǵan kondensator hám induktivligi 400 mH bolǵan katushka jalǵangan. Shinjırdaǵı tok kúshiniń maksimal mánisin tabıń.

Berilgen:	Formulası:	Sheshiliwi:
$R=200 \Omega$ $U=120 \text{ V}$ $\nu=100 \text{ Hz}$ $C=5 \cdot 10^{-6} \text{ F}$ $L=400 \text{ mH}=0,4 \text{ H}$	$I_{\max} = \frac{U_m}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}$	$I_{\max} = \frac{120}{\sqrt{40000 + (251,2 - 318,5)^2}} = \frac{120}{211} \text{ A} = 0,57 \text{ A.}$
Tabıw kerek: $I_{\max} = ?$		Juwabr: 0,57 A.



1. Ózgermeli tok shinjırında ne sebepten tok kúshi terbelisleri menen kernew terbelisleri arasında faza awısıwı payda boladı?
2. Ne sebepten reaktiv qarsılıqlarda energiya bölünip shıqpaydı?
3. Shinjırda aktiv qarsılıq hám katushka bolǵan halat ushın ózgermeli tok kúshiniń amplitudalı mánisin esaplaw formulasın keltirip shıǵarıń.
4. Shinjırda aktiv qarsılıq hám kondensator bolǵan halat ushın ózgermeli tok kúshi hám kernewi arasındaǵı fazalar ayırmashılıǵın tabıw formulasın jazıń.

## 18-tema. ÓZGERMELI TOK SHINJIRINDA REZONANS QUBILISI

Ózgermeli tok shinjırında qarsılıǵı  $R$  bolǵan qarsılıq, induktivligi  $L$  bolǵan katushka hám sıyımlılıǵı  $C$  bolǵan kondensator izbe-iz jalǵangan halda tok shinjırınıń tolıq qarsılıǵı

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

ańlatpa menen anıqlanatuǵını Sizlerge belgili. Bunnan, eger  $X_C = X_L$  bolıp qalsa,  $X_C - X_L = 0$  ayırma nolge teń bolıp,  $Z_{\min} = R$  bolıp qalıwı ke-

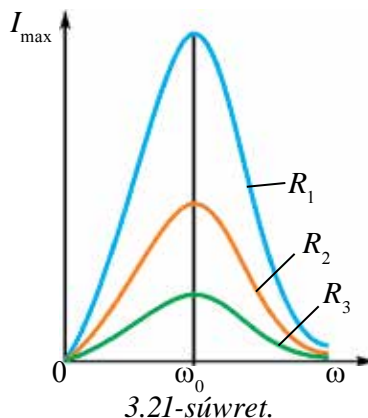
lip shıgadı. Bunda shınjır qarsılıǵı óziniń minimal mánisine erisedi. Shınjırdaǵı tok kúshi amplitudası

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

Demek, bunday sharayatta shınjırdaǵı tok kúshiniń amplitudası artıp ketedi eken. Bul qubılısqa elektr shınjırındaǵı **rezonans** delinedi. Rezonans baqlanıwı ushın

$$\omega L = \frac{1}{\omega C} \text{ yaki } \omega_{\text{rez}} = \frac{1}{\sqrt{LC}} \text{ shárt qanaatlendirilıwı kerek.}$$

Biz aktiv qarsılıǵı nolge teń bolǵan terbelis konturında payda bolatuǵın erkin terbelisler jiyiligi  $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$  ańlatpa menen anıqlanatuǵının bilemiz. Ol jaǵdayda shınjırda rezonans payda bolıwı ushın shınjırǵa qoyılǵan sırtqı dáwirli kernew jiyiligi shınjırdań jeke jiyiligine teń bolıwı zárúrligi kelip shıǵadı.  $\omega_{\text{rez}} = \omega_0$ . 3.21-súwrette shınjırdaǵı tok kúshiniń amplitudalı mánisiniń oǵan qoyılǵan sırtqı kernew jiyiligine baylanıslılıq grafigi keltirilgen.  $I_m$  niń jiyilikke baylanıslılıq grafigi rezonans iymek sızıǵı delinedi.



3.21-súwrette  $R_1 < R_2 < R_3$ . Sırtqı kernew jiyiligi artıp barıwı menen shınjırdaǵı toktıń amplitudalı mánisi artıp baradı hám  $\omega_{\text{rez}} = \omega_0$  bolǵanda maksimal mániske erisedi. Sońınan jiyilik artıwı menen tok mánisi kemeyip baradı.

Baylanısqa rezonans qubılısı **kernewler rezonansı** delinedi.

Sebebi, rezonans waqtında tok artıwı menen katushka hám kondensatordaǵı kernewler birden artadı. Olardıń mánisi sırtqı kernew mánisinen de artıq bolıwı múmkin.

Rezonans waqtında induktiv katushka hám kondensatordaǵı kernew terbelisleri amplitudası tómendegishe boladı:

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

Terbelis konturlarında  $\frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}} > 1$  shárt oranlanadı. Sonıń ushın katushka hám kondensatordaǵı kernewler shınjırǵa qoyılǵan kernewden



artıq boladı hám  $R$  kemeyiwi menen artıp baradı. Ulıwma alganda, aktiv qarılıqtıń úlken mánislerinde rezonans ámelde baqlanbaydı.

Rezonans dáwirinde ózgermeli toktıń amplitudalı mánisi menen ulıwma kernew amplitudası birdey fazada terbeledi.

Rezonans qubılısınan texnikada keń paydalanıladı. Radiopriyomniklerde sırttan keletuǵın kóplegen radiostanciyalar ishinen kerekli stanciya signalların ajıratıp alıw rezonans qubılısına tiykarlangan. Bunda priyomniktiń kiriw bólimindegi terbelis konturındaǵı sıyımlılıq yaqi induktivlik mánisi ózgeretilip, onıń jeke jiyiligi, qabıl etiliwi kerek bolǵan stanciya signalı jiyiligine teń etip sazlanadı. Konturda mine usı tańlangan jiyilikli signal ushın rezonans qubılısı júz berip, onıń payda etken kernewi eń joqarı boladı. Elektrotexnikalıq qurılmalarda da rezonans qubılısı esapqa alınadı. Sebebi, rezonans dáwirinde katushka yaqi kondensatorda kernewdiń artıp ketiwi onda *elektr tesiliwleri (proboy)* júz beriwine alıp keliwi múmkin.

### Másele sheshiw úlgisi

1. Jiyiligi 50 Hz bolǵan ózgermeli tok shıńjırına induktivligi 100 mH bolǵan induktiv katushka hám  $C$  sıyımlılıqlı kondensator jalǵanǵan. Kondensator sıyımlılıǵı neshege teń bolǵanda rezonans qubılısı júz beredi?

Berilgen:	Formulası:	Sheshiliwi:
$v = 50 \text{ Hz}$	$\omega L = \frac{1}{\omega C}$	$C = \frac{1}{4 \cdot 3,14^2 \cdot 50^2 \cdot 100 \cdot 10^{-3}} \text{ F} = \frac{10}{98596} \text{ F} \approx$
$L = 100 \text{ mH} = 0,1 \text{ H}$	$4\pi^2 v^2 L = \frac{1}{C}$	$\approx 0,0001 \text{ F} \approx 101,4 \text{ } \mu\text{F}.$
Tabıw kerek:	$C = \frac{1}{4v^2\pi^2L}$	<i>Juwabr:</i> $\approx 100 \text{ } \mu\text{F}.$
$C = ?$		



1. Kernewler rezonansına sáykes keletuǵın vektor diagramma sıztıń.
2. Qanday shárt orınlanganda ózgermeli tok shıńjırında elektr tesiliwler payda bolıwı múmkin?
3. Kernewler rezonansınan jáne qay jerlerde paydalanıw múmkin?
4. Toklar rezonansı da bolama?
5. Ideal terbelis konturında rezonans payıtında tok kúshiniń amplitudáwirli mánisi nege teń boladı?

## 19-tema. LABORATORIYALÍQ JUMÍS: ÓZGERMELI TOK SHÍNJÍRÍNDÁ REZONANS QUBÍLÍSÍN ÚYRENIW

**Jumistiń maqseti.** Ózgermeli tok shıńjırında kernewler rezonansı qubılısın úyreniw.

**Kerekli ásbaplar.** 1. Ózgermeli tok (ses) generatorı (*TG*).

2. Ferromagnit yadroǵa iye bolǵan induktiv katushka ( $L=1$  H).

3. Sıyımlılıǵı  $10 \mu\text{F}$  qa shekem ózgeretuǵın kondensatorlar batareyası.

4. Eki multimetr.

5. Qarsılıqlar toplamı.

6. Úzip-jalǵaǵısh hám jalǵawshı sımlar.

**Jumistiń orınlanıwı.** 3.22-súwrettegi sızılma boyınsha ásbapları jalǵap shıńjır jıynaladı.

1. *TG* dan sızıwda  $100$  Hz hám  $10$  V bolatuǵın halatqa tuwrılanadı.

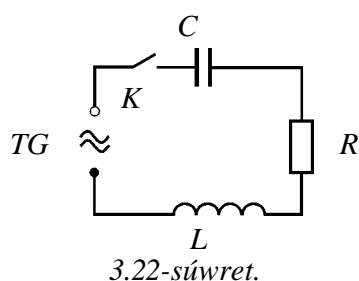
2. Multimetrler ózgermeli kernewdi ólsheytuǵın hám ólshew diapazonı  $20$  V bolǵan halatqa ótkeriledi hám olar parallel halda kondensatorǵa hám katushkaǵa jalǵanadı.

3. Giltti jalǵap, kondensatorǵa ( $U_C$ ) hám katushkaǵa ( $U_L$ ) jalǵanǵan multimetr kórsetiwleri jazıp alınadı. Bunda  $U_C > U_L$  bolıwına itibar beriledi.

4. Generator shıǵıwındaǵı ózgermeli tok jiyiligin  $10$  Hz dan asırıp barıp,  $U_C$  hám  $U_L$  lar jazıp barıladı.

5. Tájiriybe  $U_C = U_L$  bolǵanǵa shekem dawam ettiriledi. Nátiyjeleri kes-tege jazıladı.

6.  $U_C = U_L$  shárt orınlanatuǵın jaǵday ushın  $2\pi\nu L = \frac{1}{2\pi\nu C}$  dan shıńjırdań rezonans jiyiligi esaplanadı:  $\nu_r = \frac{1}{\sqrt{4\pi^2 LC}}$ . Esaplap tabılǵan jiyiliktıń mánisi tájiriybede anıqlanǵan jiyilik mánisi menen salıstırıladı.



Tájiriybe №	<i>TG</i> jiyiligi, Hz	$U_C$ , V	$U_L$ , V
1.			
2.			

7\*. Tájiriybe jáne jiyilik arttırılıp tákirarlanadı.

8. Kondensatordağı  $U_C$  hám induktiv katushkadağı  $U_L$  kernewlerdiń generator jiyiligine baylanıslıq grafigi sıziladı.



1. Induktivlik artqanda shınjirdağı tok kúshi aldın artıp, keyin kemeydi. Bunday ózgeristiń sebebi nede?
2. Sıyımlılıq artqanda shınjirdağı tok kúshi aldın artıp, keyin kemeydi. Bunday ózgeristiń sebebi nede?
3. Eger induktiv katushka ishine yadro kirgizile baslağanda kondensatordağı, induktiv katushkadağı hám aktiv qarсылıқтаğı kernew túsiniikleri ózgeredi. Sebebi nede?

## 20-tema. ÓZGERMELI TOKTÍN JUMISI HÁM QUWATLILÍĞI. QUWATLILIQ KOEFFICIENTI

8-klastan Sizge belgili, turaqlı toktıń atqarğan jumısı kernew, tok kúshi hám tok ótip turğan waqıt kóbeymesi sıpatında anıqlanadı:

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

Ózgermeli toktıń atqarğan jumısın anıqlaw ushın júdá kishi waqıt aralığında onıń mánisin turaqlı dep qaraymız. Ol jağdayda ózgermeli tok atqarğan jumıstıń bir zamatlıq mánisi de usı sıyaqlı formula járdeminde anıqlanadı:

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

Eger shınjır ushlarına qoyılğan kernew

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

nızam boyınsha ózgerip atırğan bolsa, ondağı tok kúshi de garmonikalıq nızam boyınsha faza jağınan pariqlanğan halda ózgeredi:

$i = I_m \cos(\omega t + \varphi)$ . Ol jağdayda ózgermeli tok atqarğan jumıstıń bir zamatlıq mánisi ushın tómendegini jazamız:

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

**|** Waqıt birligi ishinde atqarılğan jumısqa quwatlılıq delinedi. Sonlıqtan ózgermeli tok quwatlılıgınıń bir zamatlıq mánisin

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

ańlatpa kórinisinde jazıw múmkin.

Bunda quwatlılıq waqıttıń ótiwi menen hám modul, hám belgi jaǵınan ózgeredi. Dáwirdiń birinshi yarımında quwatlılıq shıńjırǵa berilse ( $p > 0$ ), ekinshi yarımında quwatlılıqtıń bir bólimi qaytıp tarmaqqa beriledi ( $p < 0$ ).

Ádette, barlıq jaǵdaylarda uzaq múddet dawamında tutınılatuǵın ortasha quwatlı biliw ayrıqsha áhmiyetke iye. Bunıń ushın bir dáwirge tuwrı keletuǵın quwatlılıqtı anıqlaw jeterli esaplanadı.

Bir dáwirge tuwrı kelgen quwatlılıqtı tabıw ushın dáslep (3–31) formulanı waqıtqa baylanıslı bolmaytuǵın kóriniske keltiremiz. Bunıń ushın matematika kursınan eki kosinus kóbeymesi formulasınan paydalanamız:

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

Biz kórip atırǵan jaǵdayda  $\alpha = \omega t$  hám  $\beta = \omega t + \varphi$ . Sonlıqtan,

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

Bunda ańlatpanıń ekinshi qosılıwshısınıń bir dáwir dawamında ortasha mınisi nolge teń. Demek, bir dáwirge tuwrı kelgen ortasha quwatlılıqtıń waqıtqa baylanıslı bolmaǵan shegarası

$$\bar{p} = \frac{U_m \cdot I_m}{2} \cos\varphi. \quad \text{boladı.}$$

Tok hám kernewdiń effektiv mánisleri ańlatpası esapqa alınsa, yaǵnıy:

$$U_{ef} = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \quad \text{hám} \quad I_{ef} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \quad \text{bolǵanı ushın tómendegige iye bolamız:}$$

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

Bul shama shıńjırdıń bir bólimindegi **özgermeli toktıń quwatlılıǵı** delinedi:

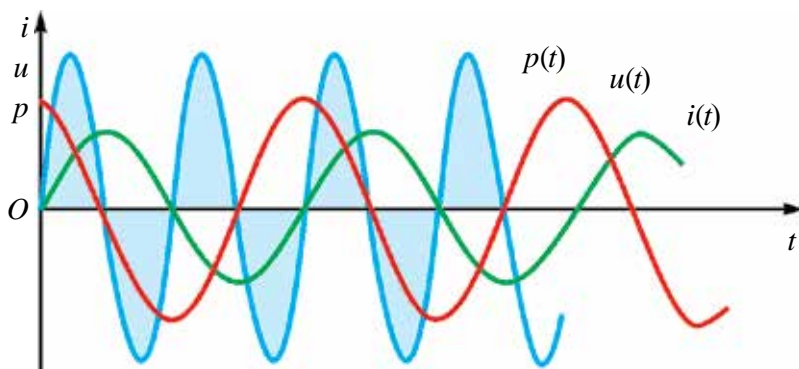
$$P = U \cdot I \cos\varphi. \quad (3-32)$$

Usıǵan muwapıq özgermeli toktıń atqarǵan jumısı tómendegige formuladan anıqlanadı:

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

Solay etip, shıńjırdıń bir bólimindegi özgermeli toktıń quwatlılıǵı hám atqarǵan jumısı tok kúshi hám kernewdiń effektiv mánisleri menen anıqlanadı. Ol, sonday-aq, kernew hám tok kúshi arasındaǵı fazanıń awısıwına da baylanıslı boladı. (3–32) formuladaǵı  $\cos\varphi$  kóbeyme **quwatlılıq koefficienti** dep ataladı.

Eger shınjırda reaktiv qarsılıq joq bolsa, onda  $\varphi=0$ ,  $\cos\varphi=1$ ,  $P=U I$



3.23-súwret.

boladı, yaǵnıy biz turaqlı tok quwatlılıǵın alamız. Shınjırda aktiv qarsılıq joq bolsa,  $\varphi=+\frac{\pi}{2}$ ,  $\cos\varphi=0$  hám  $P=0$  ge teń boladı. Tek reaktiv qarsılıq bar shınjırda ǵana ajralatuǵın quwatlılıq nolge teń boladı eken. Shınjırda tok bar bolsa da, qalay etip ortasha quwatlılıq nolge teń bolıp qalıwı múmkin? Onı 3.23-súwrette keltirilgen grafik járdemide túsindiriw múmkin. Grafikte kernew, tok kúshi hám quwatlılıqtıń  $\varphi=\frac{\pi}{2}$  mánisin-degi bir zamatlıq mánisleri keltirilgen.

Quwatlılıqtıń bir zamatlıq mınisiniń waqıtqa baylanıslılıq grafigi hár bir momentke tuwrı kelgen tok kúshi hám kernewdi bir-birine kóbeytip tabıladı. Grafikten kórinip turǵanıday, dáwirdiń tórtten bir bóliminde quwatlılıq oń mániske iye hám energiya shınjırdıń usı bólimine beriledi; lekin dáwirdiń keyingi shereginde quwatlılıq teris mıniske iye hám energiya shınjırdıń bul bóliminen energiya alınǵan tarmaqqa qaytarıp beriledi. Dáwirdiń tórtten bir bóliminde shınjırǵa berilgen energiya toktıń magnit maydanında toplanadı, sońınan tarmaqqa qaytarıladı.

Ózgermeli elektr shınjırların joybarlawda  $\cos\varphi$  nıń úlken bolıwına itibar qaratıladı. Keri jaǵdayda, energiyanıń biraz bólimi generatordan shınjırǵa hám keri baǵıtta aylanıp júredi. Sımlar aktiv qarsılıqqa iye bolǵanlıǵı sebepli, energiya olardı qızdırıwǵa jumsaladı.

Sanaat hám turmıs xızmetin kórsetiw tarawlarında elektr dvigatel-leri júdá keń qollanıladı. Olar úlken induktiv qarsılıqqa hám kishi aktiv

qarsılıqqa iye boladı. Sonıń esesine  $\cos\varphi$  nıń mánisi kemeyip ketedi. Onı asırıw ushın kárxanalardıń tarmaqlarına arnawlı kompensaciya qılıwshı kondensatorlar jalǵanadı. Bunda elektrodvigatellerdi salt yaki jeterli júklemesiz qollanılmawına itibar beriw gerek. Ádette,  $\cos\varphi < 0,85$  bolǵan qurılımalardı paydalanıwǵa ruqsat berilmeydi.

### Másele sheshiw úlgisi

1. Induktivligi 0,5 H, aktiv qarsılıǵı 100 Ω bolǵan induktiv katushka hám 10 μF sıyımlılıqlı kondensator  $U=300 \sin 200\pi t$  ózgermeli kernew dereğine jalǵanǵan. Toktıń quwatlılıǵı hám quwatlılıq koefficientin tabıń.

Berilgen:	Formulası:
$L=0,5 \text{ H}$	$P=UI \cos\varphi = \frac{U_m^2}{2Z} \cos\varphi,$
$R=100 \Omega$	
$C=10 \mu\text{F}=10^{-5} \text{ F}$	$\cos\varphi = \frac{R}{Z} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}$
$U=300 \sin 200\pi t$	
Tabıw gerek:	
$\cos\varphi=?$	
$P=?$	

Sheshiliwi:

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

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

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



1. Ózgermeli tok quwatlılıǵı hám atqarǵan jumısı qalay anıqlanadı?
2. Quwatlılıq koefficienti degende neni túsinisiz?
3. Quwatlılıq koefficientin asırıw ushın qanday ilajlar kóriledi?
4. Quwatlılıq koefficientin asırıw ushın Siz nelerdi usınıs etken bolar ediniz?

### 3-shimóiw

1. Terbelis konturı sıyımlılıǵı 8 pF bolǵan kondensator hám induktivligi 0,5 mH bolǵan katushkadan ibarat. Katushkadaǵı tok kúshiniń maksimal mánisi 40 mA bolsa, kondensatordaǵı maksimal kernew nege teń? (*Juwabı:* 317 V).

2. Induktivligi 31 mH bolǵan katushka, qaplamalarınıń maydanı 20 cm<sup>2</sup>, arasındaǵı qashıqlıq 1 cm bolǵan kondensator menen jalǵanǵan. Tok kúshiniń maksimal mánisi 0,2 mA, al kernewdiń maksimal mánisi 10 V. Kondensator qaplamaları arasındaǵı ortalıqtıń dielektrik sińdiriwsheńligi nege teń? (*Juwabı:* 7).

3. Ideal terbelis konturınıń induktivligi 0,2 H bolǵan katushka sıyımlılıǵı 20 μF bolǵan kondensatordan ibarat. Kondensatordaǵı kernew 1 V bolǵan payıtta konturdaǵı tok kúshi 0,01 A. Tok kúshiniń maksimal mánisin anıqlań. (*Juwabı:* 0,012A).

4. Terbelis konturı sıyımlılıǵı 2,5 μF bolǵan kondensator hám induktivligi 1 H qa teń katushkadan ibarat. Kondensator qaplamalarındaǵı zaryadtıń amplitudası 0,5 μC bolsa, zaryad terbelisleri teńlemesin jazıń. (*Juwabı:*  $0,5 \cdot 10^{-6} \cos 630 \cdot 10^6 t$ ).

5. Katushkanıń induktivligi 0,04 H bolǵan terbelis konturınıń erkin terbelisler jiyiligi 800 Hz. Konturdaǵı kondensator sıyımlılıǵı nege teń? (*Juwabı:* 1μF).

6. Sıyımlılıǵı 0,5 μF teń zaryadlangan kondensator induktivligi 5 mH bolǵan katushka menen jalǵanǵan. Qansha waqıttan soń kondensatordıń elektr maydanı energiyası katushkanıń magnit maydanı energiyasına teń boladı? (*Juwabı:*  $39 \cdot 10^{-5}$  s).

7.  $q=0,03 \cos (100 \pi t + \frac{\pi}{3})$  teńlemenıń grafigin sızıń.

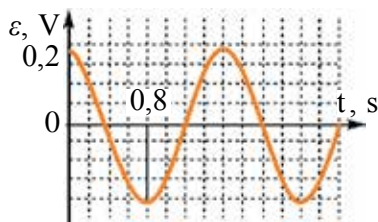
8. Aktiv qarсылıǵı 50 Ω bolǵan ózgermeli tok shınjırındaǵı kernewdiń amplituda mánisi 100 V, terbeliw jiyiligi 100 Hz. Shınjırdaǵı tok terbelisleri teńlemesin jazıń. (*Juwabı:*  $2 \cos 200\pi t$ ).

9. Shınjırdaǵı tok kúshi  $8,5 \sin(628t+0,325)$  nızamı boyınsha ózgeredi. Tok kúshiniń effektiv mánisin, terbelisler fazası hám jiyiligin tabıń. (*Juwabı:* 6,03 A; 0,325 rad; 100 Hz).

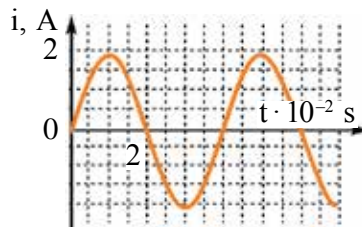
10. Ózgermeli tok shınjırına jalǵanǵan kondensatordaǵı tok kúshi  $0,03 \cos (314 t + 1,57)$  nızamı boyınsha ózgeredi. Kondensatordaǵı maksimal kernew 60 V bolsa, onıń sıyımlılıǵın anıqlań. (*Juwabı:* 5,3 μF).

11. Ózgermeli tok shınjırına jalǵanǵan katushmanıń ushlarına qoyılǵan kernew amplitudası 157 V, tok kúshiniń amplitudası 5 A, toktıń jiyiligi 50 Hz bolsa, onıń induktivligi nege teń. (*Juwapı:* 0,1 H).

12. Kernewdıń effektiv mánisi 127 V bolǵan shınjırǵa induktivligi 0,16 H, aktiv qarsılıǵı  $2 \Omega$  hám sıyımlılıǵı  $64 \mu\text{F}$  bolǵan kondensator izbe-iz jalǵanǵan. Toktıń jiyiligi 200 Hz. Tok kúshiniń effektiv mánisin tabıń.



3.24-súwret.



3.25-súwret.

13. 3.24-súwrette shınjırdaǵı EJKniń waqıtqa baylanıslılıq grafigi keltirilgen. Ózgermeli toktıń maksimal mánisin, onıń dáwirin, jiyiligin tabıń.  $\xi(t)$  baylanısıw formulasın jazıń.

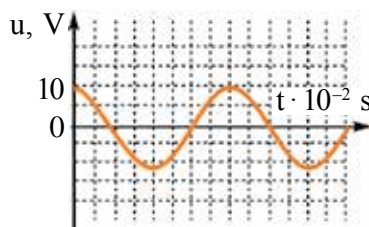
14. 3.25-súwrette shınjırdaǵı tok kúshiniń waqıtqa baylanıslılıq grafigi keltirilgen. Ózgermeli toktıń maksimal mánisin, onıń dáwirin, jiyiligin tabıń.  $i(t)$  baylanısıw formulasın jazıń.

15. 3.26-súwrette shınjırdaǵı kernewdıń waqıtqa baylanıslılıq grafigi keltirilgen. Ózgermeli toktıń maksimal mánisin, onıń dáwirin, jiyiligin tabıń.  $U(t)$  baylanısıw formulasın jazıń.

16. Jiyiligi 400 Hz bolǵan ózgermeli tok shınjırına induktivligi 0,1 H bolǵan katushka jalǵanǵan. Shınjırǵa qanday sıyımlılıqqa iye bolǵan kondensator jalǵansa, rezonans qubılısı baqlanadı? (*Juwapı:*  $1,6 \mu\text{F}$ ).

17. Terbeliw konturına jalǵanǵan kondensatordıń sıyımlılıǵı 50 pF, erkin terbelisler jiyiligi 10 MHz. Katushmanıń induktivligin tabıń. (*Juwapı:*  $5,1 \mu\text{H}$ ).

18. Konturdaǵı kernew amplitudası 100 V, terbelisler jiyiligi 5 MHz ǵa teń. Qansha waqıttan soń kernew 71 V qa teń boladı? (*Juwapı:* 25 ns).



3.26-súwret.



### III BAPTÍ JUWMAQLAW BOYÍNSHA TEST SORAWLARÍ

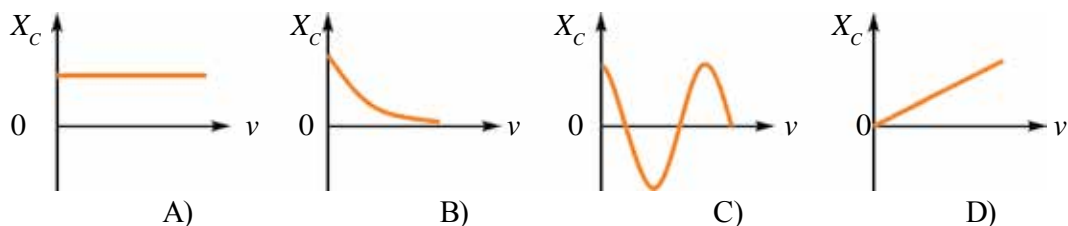
1. Terbelis konturındaǵı kondensatordáǵı elektr zaryadı  $q = 10^{-3} \cdot \cos 100\pi t$  (C) nızamı boyınsha ózgermekte. Konturda payda bolıp atırǵan elektromagnit terbelisleri jiyiligin tabıń.
 

A) 100 Hz;                      B)  $100\pi$  Hz;                      C) 50 Hz;                      D)  $50\pi$  Hz.
2. Terbelis konturındaǵı kondensatorda elektr zaryadı  $q = 10^{-3} \cdot \cos 1000t$  (C) nızamı boyınsha ózgermekte. Konturda payda bolıp atırǵan tok kúshiniń amplitudasın tabıń.
 

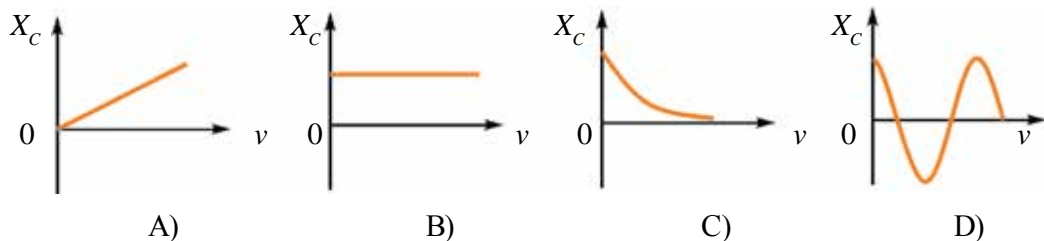
A)  $10^{-3}$  A;                      B) 1 A;                      C) 10 A;                      D)  $\pi$ A.
3. Ideal terbelis konturında kondensator sıyımlılıǵı 9 ese kemeytilse, konturdıń terbelis jiyiligi qalay ózgeredi?
 

A) 3 ese kemeydi;                      B) 3 ese artadı;                      C) 9 ese kemeydi;                      D) 9 ese artadı.
4. Ideal terbelis konturında elektromagnit terbelisler payda bolmaqta. Bunda kondensatordáǵı elektr maydanı energiyasınıń maksimal mánisi 2 mDj ǵa, katushkadaǵı magnit maydanı energiyasınıń maksimal mánisi de 2 mDj ǵa teń boldı. Terbelis konturındaǵı tolıq energiya nege teń?
 

A) 0 den 2 mDj ǵa shekem ózgeredi;                      B) 0 den 4 mDj ǵa shekem ózgeredi;                      C) ózgermeydi hám 2 mDj ǵa teń;                      D) ózgermeydi hám 4 mDj ǵa teń.
5. Tómede keltirilgen grafiklerden qaysı birinde ózgermeli elektr shıńjırlarındaǵı sıyımlılıq qarsılıqtıń jiyilikke baylanışılıǵı keltirilgen?



6. Tómede keltirilgen grafiklerden qaysı birinde ózgermeli elektr shıńjırlarındaǵı induktiv qarsılıqtıń jiyilikke baylanışılıǵı keltirilgen?



7. Резистор, индуктив катушка ҳам сыймилық ізбе-из жалғанған шынжырдың толық қарсылығы резонанс дәwirinde қандай болады?  
 A) актив қарсылықтан үлкен болады;  
 B) актив қарсылыққа тең болады;  
 C) актив қарсылықтан кishi болады;  
 D) актив қарсылықтан көп ese кishi болады.
8. Төмende кeltirilgen қásiyetlerden қaysıları sóniwshi terbelislerge tiyisli?  
 1. Гармоникалық терbelisler. 2. Ideal терbelis контурындағы терbelisler.  
 3. Real терbelis контурындағы терbelisler.  
 A) 1; B) 2; C) 3; D) 1 һәм 3.
9. Терbelis контурында payda bolatuғыn elektromagnit терbelislerdiń ciklli jiyiligin anıqlaw formulasın kórsetiń.  
 A)  $\frac{1}{T}$ ; B)  $\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ ; C)  $2\pi\sqrt{LC}$ ; D)  $\frac{1}{\sqrt{LC}}$ .
10. Төмendegilerden қaysı biri терbelis контуры толық energiyasın ańlatadı?  
 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 һәм 4.
11. Mexanikalıq терbelisler menen elektromagnit терbelisler analogiyası boyınsha, prujinalı mayatniktegi júk massası, elektromagnit терbelislerdegi қaysı fizikalıq shamaға sáykes keledi?  
 A) zaryad; B) tok kúshi;  
 C) induktivlik; D) sыйmılılıqqa kerі bolған shama.
12. Mexanikalıq терbelisler menen elektromagnit терbelisler analogiyası boyınsha, терbelis контурындағы tok kúshi, mexanikalıq терbelislerdegi қaysı fizikalıq shamaға sáykes keledi?  
 A) koordinata; B) tezlik;  
 C) massa; D) prujinanıń bekkemligi.
13. Tranzistorlı generatorda терbelislerdiń sónbewin támiyinlew ushın kiriw һәм shıǵıw shınjırındaғы kernewler faza jaǵınan qanshaға pariqlanıwı kerek?  
 A) 60°; B) 90°; C) 180°; D) 270°.



Keri baylanısıw	Shıǵıw shınjırınan elektr signalları bir bóliminiń kiriw shınjırına beriliwi.
Aktiv qarsılıq – $R$	Ózgermeli tok energiyasın qaytpaytuǵın halda basqa túrdegi energiyaǵa aylandıratuǵın qarsılıq.
Reaktiv qarsılıq – $X_C$ , $X_L$	Ózgermeli tok energiyasın elektr yaqi magnit maydanı energiyasına hám kerisinshe aylandıratuǵın qarsılıq. $X_C = \frac{1}{\omega C}$ ; $X_L = \omega L$ .
Aktiv qarsılıqlı shınjırdaǵı quwatlılıq	$P = P_m \cos^2 \omega t$ .
Ózgermeli toktıń hám kernewdiń effektiv mánisleri	$I_{ef} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$ ; $U_{ef} = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$ .
Ózgermeli toktıń tolıq shınjırı ushın Om nızamı	$I_m = \frac{U_m}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}$ .
Ózgermeli tok shınjırınıń tolıq qarsılıǵı	$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$ .
Shınjırdaǵı tok terbelisleri hám kernew terbelisleri arasındaǵı fazanıń parqı	$\operatorname{tg} \varphi = \frac{U_L - U_C}{U_m}$ yaqi $\operatorname{tg} \varphi = \frac{X_L - X_C}{R}$ .
Rezonans qubılısı	Sırtqı májbúrlewshi kúsh jiyiligi, sistemanıń jeke jiyiligine teń bolıp qalǵanda terbelisler amplitudasınıń artıp ketiwi.
Izbe-iz rezonans yaqi kernewler rezonansı	Ózgermeli tok shınjırında sırtqı elektr deregi jiyiligi, shınjırdıń jeke jiyiligine teń bolıp qalǵanda kondensator hám katuskada kernewdiń keskin artıp ketiwi.
Ózgermeli toktıń quwatlılıǵı	$P = U I \cos \varphi$ .
Ózgermeli toktıń atqarǵan jumısı	$A = U I t \cos \varphi$ .

## IV bap. ELEKTROMAGNITLIK TOLQINLAR HÁM TOLQÍN OPTIKASÍ

Elektr shınjırlarında elektromagnitlik terbelislerdi úyreniw mınalardı kórsetedi, kernew hám tok kúshiniń ózgeriwi, shınjırdıń bir bóliminen ekinshisine júdá joqarı tezlikte, yaǵnıy 300000 km/s penen tarqaladı. Bul tezlik ótkizgishtegi erkin elektr zaryadlardıń tártipli qozǵalıw tezliginen júdá kóp ese jaqsı. Elektromagnit terbelisleriniń bir noqattan ekinshi noqatqa uzatılıw mexanizmin tek ǵana maydan túsininginen paydalanıp túsindiriw múmkin boldı.

J.K. Maksvell 1864-jılı vakuumda hám dielektriklerde tarqala alatuǵın elektromagnit tolqınlardıń bar bolıwı haqqındaǵı gipotezanı aytıp ótedi. Biz elektromagnit maydan hám elektromagnit tolqın teoriyası menen qısqasha tanısıp shıǵamız.

---

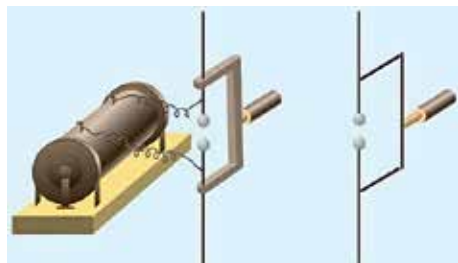
### 21-tema. ELEKTROMAGNITLIK TERBELISLERDİŇ TARQALÍWÍ. ELEKTROMAGNITLIK TOLQÍN TEZLIGI

1831-jılı M.Faradey tárepinen oylap tabılǵan elektromagnit indukciya qubılısın tereń úyrengen Maksvell tómenдеgi juwmaققa keledi: *magnit maydanınıń hár qanday ózgeriwi onıń átirapındaǵı keńislikte iyrimli elektr maydanın payda etedi.*

Faradey tájiriybelerindegi tuyıq ótkizgishte indukciyalıq EJK payda bolıwınıń sebepshisi usı ózgermeli elektr maydanı esaplanadı. Bul iyrimli elektr maydanı tek ótkizgishte emes, al ashıq keńislikte de payda boladı. Solay etip, magnit maydanınıń ózgeriwi elektr maydanın payda etedi. Tabiyatta buǵan kerı qubılıs bolmaspa eken, yaǵnıy ózgermeli elektr maydanı magnit maydandı payda etpespe eken? Bul shamalaw simmetriya kózqarasınan alǵanda Maksvell gipotezasınıń tiykarın quraydı. Bul gipoteza boyınsha *elektr maydanınıń hár qanday ózgeriwi onıń átirapındaǵı keńislikte iyrimli magnit maydanın payda etedi.*

Maksvelldiń bul gipotezası biraz waqıt óz tastıyıqlawın taba almay turdı. Elektromagnitlik tolqınlar tek Maksvell óliminen

10 jil ótkennen soń, eksperimental túrde H.R.Hertz tárepinen payda etildi. 1886–1889-jılları H.Hertz elektromagnit tolqındı payda etiw ushın juqa hawa qatlamı menen ajratılğan diametri 10–30 cm bolğan eki kishi shar yaki cilindr alıp, tuwrı sterjen ushlarına bekkemlegen (4.1-súwret). Basqa tájiriybelerinde tárepi 40 cm bolğan metall betten paydalanğan. Sharlardıń aralıǵı bir neshe mm átirapında qaldırılğan. Cilindr yaki sharlar joqarı kernewli derekke jalǵanǵan bolıp, onı oń hám teris belgide zaryadlaǵan. Kernew belgili bir mániske jetkende, sharlar aralıǵında ushqın payda bolğan. Ushqın bar bolıw dáwirinde vibratorıda joqarı jiyilikli sóniwshi terbelisler payda boladı. Eger elektromagnit terbelisler tarqalıp, tolqın payda etse, ekinshi vibratorıda EJK payda bolıwı hám aqıbette sharlar arasında ushqın payda bolıwı kerek. Hertz usı qubılıstı baqlap, elektromagnit tolqınlar bar ekenligin tastıyıqladı.



4.1-súwret.

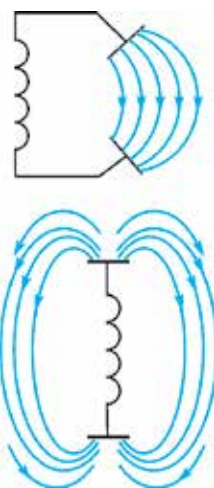
Aldıńǵı bapta kórilgen terbelis konturı jabıq bolǵanlıǵı sebepli onnan terbelisler az tarqaladı.

Áste-aqırın kondensator qaplamaların bir-birinen uzaqlastıra baslayıq (4.2-súwret).

Bul jaǵdayda maydan kúsh sızıqları qaplamalar arasında shıǵıp, keńislikke tarqala baslaydı. Eger qaplamalardan birin pútkilley joqarıǵa, ekinshisi tómenge qaratıp qoyılsa, elektromagnitlik terbelisler kosmosqa tolıq tarqalıp ketedi.

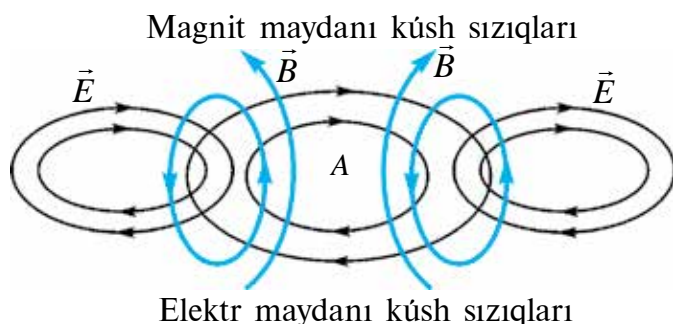
Bunday kórinistegi kontur **ashıq terbelis konturı** delinedi.

Tarqalıp atırǵan elektromagnit tolqınların kóz aldımızǵa keltiriw ushın 4.3-súwretke qarayıq. Qanday da momentte keńisliktiń A oblastında ózgermeli elektr maydanı bolsın. Ol jaǵdayda ózgermeli elektr maydanı óz átirapında magnit maydanın payda etedi. Ózgermeli magnit maydanı qońsı oblastta ózgermeli elektr maydanın payda etedi. Keńisliktiń izbe-iz jaylasqan oblastlarında óz ara perpendikulyar jaylasqan, dáwirli ráwishte



4.2-súwret.

özgermeli elektr hám magnet maydanları payda boladı. Elektromagnit tolqınlardıń tarqalıwı **nurlanıw** dep te ataladı.



4.3-súwret.

Hertz tájiriyyelerinde tolqın uzınlığı bir neshe on santimetrđi qurağan edi. Vibratorıda payda bolıp atırğan jeke elektromagnit terbelisler jiyiligin esaplap, elektromagnit tolqınlardıń tarqalıw tezligin  $v = \lambda \cdot \nu$  formula járdeminde anıqlaydı. Ol jaqtılıq tezligine teń bolıp shıǵadı.

Keyingi zamanagóy ólshemler de bul mánistiń durılıǵın tastıyıqladı.

### Másele sheshiw úlgisi

Ashıq terbelis konturındaǵı kernew  $i = 0,3 \sin 5 \cdot 10^5 \pi t$  nızamı boyınsha ózgeredi. Hawada tarqalıp atırğan elektromagnit tolqınıń uzınlığı  $\lambda$  nı anıqlań.

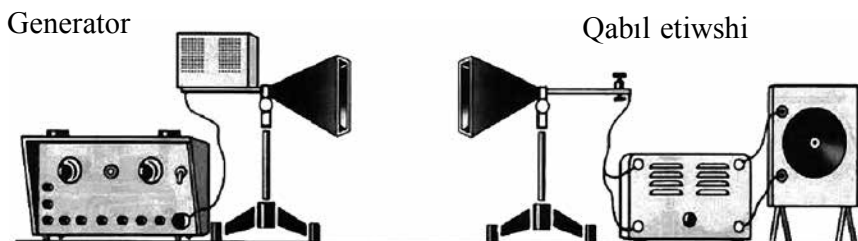
Berilgen:	Formulası:	Sheshiliwi:
$\omega = 5 \cdot 10^5 \pi \cdot \text{s}^{-1}$ $v = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$	$\omega = 2\pi\nu \Leftrightarrow \nu = \frac{\omega}{2\pi}$	$\nu = \frac{5 \cdot 10^5 \cdot \pi \cdot \text{s}^{-1}}{2\pi} = 2,5 \cdot 10^5 \text{ Hz.}$
Tabıw kerek: $\lambda = ?$	$\lambda = \frac{v}{\nu}$	$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{2,5 \cdot 10^5} \text{ m} = 1200 \text{ m.}$
		<i>Juwabı: 1200 m.</i>



1. Ashıq terbelis konturı degende neni túsinemiz?
2. Maksvell elektromagnit maydanı bar ekenligi teoriyasın jaratıwda nelerge súyengen?
3. Hertz vibratorında ekinshi sterjenge ornatılǵan sharlar arasında derekke jalǵanbaǵan bolsa da, ne sebepten ushqın shıǵadı?
4. Hertz elektromagnit terbelislerden paydalanıw boyınsha qanday pikirler aytqan?

## 22-tema. ELEKTROMAGNITLIK TOLQINLARDIŃ ULIWMA QÁSIYETLERI (EKI ORTALIQ SHEGARASINDA QAYTIWI HÁM SINIWI). TOLQINDI XARAKTERLEWSHI TIYKARGI TÚSINIK HÁM SHAMALAR

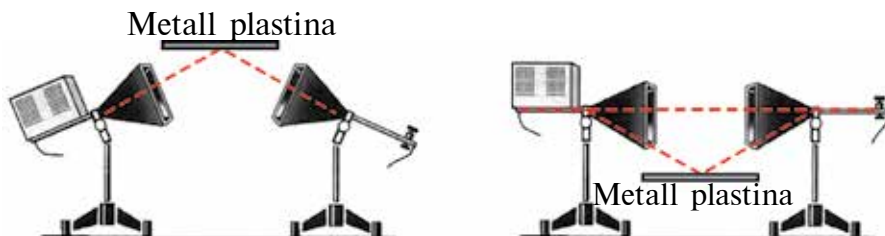
Elektromagnitlik tolqinlardıń qásiyetlerin elektromagnitlik tolqın shıǵaratuǵın arnawlı generator járdemide úyreniw múmkin. Generatorda payda bolǵan joqarı jiyilikli elektromagnitlik tolqın *generator ruportı* dep atalatuǵın tarqatıwshı antennadan tarqatıladı (4.4-súwret).



4.4-súwret.

Qabil etiwshi antennanıń forması da dál tarqatıwshı antennaga uqsas boladı. Antennada qabil etilgen elektromagnit tolqın payda etken EJK kristall diod járdemide pulsaciyalanıwshı tokqa aylanadı. Tok kúsheytilgenen soń galvanometrge beriledi hám jazıp alınadı.

**Elektromagnitlik tolqınlardıń qaytıwı.** Tarqatıwshı hám qabil etiwshi ruporlar arasına metall plastina qoyılsa, ses esitilmeydi. Elektromagnit tolqınlar metall plastinadan óte almay qaytadı. Endi tarqatıwshı rupordı joqarıǵa (tómenge) burayıq. Metall plastinanı joqarıǵa (tómenge) 4.5-súwrette kórsetilgenindey ornatayıq. Ol jaǵdayda qabil etiwshi antenna, túsiw múyeshine teń bolǵan múyeshte jaylastırılǵanda jaqsı qabil etiletuǵının seziw múmkin.



4.5-súwret.



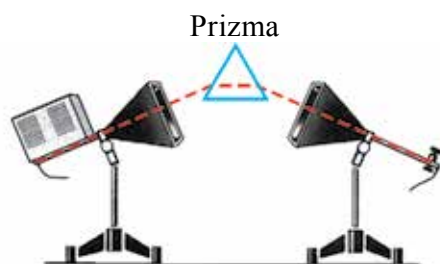
Elektromagnitlik toʻlqinlarini metall plastinadan qaytishni toʻmondagishe tushundirish mumkin. Metallga kelib tushgan elektromagnit toʻlqin metall betida erkin elektronlarini majburiy terbelislarini payda etadi. Bul majburiy terbelislarini jiyiligi elektromagnit toʻlqinini jiyiligine teng boladi. Toʻlqin metalldan oʻte almaydi, biraq metall betini oʻzi ekilemshil toʻlqinlar deregi bolip qaladi, yaʼni toʻlqin betten qaytadi. Tajiriybeler elektromagnit toʻlqinlarini eki ortaliq shegarasidan qaytishida qaytish nizamini orinlanishini korsetedi.

Metall plastina ornina dielektrik alinsa, onnan elektromagnitlik toʻlqinlar juda az qaytadi ekan. Sebebi, olarda erkin elektronlar juda az boladi.

Elektromagnitlik toʻlqinlarini qaytishidan radiobaylanis ham radiolokatsiyada ken qollaniladi (4.6-suvret).



4.6-suvret.



4.7-suvret.

**Elektromagnit toʻlqinlarini sinishi.** Oni uyneniushin metall plastina ornina parafin menen toʻltirilgan ushmuyeshli prizmadan paydalaniladi (4.7-suvret). Qabil etiwshil antenna toʻlqinini jazip aladi. Demek, elektromagnit toʻlqin eki ortaliq hawa-parafin ham parafin-hawa shegarasidan oʻtkende sinadi. Tajiriybeler elektromagnitlik toʻlqin bir ortaliqtan ekinshisine oʻtkende **sinish nizamini**ni orinlanishini korsetedi:

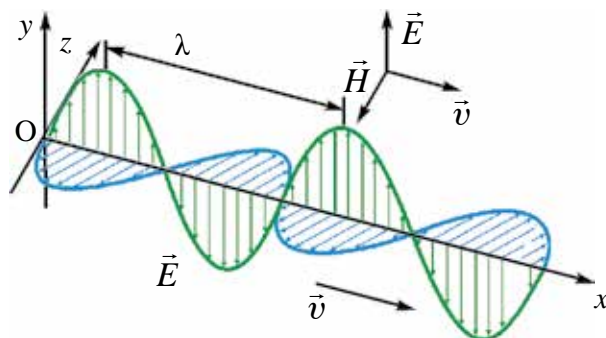
$$n_{21} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_1}} \frac{\sqrt{\epsilon_2}}{c} = \sqrt{\frac{\epsilon_2}{\epsilon_1}}; \quad (4-1)$$

bunda:  $\epsilon_1$  ham  $\epsilon_2$  – saykes rawishte birinshil ham ekinshil ortaliqlarini dielektrik sinidiriwshenlikleri.

Terbelisler fazasi birdey bolgan, bir-birine teng jaqin turgan eki noqtat arasindagi qashikliq elektromagnit toʻlqin uzunligi delinedi:  $\lambda = \frac{c}{\nu}$ .

Elektromagnitlik toʻlqininin tiykargi xarakteristikasi onin jiyiligi  $\nu$  (dawiri  $T$ ) esaplanadi. Sebebi, elektromagnitlik toʻlqin bir ortaliqtan ekinshisine otkende onin toʻlqin uzunligi ozgeredi, jiyiligi ozgermesten qaladi.

Elektr maydani kernewliligi ham magnit maydani indukciya vektorlarinin terbelis bagitlari toʻlqinin tarqaliw bagitina perpendikulyar boladi (4.8-suwret). Demek, elektromagnit toʻlqinlar kondelen toʻlqinlar eken.



4.8-suwret.

Elektromagnitlik toʻlqinin tarqaliw tezligi  $\vec{v}$  elektr maydani kernew vektori  $\vec{E}$  ham magnit maydani indukciya vektori  $\vec{B}$  na perpendikulyar bagdarlangan.

Elektromagnitlik toʻlqinin tiykargi energetikaliq xarakteristikalarinin biri *elektromagnit toʻlqin nurlaniwinin agim tigizligi* esaplanadi.

*Elektromagnitlik toʻlqin nurlaniwinin agim tigizligi dep, toʻlqinin tarqaliw bagitina perpendikulyar bagitta jaylasqan  $S$  maydanli betten  $\Delta t$  waqitta otiw-shi  $W$  elektromagnit energiyaga aytiladi:*

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

Tolqin nurlaniwinin agim tigizligi betinin birlik maydaninan bir dawirde otiwshi elektromagnit toʻlqin nurlaniwinin ortasha quwatliliginan ibarat. Ol *tolqin intensivligi* dep ataladi.

$P_{\text{ort}} = \frac{W_{\text{ort}}}{t}$  ni (4-2) ga qoyilsa,  $I = \frac{P_{\text{ort}}}{S}$  boladi. Nurlaniwdin agim tigizligi yaki toʻlqin intensivliginin birligi  $\frac{W}{m^2}$ .

Nurlaniw agimi bagitina perpendikulyar jaylasqan bagitta maydani  $S$ , jasawshi  $c\Delta t$  ga ten bolgan cilindr sizayiq. Cilindrdin kolemi  $\Delta V = S \cdot c\Delta t$

ga teń. Cilindr ishindegi elektromagnit maydan energiyası, energiya tıgızlıgınıń kóbeymesine teń:

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

bunda:  $w$  – elektromagnit tolqın energiyasınıń tıgızlıgı. (4-3) formulanı (4-2) qoyıp, tómendegige iye bolamız:

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

Elektromagnit tolqın ağımınıń tıgızlıgı, elektromagnit energiyasınıń tıgızlıgı menen tolqınınıń tarqalıw tezliginiń kóbeymesine teń.

Noqatlı derekten shıgatuğın elektromagnit tolqınlar barlıq tárepke tarqaladı. Sonlıqtan, derektiń átirapında onı orap turğan oblasttı sfera dep qarap, 4-2 formulanı tómendegishe jazamız:

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

bunda:  $S = 4\pi R^2$  sfera betiniń maydanı. Demek, noqatlı derekten shıgatuğın tolqınınıń intensivligi aralıqtıń kvadratına proporcional ráwishte kemeyip baradı eken.

Elektromagnit maydanınıń elektr maydanı kernewliligi  $\vec{E}$  hám magnit maydanı indukciyası  $\vec{B}$  terbelip atırğan bólekshelerdiń tezleniwi  $\vec{a}$  ga proporcional. Al, tezleniw garmonikalıq terbelislerde jiyiliktiń kvadratına proporcional. Sonlıqtan  $E \sim \omega^2$  hám  $B \sim \omega^2$  ekenligi itibarğa alınsa, maydanlar energiyasınıń tıgızlıqları jiyiliktiń tórtinshi dárejesine proporcional bolıwı kelip shıgadı:

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

### Másele sheshiw úlgisi

1. Elektromagnit tolqınlar qanday da bir tekli ortalıqta  $2 \cdot 10^8$  m/s tezlik penen tarqalmaqta. Eger elektromagnit tolqınlardıń jiyiligi 1 MHz bolsa, onıń tolqın uzınlıgı nege teń?

Berilgen:	Formulası:	Sheshiliwi:
$v = 2 \cdot 10^8$ 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.
Tabıw kerek: $\lambda = ?$		Juwabi: 200 m.



1. Ne sebepten jaqtilandırıw tarmaqlarındağı özgermeli tok ámelde elektromagnitlik tolqınlardı nurlandırmaydı?
2. Elektromagnitlik tolqınlardıń qaytıwı hám sınırıwan qay jerlerde paydalanıladı?
3. Elektromagnitlik tolqınlardıń jutılıwınan qay jerlerde paydalanıladı?
4. Elektromagnitlik tolqınlardıń jiyiligi 3 ese kemeydi. Bunda nurlanıw energiyası qalay ózgeredi?

## 23-tema. RADIOBAYLANÍSTIŃ FIZIKALIQ TIYKARLARÍ. EŃ ÁPIWAYÍ RADIONIŃ DÚZILISI HÁM ISLEWI. RADIOLOKACIYA

Áyyemgi dáwirlerde insanlar bir-birlerine xabar jiberip turıwda túrli qurallardan paydalanǵan. Bir mámleketten ekinshi mámleketke qatnawshı kárwanlar arqalı xatlar jiberiw, kepterlerdiń ayaǵına xattı baylap jónetiw hám t.b. Ayırım jaǵdaylarda arnawlı shabarmanlar xattı alıp, shapqır atlarǵa minip, toqtawsız shapqan halda jetkerip bergen. Bunda xat-xabardı jetkeriwshi quraldıń háreket etiw tezligi, kárwannıń yaki shawıp baratırǵan attıń tezligine baylanıslı bolǵan.

Ekinshi tárepten jetkeriwshi quraldıń jolında kóplegen tosıqlar bolıp, xat-xabardı iyesine jetkeriw kepilligi bolmaǵan.

Xabardı jibergende elektromagnitlik tolqınlardan paydalanılsa bolmaspa eken?

Birinshiden, elektromagnitlik tolqınlar tabiyattağı eń joqarı tezlik penen tarqaladı. Ekinshiden, onı jolda qaraqshılar yaki dushpanlar uslap qala almaydı.

Biraq, Hertz vibratorında payda bolǵan ushqınnıń quwatlılıǵı júdá kishi bolǵanlıqtan onnan signallardı uzaq aralıqqa tarqatıwda paydalanıwǵa bolmaytuǵın edi. A.S. Popovtıń elektromagnit tolqınlar arqalı xabar jónetiw boyınsha jańalıǵınan bes jıl aldın francuz fizigi E. Branli elektromagnit tolqınlardı jazıp alıwdıń sezgirliktegi isenimli usılın tabadı. Bul ásbaptı E. Branli *kogerer* (lot. *kohaerens*—baylanısta bolǵan) dep ataydı. Kogerer ishinde eki elektrod ornatılǵan shiyshe trubkadan ibarat bolıp, ishine mayda temir untaǵı salınǵan. Bul ásbaptıń qarsılıǵı ápiwayı sharayatta joqarı boladı. Konturǵa kelgen elektromagnit tolqın joqarı jiyilikli ózgermeli toktı payda etedi. Untaqlar arasında kishi ushqınlar payda bolıp, olardı bir-birine jabıstırıp qoyadı. Nátiyjede olardıń qarsılıǵı keskin

kemeyedi (A. S. Popov tájiriybesinde 100000  $\Omega$  dan 1000  $\Omega$  ға shekem, yaǵnıy 100 eseden kóp). Biraq, bir márte tok ótkennen keyin untaqlar jabısıp qaladı. Kogererdi silkitip jiberip, onı jáne jumısshı halatqa keltiriw kerek boladı. Bunıń ushın A. S. Popov kogerer shıńjırına elektromagnit rele arqalı elektr qońırawın jalǵaydı. Elektromagnitlik tolqın kelgende bul qońırawdıń balǵashası bir waqıtta kogererge de urılǵan hám kogerer jumısshı halatqa qaytqan.

1895-jılı 7-mayda Rossiyanıń Sankt-Peterburg qalasında rus injeneri A.S. Popov birinshi márte xabardı elektromagnitlik tolqınlar arqalı jiberip, onı qabıl etiwdi kórsetip berdi. Xabarlardıń elektromagnitlik tolqınlar járdeminde almasıwına **radiobaylanıs** delinedi. Xabardı jiberiwshi qurılmanı **radiouzatqısh**, qabıl etiwshi qurılma **radiopriyomnik** delinedi.

A.S.Popov 1899-jılı radiobaylanıstı 20 km uzaqlıqta ornataqan bolsa, 1901-jılı 150 km ge jetkeredi.

Usıǵan uqsas qurılmalardı italyan injeneri G. Markoni da parallel ráwıshte oylap tabadı.

Elektromagnit tolqınlardıń jiyiligi kishi bolsa, onıń energiyası az bolıp, uzaq aralıqqa bara almaydı ( $W \sim v^4$ ). Ekinshiden, óz ara jaqın jaylasqan eki radiostanciyanıń xabarları bir-birine aralasıp ketedi. Sol sebepli radiobaylanıs joqarı jiyilikli elektromagnit terbelislerden paydalanıw zárúrligi tuwıldı.

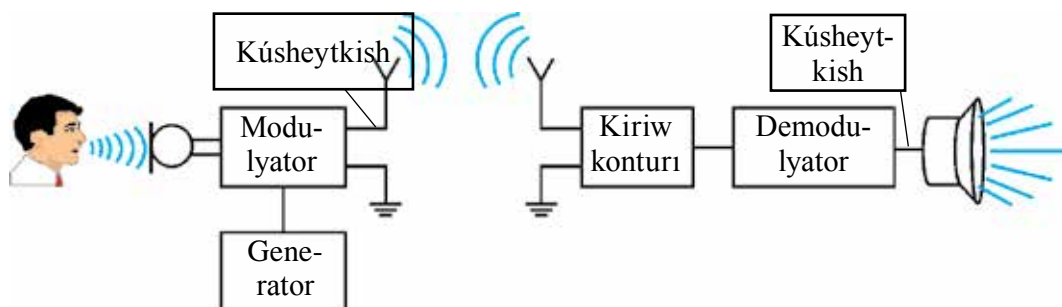
1913-jılı sónbeytuǵın elektromagnit terbelisler payda etiwshi generator oylap tabılıwı áhmiyetli qádem boldı.

Xabarlar endi joqarı jiyilikli elektromagnitlik tolqınlar járdeminde uzatıla basladı. Bunıń ushın generatorda islep shıǵılǵan joqarı jiyilikli elektromagnit terbelislerge, tómen jiyilikli (ses jiyiligi) terbelisler qosıp jiberiledi. Bunda ses terbelisleri **mikrofon** járdeminde elektr terbelislerine aylandırıladi.

Tómen jiyilikli elektr terbelislerdi joqarı jiyilikli elektr terbelislerge qosıp jiberiw **modulyaciya** delinedi. Radiobaylanıstı alıp barıw blok-sxeması 4.9-súwrette kórsetilgen.

Modulyaciyalangán terbelisler antenna járdeminde keńislikke tarqatıladi. Radiobaylanıstıń qabıl etiwshi bóliminde de antenna boladı. Oǵan kelip urılǵan elektromagnit tolqınlar, elektromagnit terbelislerdi payda etedi. Radiopriyomnikte kóplegen radiostanciyalar ishinen kerekliyin tańlap alıw **kiriw konturı** arqalı ámelge asırıladi. Sonnan soń joqarı jiyilikli terbelislerge qosıp jiberilgen tómen jiyilikli terbelisler ajratıp

alınadı. Bul **demodulyator**da ámelge asırıladı. Telefon kernayında tómen jiyilikli elektr terbelisleri ses terbelislerine aylanadı.

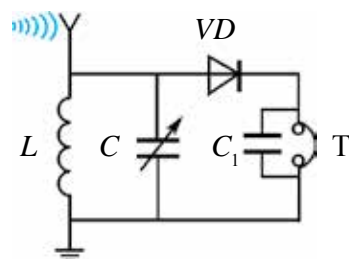


4.9-súwret.

Radiopriyomnik qanday bloklardan dúzilgeni Sizge belgili. Endi eń ápiwayı radiopriyomnik qanday elementlerden dúzilgeni hám islewin kórip shıǵayıq (4.10-súwret).

Antennaǵa kelip urılǵan radiotolqınlar onda elektromagnit terbelislerdi payda etedi. Induktiv katushka ( $L$ ) hám ózgermeli sıyımlıqtaǵı kondensator ( $C$ ) terbelis konturın payda etedi. Ózgermeli sıyımlıqlı kondensator járdeminde kontur jiyiligi, qabıl etiliwi kerek bolǵan radiostanciya jiyiligine sazlanadı. Sonıń menen kóp radiostanciyalar signalları arasınan kerekli ajratıp alınadı.

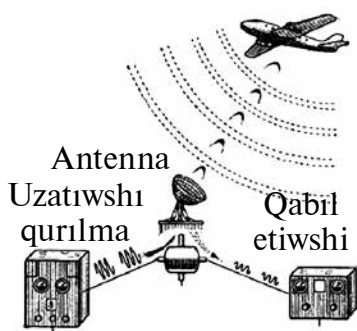
Belgili bolǵanıday, jiberilgen xabar joqarı jiyilikli terbelislerge qosılǵan halda keledi. Joqarıda ayılǵanıday, olardı bir-birinen ajratıp beriwdi demodulyator qurılısı ámelge asıradı. Ol kóbinese **detektorlaw** delinedi. Bul wazıypanı yarım ótkizgishli diod atqaradı. Kiriw konturında payda bolǵan joqarı jiyilikli kernew  $VD$  diod  $C_1$  kondensator hám  $T$



4.10-súwret.

telefon arqalı toktı payda etedi. Diod arqalı ótiwde joqarı jiyilikli hám tómen jiyilikli signallar bir-birinen ajraladı. Joqarı jiyilikli signallar  $C_1$  kondensator arqalı, tómen jiyilikli signallar  $T$  telefon arqalı ótedi. Telefondı qulaqqa tutıp, arqayın radioesittiriwlerdi esitiw múmkin. Keltirilgen eń ápiwayı radiopriyomnikte diod **detektor** wazıypasın atqarǵanlıǵı hám basqa elektron ásbaplar qollanılmǵanlıǵı sebepli bul priyomnik **detektorlı priyomnik** dep ataladı.

Elektromagnit tolqınlardan radiolokaciya da keń paydalanıladı (4.11-súwret).



4.11-súwret.

Aldıngı temada aytıp ótilgenindey, bunda elektromagnitlik tolqınlardıń qaytıwı qubılısınan paydalanıladı. Radiolokaciya járdeminde ushıp ketip baratırǵan samolyotlardıń biyikligin, tezligin hám qanday uzaqta ekenligin júdá anıq ólshew múmkin. Bunıń ushın radiouzatıw júdá qısqa waqıt ishinde óshirip jaǵılsa, samolyotqa urılıp qaytıp kelgen radiotolqındı jazıp alıw múmkin.

Elektroapparatura járdeminde tolqın jónetilgen hám qaytıp kelgen waqıt aralıǵı  $\Delta t$  ólshense, elektromagnitlik tolqınlardıń basıp ótken jolın tabıw múmkin.  $s = ct$ . Bunda:  $c$  – elektromagnit tolqın tezligi. Tolqınnıń obyektke shekem hám onnan artqa qaytqanlıǵı ushın onıń ótken jolı  $s = 2l$  boladı.  $l = \frac{ct}{2}$  – antennadan obyektke shekem bolǵan aralıq. Obyekttiń keńisliktegi jaylasqan ornın anıqlaw ushın radiotolqınlar jıńıshke nur formasında jiberiledi. Bunıń ushın antenna sferalıq kóriniske jaqın formada jasaladı.

Radiolokaciyalı metod penen Jerden Ayǵa shekem hám de Merkuriy, Venera, Mars hám Yupiter planetalarına shekem bolǵan aralıqlar anıq ólshengen.

### **Másele sheshiw úlgisi**

1. Radiolokator tolqın uzınlıǵı 15 cm bolǵan elektromagnit tolqın járdeminde isleydi hám hár sekundta 4000 impuls shıǵaradı. Hár bir impulstıń dawamlılıǵı  $2 \mu s$ . Hár bir impulsta qansha terbelis bolatuǵını hám radiolokator járdeminde qanday eń jaqın aralıқтаǵı nıshandı anıqlaw múmkinligin tabıń.

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



1. Radiopriyomnikte detektor qanday wazıypanı atqaradı?
2. Priyomnikke kiriw konturı ne ushın kerek?
3. Radiolokator járdeminde obyektke shekem bolğan aralıq qalay ólshenedi?
4. Eñ ápiwayı radiopriyomnikte kondensator sıyımlılıǵı 4 ese kemeysel, radiopriyomnik qabıl etetuǵın elektromagnit tolqın uzınlıǵı qalay ózgeredi?



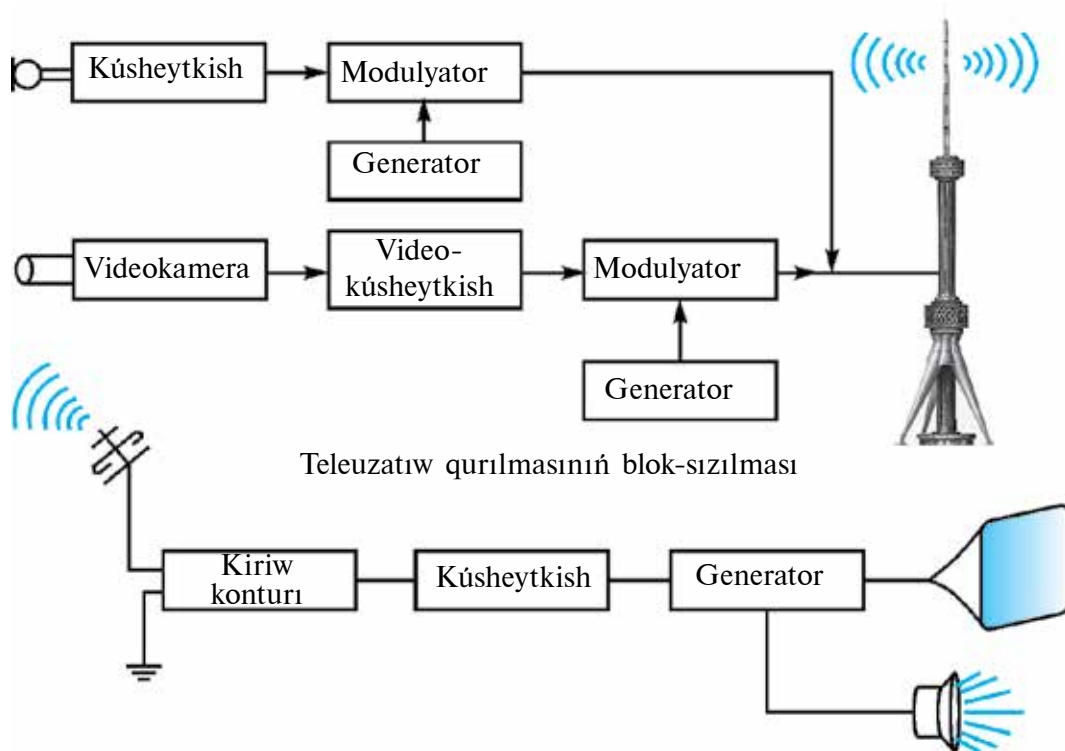
4.10-súwrette keltirilgen detektorlı priyomnikti jasap, qollanıw kórin.

## 24-tema. TELEKÓRSETIWLERDİŇ FIZIKALÍQ TIYKARLARÍ. TASHKENT – TELEVIDENIE WATANÍ

Házirgi kúnde televizor kórmeytuǵın oqıwshı bolmasa kerek. Átirapımızdaǵı álem haqqındaǵı maǵlıwmatlar, túrli kewil ashar kórsetiwler, multfilmlerdi bárshe kóredi. Bunnan tısqarı, turmısımızda bolıp ótetuǵın jaqsı kúnler, toylar, máresimler hám ilajlardı da kóriniske túsirip, sońınan qálegen kúnde qayta kóriwimiz múmkin. Ayǵa, Zuhra, Mars planetalarına tikkeley barmastan-aq, onıń betin kosmoslıq kemege ornاتیлған телеkameralar járdeminde baqlawımız da televidenienniń jetiskenligi sebebi esaplanadı. Solay eken, videokórinisler bir jerden ekinshi jerge qalay uzatıladı? Qabıl etilgen jerde signallar jáne qalay etip kóriniske aylanadı?

Bul sıyaqlı sorawlar kópshilik oqıwshını qızıqtıradı, álbette. Telekórsetiwler ámelge asırılátuǵın qurılmanıń ápiwayı blok-sızılması 4.12-súwrette keltirilgen.





4.12-súwret.

Aldıngı temada ses terbelisleri mikrofon járdeminde elektr terbelislerine aylandırılıwı aytıp ótilgen edi. Dál usınday kórinis te dáslep elektr signallarına aylandırıladı. Bul process arnawlı **videokamera** dep atalatuğın qurılmada ámelge asırıladı. Videokamerada payda etilgen signallar arnawlı elektron qurılmada kúsheytiledi.

Modulyator, generator, islep shıǵılǵan joqarı jiyilikli elektromagnit terbelislerge kórinis signalları qosıladı. Teleuzatıw qurılısında bólek radiouzatıw bólimi bolıp, onıń islewi aldınǵı temada keltirilgen qurılmadan parıqlanbaydı.

Teleuzatıw qurılısınıń aqırǵı blogında modulyaciyalanǵan ses hám kórinis signalları tutas halda tarqatıwshı antennaǵa beriledi.

Telepriyomnik qurılısındaǵı antennada telesignallar elektr terbelislerine aylandırıladı. Kiriw konturı járdeminde kerekli baǵdarlama tańlap alınadı. Ajratıp alınǵan kúshsiz signal arnawlı elektron blokta kúsheytilip, detektorǵa beriledi. Detektor joqarı jiyilikli signaldan kórinis hám ses signalların ajratıp beredi. Kórinis signalı televizor ekranına, ses signalı radiokernayǵa beriledi.

Házirgi zaman televizorları reŋgli, sestı túrlishe ırǵaqtı shıǵatuǵın, aralıqtan basqarılatuǵın etip islenedi. Sonlıqtan televizorda joqarıda kórsetilgen bloklardan tısqarı basqa blokları da boladı.

Telexabarlar jiyilikleri 50 MHz hám 230 MHz aralıǵında bolǵan diapazonda tarqatıladı. Bunday tolqınlar tek antennanıń kóriniw shegarasında ǵana tarqaladı. Sonıń ushın telexabar menen úlken aymaqtı qamtıp alıw ushın telexabar tarqatıwshılar biyikligin asırıw hám olardı tıǵızırmaq jaylastırırwı kerek boladı. Telekórsetiwlerdi jáne de uzaqqa jiberiw ushın joldas baylanıs sistemasınan paydalanıw múmkin.

Belgili bolǵanıday, 1911-jıldıń 9-mayında Sankt-Peterburg texnologiya institutında B.L. Rozing reshıyotkanıń qozǵalmaytuǵın kórinisin elektron nurlı trubka ekranında payda etedi.

Televidenienniń bunnan keyingi rawajlanıwı Tashkent penen baylanısqan. Orta Aziya mámleketlik universiteti laborantı Boris Pavlovich Grabovskiy qozǵalmalı kóriniske iye bolǵan televiziyalıq apparattı jaratıw menen shuǵıllanadı. Injenerler V.I. Popov hám N.G. Piskunovlar menen birgelikte «radiotelefot» aparatınıń konstrukciyasın islep shıǵadı. Oǵan 1925-jılı 9-noyabrde qabıl etiw nomeri №4899 bolǵan gúwaliq hám keyin nomeri №5592 bolǵan patent beriledi. Bul joybar házirgi zaman televiziyalıq sistemasınıń barlıq elementlerin óz ishine aladı. Álbette, bul «radio arqalı kóriw» joybarın ámelge asırıw ushın qosımsha apparatura hám ásbaplar zárúr edi. Sonda B.P. Grabovskiydiń járdemshisi I.F. Belyanskiy Ózbekstan OAK Prezidiumı Baslıǵı Y. Axunbabaevqa járdem sorap múrátat etedi. Respublika basshıları oylap tabıwshılardıǵa jeterli dárejede qarǵı ajratadı. Televiziyalıq qurılma ushın Tashkenttiń barlıq kárxana hám laboratoriyalarında buyırtpalar orındandı.

Házirgi zaman televizorınıń babası «Telefot»tıń súwretli túrdegi sınawı 1928-jılı 26-iyul kúni okrug baylanıs imaratında Orta Aziya Mámleketlik Universiteti professorı N.N. Zlatovrackiy basshılıǵında bolıp ótedi. Onda birinshi márte qozǵalıp atırǵan adamnıń súwreti kórinedi. 4-avgust kúni Tashkent qalasınıń Alisher Nawayı kóshesinde qozǵalıp atırǵan tramvaydıń súwreti «telefot» arqalı kórsetiledi. «Telefot» jetilistirildi: onıń basqa variantları islendi hám izleniwler pútkil dúnya alımları, injenerleri tárepinen alıp barılıp, televizorlar házirgi kúndegi kóriniske iye boldı. Sonlıqtan «Televidenie watanı – Tashkent» dep jar salıp aytı alamız.

1956-jılı buringı Orta Aziya respublikaları arasında birinshilerden bolıp aq-qara reńgli televiziyalıq orayı Tashkentte iske tusedi. Buringı Awqamda 1990-jılğa shekem tek eki ǵana «Birinci (Moskva)» hám «Ekinshi (Orbita)» pútkil awqamlıq kanalı bar edi. Orınlarda úshinshi jergilikli baǵdarlama boyınsha telekórsetiwler alıp barılǵan. Tashkentte 4-baǵdarlama sıpatında gezekpe-gezek Qırǵızstan hám Tájikstan televideniyesi alıp kórsetilgen. 5-baǵdarlamada Qazaqstannıń telekórsetiwleri alıp kórsetilgen. 1956-jılı Tashkentte biyikligi 180 m bolǵan teleminara qurılıp, turaqlı telekórsetiwler berilip barǵan. 1967-jılı SEKAM atlı reńgli telekórsetiw sisteması iske túsken. 1978–85-jılları Tashkent qalasında Bozsuw kanalınıń oń jaǵasında 375 m biyiklikte teleminara qurılıp, iske túsirilgen. Jer astındaǵı tereńligi 11 metr bolıp, ulıwma awırlıǵı 6000 tonnadan kóbirek. Teleminara Oraylıq Aziyada 1-orında, dúnyada Ostankino (Moskva), Toronto (Kanada), Tokio (Yaponiya)dan soń 9-orında bolǵan. Ózbekstanda 4 mámleket telekanalı ÓzTV–1, ÓzTV–2, ÓzTV–3 hám ÓzTV–4 bolǵan. Sońǵı ekewi Rossiya kanalların kórsetken. 1998-jılı 30-kanal dep atalatuǵın birinshi menshik telekanal iske tusedi. 2008-jılı onıń jiyiliginde rus tilinde esittiriwler alıp baratıǵın Sap TS óz jumısın baslaǵan. Keyingi jılları kóplegen menshik telekanallar ashıldı. 2017-jılı pútkil sutka dawamında isleytuǵın «Ózbekstan 24» kanalı óz jumısın basladı.



1. *Telekórsetiwlerde kórinis neniń járdeminde eleklr signallarǵa aylan-dırıldı?*
2. *Ne sebepten Tashkent televidenie watanı delinedi?*
3. *Teleminaranıń biyikligi artıp barıwı menen telekórsetiwlerdi uzatıwdıń uzaqlıǵı qalay ózgeredi?*

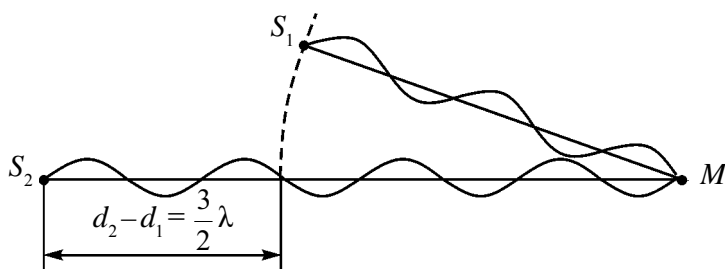


*Úyińizdegi televizordı islep turǵanında bir baǵdarlamadan, ekinshi baǵdarlamaǵa almastırıń, ses bálentligin ózgeritiń. Pult járdeminde olar ne sebepten ózgeriwi múmkinligi haqqında oylap kóriń.*

## 25-tema. JAQTÍLIQ INTERFERENCIYASÍ HÁM DIFRAKCIYASÍ

Báhár payıtında jawınnan keyin aspanda payda bolatuğın ayqulaq, sabın kóbigi yaki asfaltqa tógilgen mayda kórinetuğın reñgli dóniwlerdi kórip zawıqlanamız. Biraq, onıń payda bolıw sebepleri haqqında oylap kórmeymiz. Bunıń sebebi jaqtılıq interferenciyası esaplanadı. Interferenciya qubılısı qálegen tabiyatqa iye bolğan tolqınlarǵa tán. Bul qubılıstıń mánisin túsiniw ushın úyreniwdi mexanikalıq tolqınlar interferenciyasınan baslaymız.

Qanday da ortalıqta tolqınlar tarqalǵanda olardıń hár biri bir-birinen erkin tárizde misli basqa tolqınlar joqtay tarqaladı. Buǵan tolqınlar tarqalıwınıń *superpoziciya (erkinlik) principi* delinedi. Ortalıqtaǵı bóleksheniń qálegen waqıttaǵı nátiyjeli awısıwı bólekshe qatnasqan tolqın procesleri awısıwınıń *geometriyalıq jiyındısına* teń boladı. Máselen, ortalıqta eki tolqın tarqalıp atırǵan bolsa, olar jetip kelgen noqattaǵı bóleksheni bir-birinen erkin túrde terbetedi. Eger bul tolqınlardıń jiyilikleri teń hám fazalar ayırmashılıǵı turaqlı bolsa, ushırasqan noqatında olar bir-birin kúsheytedi yaki páseytedi. Bul qubılısqa tolqınlar interferenciyası delinedi. Jiyilikleri teń hám fazalar ayırmashılıǵı turaqlı bolğan tolqınlar **kogerent tolqınlar** delinedi. Demek, kogerent tolqınlardıń ushırasqanda birin-biri kúsheytiwi yaki páseytiwi qubılısına **tolqınlar interferenciyası** delinedi. Qanday jaǵdayda olar birin-biri kúsheytedi yaki páseytedi? Bunı úyreniw ushın suw betinde eki kogerent  $S_1$  hám  $S_2$  derekten shıqqan tolqınlardıń ushırasıwın kóreyik (4.13-súwret).



4.13-súwret.

$S_1$  derekten shıqqan tolqınıń  $M$  noqatqa shekem basıp ótken aralıǵı  $d_1$ ,  $S_2$  derekten shıqqan tolqınıń  $M$  noqatqa shekem basıp ótken aralıǵı

$d_2$  bolsin. Ol jaǵdayda  $d_2 - d_1 = \Delta d$  – tolqınlardıń jol ayırmashılıǵı delinedi. Eger jol ayırmashılıǵı yarım tolqın uzınlıǵınıń jup sanına eselengen bolsa:

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

bul noqatta terbelislerdiń kúsheyiwi baqlanadı. (4-6) múnásibet interferenciyanıń maksimum shártı delinedi.

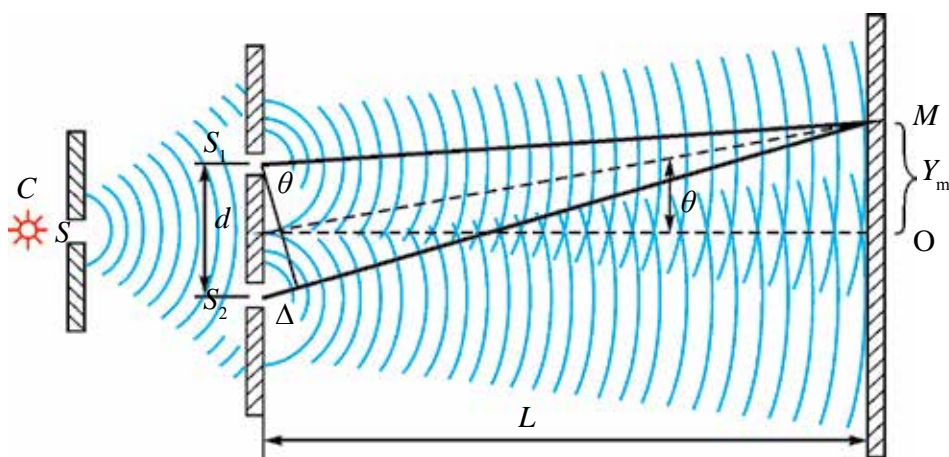
Jol ayırmashılıǵı yarım tolqın uzınlıǵınıń taq sanına eselengen bolsa:

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

bul noqatta terbelislerdiń páseyiwi baqlanadı.

Jaqtılıq interferenciyası, tolqınlar interferenciyasınıń jeke jaǵdayı esaplanadı. Onı baqlaw ushın eki kogerent derekten shıqqan jaqtılıq tolqınların keńisliktiń belgili bir noqatında ushırastırıw gerek. Biraq, eki bólek derekti qanshelli tańlamayıq olardan shıqqan jaqtılıq nurları kogerent bolmaydı. Sonıń ushın tiykarınan bir derekten shıqqan jaqtılıq nurın jasalma ráwishte ekige bólip, kogerent tolqınlar payda etiledi.

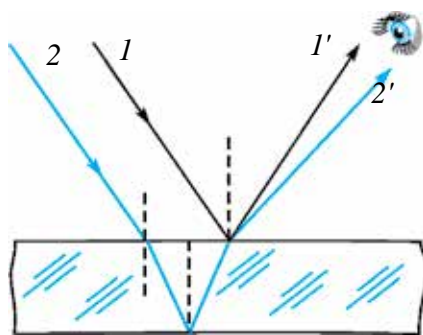
**1. Yung metodi** (1801-jıl). Onıń metodi 4.14-súwrette keltirilgen. Qu-yash nurı qarańǵı xanaǵa kishi  $S$  sańlaqtan kiredi. Bul nur eki  $S_1$  hám  $S_2$  sańlaqtan ótip, eki nurǵa ajraladı. Olar ekranda ushırasqanda oraylıq bólimde aq polosanı, shetki bólimlerinde reńgli polosalardı payda etedi. Yung óz tájiriybelerinde jaqtılıq tolqın uzınlıǵın anıq tabadı. Spektrdiń shetki sıya túr bólimi ushın tolqın uzınlıǵı  $0,42 \mu\text{m}$ , qızıl jaqtılıq ushın  $0,7 \mu\text{m}$  di aladı.



4.14-súwret.

## 2. Juqa plyonkalardaǵı reńler.

Asfaltqa tǵilgen may hám sabın kóbigindegi reńlerge qaytayıq. Aq jaqtılıq juqa plyonkaǵa túsip atırǵan bolsın (4.15-súwret). Túsip atırǵan tolqınıń bir bólimi (1 tolqın) plyonkanıń ústingi bóliminen qaytadı. Bir bólimi plyonka ishine ótip, onıń tómeni betinen qaytadı (2 tolqın).



4.15-súwret.

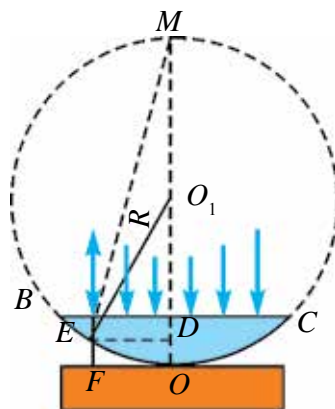
Eki qaytqan tolqınlar da (1' hám 2') júrgen jolları menen pariqlanadı. Olar kózde ushırasqanında interferenciya kórinisi kórinedi. Aq jaqtılıq tolqın uzınlıǵı 400 den 760 nm aralıqta bolǵan tolqınlardan ibarat bolǵanlıqtan qabil etiwsiniń túrli noqatlarında birin-biri kúsheytedi hám reńli kórinis kórinedi.

**3. Nyuton saqıynaları.** Juqa plastina ústine dónes betke iye bolǵan linza qoyılǵan bolsın (4.16-súwret). Bunda tegis parallel plastina hám oǵan O noqatta tiyetuǵın linza beti aralıǵında hawa qatlamı boladı. Linzaniń tegis betine túsken jaqtılıq hawa qatlamınıń ústingi hám astıngı betinen qaytadı. Bul nurlar ushırasqanda interferenciyalıq kórinis kórinedi.

Eger qurılma monoxromatik jaqtılıq penen jaqtılandırılsa, interferenciyalıq kórinis jaqtı hám qarańǵı saqıynalar formasında boladı. Eger qurılma aq jaqtılıq penen jaqtılandırılsa, linzaniń tegislikke tiyiw noqatınan qaytqan jaqtılıqta qarańǵı daq kórinedi. Onıń átirapında reńli saqıynalar jaylasadı. Tiyisli sanlardaǵı saqıynanıń diametrin ólshep, jaqtılıqtıń tolqın uzınlıǵın yaqı linzaniń iyreklik radiusın anıqlaw múmkin:

$r_{jaq} = \sqrt{\left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda R}$  – jaqtılı saqıynalar radiusı; radiusı,  $m=0, 1, 2, 3 \dots$

$r_{qar} = \sqrt{m\lambda R}$  – qarańǵı saqıynalar radiusı.



4.16-súwret.

$R$  – linzaniń iyreklik radiusı

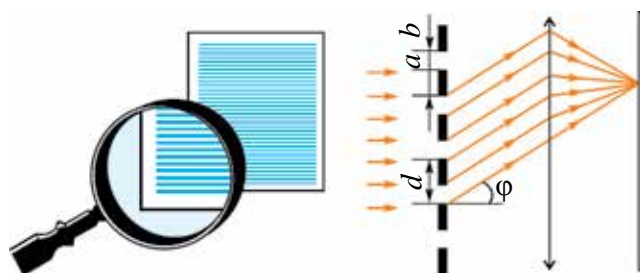
**Jaqtılıq difrakciyası.** Jaqtılıqtıń óz jolında ushırasqan tosiqtıń shetki bólimine kiretuǵının adamlar biraz burın sezgen. Bul qubılıstıń ilimiy túsındirmesin birinshi bolıp F.Grimaldi bergen. Ol nárseler artında payda bolatuǵın sayanınıń gúńgirtlew shıǵatuǵının túsındiredi. Ol bul qubılıstı difrakciya dep ataydı. Solay etip, *tolqınnıń óz jolında ushırasqan tosiqtı aylanıp ótiwine tolqınlar difrakciyası delinedi.* Bunda jaqtılıqtıń tuwrı sızıq boylap tarqalıw nızamı orınlanbaydı. Difrakciya qubılısı baqlanıwı ushın tosiqtıń ólshemi oǵan túsip atırǵan tolqın uzınlıǵınan kishi bolıwı kerek. Jaqtılıq difrakciyasın tar sańlaqtan jaqtılıq ótkeninde de baqlaw múmkin. Bunda da sańlaq ólshemi oǵan túsken jaqtılıq tolqını uzınlıǵınan kishi bolıwı kerek.

Jaqtı hám anıq difrakciyalıq kórinisti alıw hám baqlaw ushın difrakciyalıq reshlyotkadan paydalanıladı. Difrakciyalı reshlyotka—jaqtılıq difrakciyası baqlanatuǵın kóp sanlı tosiq hám sańlaqlar jıyındısınan ibarat. Difrakciyalı reshlyotka sańlaqlarınıń jaylasıwına qarap eki túрге bólinedi: *tartıpli (turaqlı) hám tartıpsız difrakciyalıq reshlyotkalar.*

Tártıpli difrakciyalı reshlyotkada, sańlaqları belgili bir qatań tártipte jaylasqan boladı. Tártıpsız difrakciyalı reshlyotkada, sańlaqları tártıpsız jaylasqan boladı.

Tegis tártıpli difrakciyalı reshlyotkanı tayarlaw ushın almas járdeminde móldir plastınaǵa parallel hám bir-birine júdá jaqın jaylasqan sızıqlar tartıladı. Tartılǵan sızıqlar tosiq, olardıń arası sańlaq wazıypasın óteydi. Sańlaqtıń eni  $a$ , tosiqtıń eni  $b$  bolsın. Ol jaǵdayda  $a+b=d$  **reshlyotkanıń turaqlısı** yaqı **dáwiri** delinedi.

Jaqtılıqtıń difrakciyalı reshlyotkadan ótiwin kóreyik (4.17-súwret).



4.17-súwret.

Bunda monoxromatik nur reshlyotka sańlaqları tegisligine tik túsip atırǵan bolsın. Sańlaqtan ótken nurlar difrakciya qubılısı sebepli  $\varphi$  múyeshke burıladı. Olar toplap, ekranga túsiriledi. Ekranda difrakciyalı kórinis — qaraltım reńli aralıqlar menen ajratılǵan jaqtı polosalar qatarı kórinedi.

Bunda resh'yotka turaqlısı  $d$ , jaqtılıqtıń tolqın uzınılıǵı  $\lambda$ , nurdıń resh'yotkada burılıw múyeshi  $\varphi$  tómendegi formula járdeminde baylanısqa boladı:

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

bunda:  $n$  – difrakciyalı maksimumlardıń tártip nomeri. Eger  $n = k$  ( $k = 0, 1, 2, \dots$ ) bolsa, nurlar ushırasqanda birin-biri kúsheytedi.  $n = \frac{2k+1}{2}$  bolǵanda nurlar birin-biri páseytedi.

Jaqtılıqta baqlanatuǵın interferenciya hám difrakciya qubılısları onıń tolqın ózgesheligine iye ekenligin tastıyıqlaydı. Bul qubılıslardan texnikada paydalanıladı. Máselen, interferometr dep atalatuǵın ásbap júdá sezgir bolıp, onıń menen júdá kishi múyeshlerdi anıq ólshew, jaqtılıqtıń tolqın uzınılıǵın anıqlaw, kishkene kesindilerdiń uzınılıǵın anıqlaw, hár qıylı zatlardıń nur sındırıw kórsetkishin anıqlaw, betiniń gedir-budırlıǵın tekseriw hám jaltıraw dárejesin anıqlaw múmkin.

### Másele sheshiw úlgisi

1. Difrakciyalı resh'yotkaǵa tolqın uzınılıǵı 500 nm bolǵan monoxromatik jaqtılıq túspekte. Ekinshi tártipli spektr  $30^\circ$  múyesh astında kórinse, usı resh'yotkanıń turaqlısı nege teń?

Berilgen:	Formulası:	Sheshiliwi:
$\lambda = 500 \text{ nm} = 500 \cdot 10^{-9} \text{ m}$ $n = 2$ $\alpha = 30^\circ$ Tabıw kerek $d = ?$	$d \sin \varphi = n \lambda$ $d = \frac{n \lambda}{\sin \varphi}$	$d = \frac{2 \cdot 500 \cdot 10^{-9}}{\sin 30^\circ} \text{ m} =$ $= \frac{10^{-6}}{0,5} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ (m)}.$ Juwabı: $2 \cdot 10^{-6} \text{ m}.$



1. Ne sebepten birdey quwatlıqqa iye bolǵan hám bir kárxana islep shıǵarǵan eki lampochkadan shıqqan jaqtılıq interferenciya payda etpeydi?
2. Difrakciya qubılısınan qaysı orınlarda paydalanıw múmkin?
3. Difrakciyalı resh'yotkada baqlanatuǵın spektrdiń tártip nomeri sheklengenbe?
4. Interferenciya qubılısı baqlanǵanda jol ayırmashılıǵı  $3,5 \lambda$  ǵa teń bolsa, ne baqlanadı?



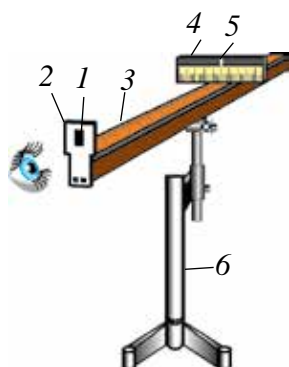
Kompyuter diski hám lazer menen interferenciya hám difrakciyaǵa tiyisli tájiriye ótkeriń.



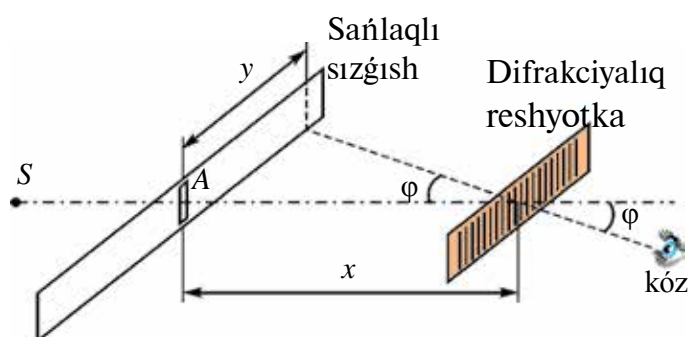
## 26-tema. LABORATORIYALÍQ JUMÍS: DIFRAKCIYALÍQ RESHYOTKA JÁRDEMINDE JAQTÍLÍQTÍN TOLQÍN UZÍNLÍGÍN ANÍQLAW

**Jumistñ maqseti.** Jaqtılıqtñ tolqın uzınlıgın difrakciyalıq reshıyotka járdeminde anıqlawdı úyreniw.

**Kerekli ásbap hám buyımlar.** 1. Reshyotka turaqlısı  $\frac{1}{100}$  mm yaki  $\frac{1}{50}$  mm bolgán difrakciyalı reshıyotka. 2. Jaqtılıq deregi. 3. Ortasında sańlađı bolgán qara ekran. 4. Millimetrli masshtabqa iye bolgán uzın hám qısqa sızgıshlar. 5. Ásbaplar ornatılatuğın qurılma (4.18-súwret).



4.18-súwret.



4.19-súwret.

**Jumistñ orınlanıwı.** Ásbaplar ornatılatuğın qurılma (6) ústine millimetrli masshtabqa iye bolgán uzın sızgısh (3) ornatıladı. Onıń bir ushına ortasında sańlađı (5) bolgán qara ekran (4) jaylastırıladı. Qara ekranda millimetrli masshtablı qısqa shızgısh bekkemlengen. Qara ekran uzın sızgısh boylap jılısa alatuğın jağdayda ornatıladı. Uzın sızgıshıtnıń ekinshi ushındağı tutqısh (2) qa difrakciyalı reshıyotka (1) ornatıladı. Jaqtılıq deregi iske túsiriledi. Reshyotka hám sańlaq arqalı jaqtılıq deregine qaralsa, sańlaqtıń eki tárepinde difrakciyalı spektrlardıń birinshi, ekinshi hám t.b. tártipleri kórinedi. Sańlaqlı sızgıshıtı yaki difrakciyalı reshıyotkanı uzın sızgısh boylap jilıstırıp, birinshi tártiptegi qızıl nur shkaladağı pütün sannıń tuwrısına keltiriledi. Sańlaqtan tańlangán nurğa shekem bolgán aralıq  $y$  anıqlap alınadı (4.19-súwret). Sońınan difrakciyalı reshıyotkadan sańlaqlı sızgıshqa shekem bolgán aralıq  $x$  ólshep alınadı. Bunda  $y \ll x$

ekenliginen  $\sin\varphi \approx \text{tg}\varphi$  dep alınadı.  $\text{tg}\varphi = \frac{y}{x}$  ekenligin esapqa alıp (4–8)

formuladan jaqtılıqtıń tolqın uzınlığı esaplanadı:

$$\lambda = \frac{d \cdot \sin \varphi}{n} = \frac{d \cdot \text{tg}\varphi}{n} = \frac{d \cdot y}{n \cdot x}; \quad (4-9)$$

bunda:  $\lambda$  – jaqtılıq nurı tolqın uzınlığı,  $d$  – reshıyotka turaqlısı.

Tájiriybe ekinshi hám úshınshi tártiptegi qızıl nur ushın ótkeriledi. Usıǵan uqsas tájiriybeler shep tárepte jaylasqan spektrler ushın orınlanadı.

Ólshew hám esaplaw nátiyjeleri tómendegi kestege jazıladı.

Nurdıń reńi	$x$ , mm	$y$ , mm	$n$ , spektr tártip nomeri	$\lambda$ , nm	$\lambda_{\text{ort}}$ , nm	$\Delta\lambda =$ $ \lambda_{\text{ort}} - \Delta\lambda $	$\Delta\lambda_{\text{ort}}$	Salıstırmalı qátelik $E_{\text{sal}} = \frac{\Delta\lambda_{\text{ort}}}{\lambda_{\text{ort}}}$

Alınǵan nátiyjelerdiń ortasha mánisi, absolyut hám salıstırmalı qátelikler esaplanadı.

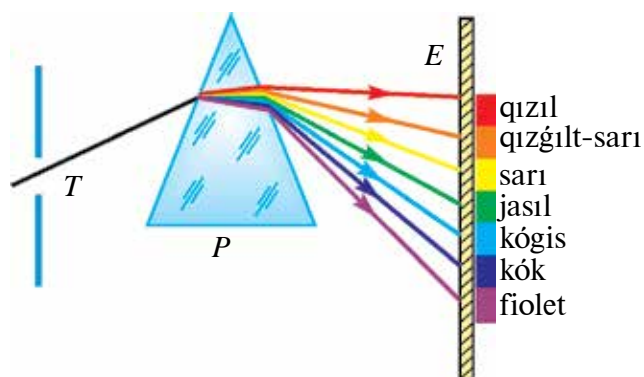
Nátiyjeler oń hám shep tárepler ushın salıstırıladı.



1. Tájiriybelerdiń anıqlığı spektrdiń tártip nomeri artıp barıwı menen qalay ózgeredi?
2. Difrakciyalıq reshıyotka dáwiriniń artıp barıwı ólshemler anıqlığına qanday tásir kórsetedi?
3. Tájiriybe monoxromatlı nur (lazer nurı) menen ótkerilse, qanday kórinis kórinedi?
4. Aq nur menen tájiriybe ótkerilse, difrakciyalıq kórinis orayında ne sebepten aq polosa payda boladı?

## 27-tema. JAQTILIQ DISPERSIYASI. SPEKTRAL ANALIZ

Hár qıylı deneler hám zatlardıń reńi haqqındaǵı soraw insanlardı áyyemnen qızıqtırıp kelgen. Ne sebep Quyash gorizontqa batıp atırǵanda qızarıp batadı? Ne sebep ayqulaq payda boladı? Jaqtılıq ayırım minerallardan ótkende olar ne sebep reńli dónedi? sıyaqlı sorawlarǵa Nyuton zamanına kelip ǵana juwap tabıw múmkin boldı. 1666-jılı I.Nyuton ózi ótkergen tájiriyesi haqqında tómendegilerdi jazadı: «Men hár qıylı formadaǵı optikalıq shiyshegerge islew beriw waqtında reń haqqındaǵı belgili qubılıslardı tekseriw ushın úshmúyesh shiyshe prizmanı tayarladım. Usı maqsette men xanamdı qarańǵıladım hám quyash nurınıń túsiwi ushın tereze fortochkasında júdá kishi tesik jasadım. Usı tesikke men prizmanı onnan sınǵan nur diywalǵa túsetuǵın etip jaylastırdım. Usınday usılda alınǵan hár qıylı hám kishireytilgen reńlerdi kóriw hám baqlaw mende úlken qızıǵıw oyattı». Jaqtılıq prizma arqalı ótkende payda bolǵan hár qıylı reńler toplamın Nyuton **spektr** (latinsha spektrum — kóriw) dep atadı (4.20-súwret).



4.20-súwret.

Nyuton sańlaqtı qızıl reńli shiyshe menen bekitkende diywalda tek qızıl reńli daqtı, jasıl reńli shiyshe menen bekitkende tek jasıl daq bolatuǵının baqlaydı. Bunda ol olardıń sınawın da úyrenedi hám hár qıylı reńler hár qıylı sınatuǵının biledi.

Mısalı, qızıl reń basqalarına salıstırǵanda kem sınsa, al fiolet reń hámмесinen kúshli sınadı.

Nyuton bunıń sebebin bilmeydi. Biraq, bul tájiriye aq reń, quramalı reń ekenligin kórsetedi. Ol tiykarınan jeti reńnen ibarat eken: qızıl,

qizg'ilt-sari, sari, jasil, aspan kók, kók hám fiolet. Aq renniń quramalı ekenligin dálillewshi Nyutonniń jáne basqa tájiriybeleri bar. 1. Nyuton sheńber alıp, onı sektor tárizinde tiykarǵı jeti reńge boyap qoyadı. Bul sheńber dvigateldiń aylanıw kósherine bekkemlenedi. Aylanıwdıń belgili bir tezliginde reńli sheńber kósher bolıp kórinedi.

Eger birinchi prizmadan ótip, reńlerge bólingen jaqtılıq jolına birinshi prizmaǵa salıstırǵanda  $180^\circ$  qa burılǵan prizma qoyılsa, bul prizma jıynawshı linza wazıypasın atqaradı. Onnan shıqqan jaqtılıq dástesi toplanǵan noqatında aq reńde boladı (4.21-súwret).



4.21-súwret.

Nyutonniń ashqan bul qubılısı jaqtılıq dispersiyası (latınsha disperse – shashıp taslaw) dep ataldı. Solay etip, Nyuton Quyashtan keliwshi aq nur

barlıq reńli nurlardıń jıyındısınan ibarat ekenligin dálilleydi. Quyash nurları astında nársa hám predmetlerdiń hár qıylı reńde kóriniwine sebep, olar ayırım reńlerdi jutıwı, al ayırımların qaytarıwı esaplanadı.

Jaqtılıqtıń tolqın teoriyası boyınsha, jaqtılıq – keńislikte júdá úlken tezlik penen tarqalıwshı tolqınlar esaplanadı. Onıń reńi, jiyiligine baylanıslı.

Jaqtılıq tolqınlarınıń tolqın uzınlıǵı júdá kishi. Mısalı, qızıl nur eń úlken tolqın uzınlıǵına iye bolıp, onıń mánisi  $\lambda_q = 7,6 \cdot 10^{-7}$  m ge teń. Eng kichik tolqın uzınlıǵı fiolet nurgá tiyisli bolıp, onıń shaması  $\lambda_b = 3,8 \cdot 10^{-7}$  m. Basqa nurlardıń tolqın uzınlıǵı olardıń aralıǵında jatadı.

1873-jılı inglis alımı J.Maksvell jaqtılıqtıń  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s tezlik penen tarqalatuǵın elektromagnit tolqınlardan ibarat ekenligin teoriyalıq jaqtan dálilleydi. Bul teoriyanı G.Gerc tájiriybede tastıyıqlaǵanı Sizlerge belgili.

Bir ortalıqtan ekinshisine jaqtılıq ótkende onıń tolqın uzınlıǵı ózgeredi, biraq jiyiligi ózgermeydi. Bizlerge belgili, tolqın tezligi  $v$ , onıń uzınlıǵı  $\lambda$  hám jiyiligi  $\nu$  óz ara tómendegishe baylanısqan:

$$v = \lambda \nu.$$

Bunnan ortalqta túrli reńge iye bolǵan nurlardıń túrli tezlik penen tarqalıwı kelip shıǵadı. Eger ortalıqtıń nur sındırıw kórsetkishi  $n$  niń

jaqtılıqtıń vakuumdagı tarqalıw tezligi  $c$  hám ortalıqtağı tarqalıw tezligi  $v$  menen baylanıslılıǵı (9-klastan esleń)

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

ekenligi esapqa alınsa, ortalıqtıń nur sındırırw kórsetkishi hár qıylı nurlar ushın hár qıylı bolatuǵını kelip shıǵadı.

**Nur sındırırw kórsetkishiniń jaqtılıq tolqın uzınlıǵına baylanıslılıǵına dispersiya delinedi.**

Bul dispersiyaǵa berilgen ekinshi táriyp bolap esaplanadı. Bunnan prizmadan ótken nurlar ne ushın túrli múyeshke awıwı sebebin túsiniń alıwǵa boladı. Demek, qızıl nurlardıń hár qanday ortalıqtağı tezligi, fiolet nurdıkinen úlken boladı. Mısalı, suwda  $v_q = 228\,000$  km/s,  $v_b = 227\,000$  km/s, uglerod sulfitte  $v_q = 185\,000$  km/s,  $v_b = 177\,000$  km/s. Vakuumda jaqtılıq dispersiyası bolmaydı, sebebi onda barlıq jaqtılıq tolqınları birdey tezlik penen tarqaladı.

1807-jılı inglis fizigi Tomas Yung qızıl, jasıl hám kógis reńlerdi kombinacijalap, aq reńdi alıw múmkin ekenligin dálilleydi. Sonday-aq, qızıl, jasıl hám kógis reńlerdi kombinacijalap, basqa reńlerdi alıw múmkin (4.22-súwret).



4.22-súwret.

Qızıl, jasıl hám kógis reńlerdi Yung biremshı nurlar dep ataydı. Usı birinshı reńlerdiń birewinde basqa hesh qanday reńlerdiń kombinacijasınan alıw múmkin emes. Bunı ekranǵa qızıl, jasıl hám kógis reńli jaqtılıqtı túsirip ańsat tekseriw múmkin. Barlıq úsh reń birlesken yaki qosılǵan jerde aq reń payda boladı. Qızıl reń menen kógis reń qosılǵanda – qaraltım; qızıl hám jasıl reń qosılǵanda sarı reń júzege

keledi. Házirgi zaman televizorlarında hám kompyuter ekranlarında reñli kartina, mine, usı úsh reñniñ qosılıwınan payda etiledi.

Hár qıylı jaqtılıq dereklerinden shıqqan jaqtılıq prizmadan ótkizip kórilse, hesh biri de (lazerden tısqarı) monoxromatlı, yaǵnıy tek bir jiyilikke iye bolǵan nurdı shıǵarmaydı eken. Qızdırılǵan zatlar da ózine tán spektrdegi nurlardı shıǵaradı. Olardıń spektrin úsh túrge ajratıw múmkin.

**Tutas spektr.** Quyash spektri yamasa jaqtı beriwshi talshıqlı lampochkadan shıqqan jaqtılıq tutas spektrge iye boladı. Zat qattı yamasa suyıq halatta bolǵanda hám de kúshli qısılǵan gazlar shıǵarǵan jaqtılıq tutas spektrge iye boladı.

**Polosalı spektr.** Ayırım bir-biri menen baylanıspaǵan yamasa kúshsiz baylanısqa molekular shıǵarǵan jaqtılıq polosa kórinisine iye boladı. Polosalar bir-birinen qarańǵı jolaqlar menen ajralǵan boladı.

**Sızıqlı spektrler.** Bunday spektrde tek bir sızıq boladı. Bunday spektrdi bir-biri menen baylanıspaǵan atomlar shıǵaradı. Bir-birinen ajralǵan atomlar bir tolqın uzınlıǵına iye bolǵan nurdı shıǵaradı.

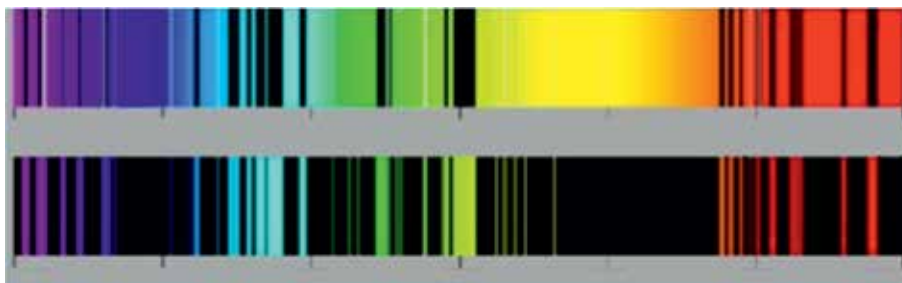
**Jutılıw spektrleri.** Lampochkadan shıǵıp atırǵan jaqtılıq jolına qızıl shiyshe qoyılsa, onnan tek qızıl jaqtılıq ótedi hám qalǵan nurlar jutılıp qaladı. Eger aq nur, nurlanbay atırǵan gaz arqalı ótkizilse, derektiń úzliksiz spektri fonında qara sızıqlar payda boladı. Buǵan sebep, gaz belgili bir jiyilikli nurlardı jutıp qalıwı esaplanadı. Úyreniwler sonı kórsetedi, gaz qızǵan waqıtta qanday jiyiliktegi nurlardı shıǵarsa, sonday jiyiliktegi nurlardı jutadı eken.

Qálegen ximiyalıq element ózine tán spektrge iye boladı. Hár bir adamnıń barmaq izleri tek ózine tán bolǵanıday, bir element spektri basqasınikine uqsamaydı.

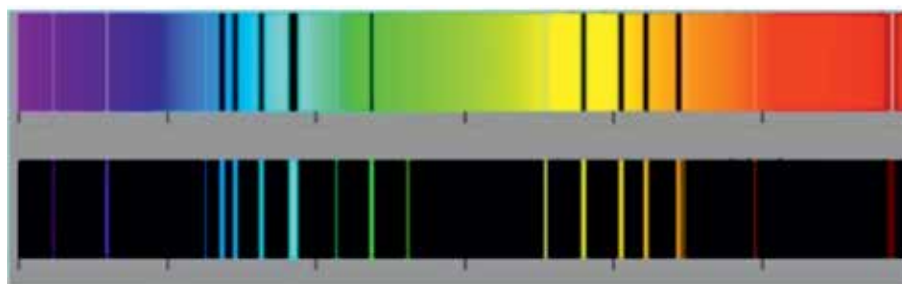
Mine, usı qásiyet boyınsha, zattıń ximiyalıq quramın anıqlawǵa **spektral analiz** delinedi. Bul júdá sezgir usıl bolıp, tekseriw ushın zárúr bolǵan zattıń massası  $10^{-10}$ g nan aspaydı.

Bunday analiz kóbirek sapa xarakterine iye boladı, yaǵnıy zatta qaysı element bar ekenligin anıq aytıp beriw múmkin. Biraq, onıń qansha muǵdarda bolıwın anıqlaw qıyın. Sebebi, zat temperaturası tómen bolǵanda, kóplegen spektral sızıqlar kórinbeydi.

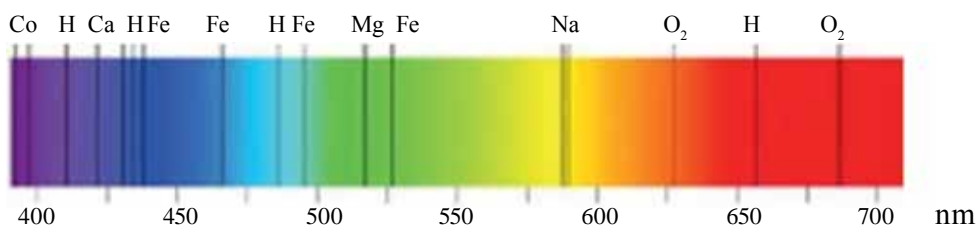
Házirgi dáwirde barlıq atomlardıń spektri anıqlanǵan bolıp, keste dúzip qoyılǵan (4.23-súwret). Spektral analiz usılı menen rubidiy, ceziy hám basqa kóplegen elementler ashılǵan. Ceziy sózi «aspan kók» degen mánini bildiredi.



Stronciy elementiniń spektri



Cink elementiniń spektri



4.23-súwret.

Usı spektral analiz járdeminde Quyash hám juldızlardıń ximiyalıq quramın anıqlaw múmkin boldı. Basqa usıllar menen olardı anıqlap bolmaydı. Aytıw kerek, geliy elementi dáslep quyashta, keyin ala Jer atmosferasında tabılǵan. Elementtiń atı geliy «quyashlı» degen mánini bildiredi. Spektral analiz tek nur shıǵarıw spektri arqalı emes, al jutılıw spektri járdeminde ótkeriledi.

### Másele sheshiw úlgisi

1. Linzaniń nur sındırıw kórsetkishi qızıl nur ushın 1,5 ke, fiolet nur ushın 1,52 ge teń. Linzaniń eki tárepi birdey iymek radiusqa teń bolıp, 1 m ge teń. Qızıl hám fiolet nurlar ushın linzaniń fokus aralıqları arasındaǵı parıqtı anıqlań.

Berilgen:	Formulası:	Sheshiliwi:
$n_q = 1,5$ $n_f = 1,52$ $R = 1 \text{ m}$	$\frac{1}{F} = (n-1) \frac{2}{R}$	$F_q = \frac{1}{2(1,5-1)} \text{ m} = 1 \text{ m.}$
Tabıw kerek: $\Delta F = ?$	$F = \frac{R}{2(n-1)}$ $\Delta F = F_q - F_f$	$F_f = \frac{1}{2(1,52-1)} \text{ m} = 0,961 \text{ m.}$ $\Delta F = 1 \text{ m} - 0,961 \text{ m} = 0,039 \text{ m}$
		<i>Juwabi: 3,9 cm.</i>



1. Ne sebep aq nur prizmadan ótkende reńli nurlarǵa ajıralıp ketedi?
2. Ne sebep terezeniń aynası arqalı ótken Quyash nuri spektrge ajıralmaydı?
3. Quyash nuri suyıqlıqtan ótkende spektrge ajıralıwı mümkin be?
4. Spektral analiz járdeminde suyıqlıqtıń quramın anıqlawǵa bola ma?
5. Difrakciya sebepli payda bolǵan spektr menen dispersiya spektri arasında qanday parıq bar?

## 28-tema. JAQTILIQTIN POLYARIZACIYALANIWI

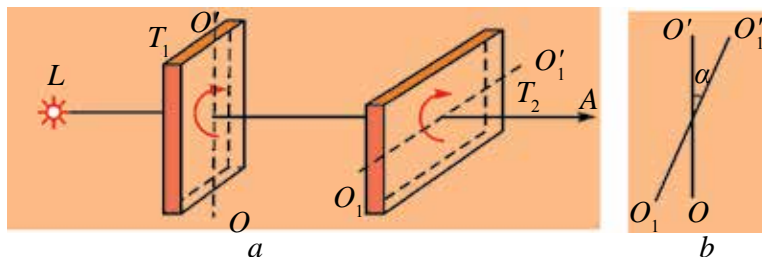
Jaqtılıq interferenciyası hám difrakciyası qubılısları jaqtılıqtıń tolqın tábiyatına iye ekenligin tastıyıqladı. 10-klastan tolqınlardıń eki túrde: boylama hám kóldeneń tolqınlarǵa bólinetuǵını Sizlerge belgili. Boylama tolqınlarda ortalıq bóleksheleriniń terbeliw baǵıtı, tolqınınıń tarqalıw baǵıtı menen bir baǵıtta bolatuǵını, al kóldeneń tolqınlarda olar óz ara perpendikular bolatuǵını da Sizlerge belgili.

Uzaq waqıt dawamında tolqınlar optikasınıń tiykarın salıwshıları Yung hám Frenel jaqtılıq tolqınların boylama tolqınlar dep esaplaǵan. Sebebi, boylama mexanikalıq tolqınlar qattı, suyıq hám gaz tárizli ortalıqta tarqala aladı. Al, kóldeneń mexanikalıq tolqınlar tek qattı denelerde



tarqala aladı. Biraq, kóplegen ótkizilgen tájiriybelerde jaqtılıq tolqınları, boylama tolqınlar dep qaralsa, túsundiriw múmkin emesligin kórsetti. Sonday tájiriybelerden birin kórip shıǵayıq.

Turmalin kristalınan onıń kristall reshlyotkası kósherlerinen birine parallel jaylasqan tegislik boyınsha plastina qırqıp alıńǵan bolsın. Bul plastinanı jaqtılıq nurına perpendikular jaylastırayıq (4.24-súwret).



4.24-súwret.

Bul plastinanı jaqtılıq nurı baǵıtında ótken kósher átirapında áste aylandırayıq. Bunda turmalinnen ótken jaqtılıq intensivliginde hesh qanday ózgeris bolmaǵanlıǵın kóremiz. Tájiriybeni  $T_1$  pastinadan keyin jáne sonday  $T_2$  plastinanı qoyıp tákirarlaymız. Bul sapar  $T_1$  plastinanı tınısh halda qaldırıp,  $T_2$  plastinanı kósher átirapında áste aylandıramız. Bunda eki plastinadan ótken jaqtılıq intensivliginiń ózgerip barǵanlıǵın baqlaymız. Jaqtılıq intensivligi  $T_2$  plastinanıń  $T_1$  ge salıstırǵanda burılıwına qarap, (4.24-b rasm) belgili bir maksimal mánisinen nolge shekem kemeyedi eken. Úyreniwler sonı kórsetedi, eger eki plastinanıń kósherleri parallel bolsa, ótken nurdıń intensivligi joqarı boladı, perpendikular bolsa, nolge teń boladı. Tájiriybeler sonı kórsetedi, ótken jaqtılıqtıń intensivligi  $\cos^2\alpha$  ǵa baylanıslı boladı eken.



4.25-súwret.

Bul qubılıstı túsundiriw ushın boylama hám kóldeneń tolqınlardıń reshlyotkadan ótiwin kórip shıǵayıq (4.25-súwret).

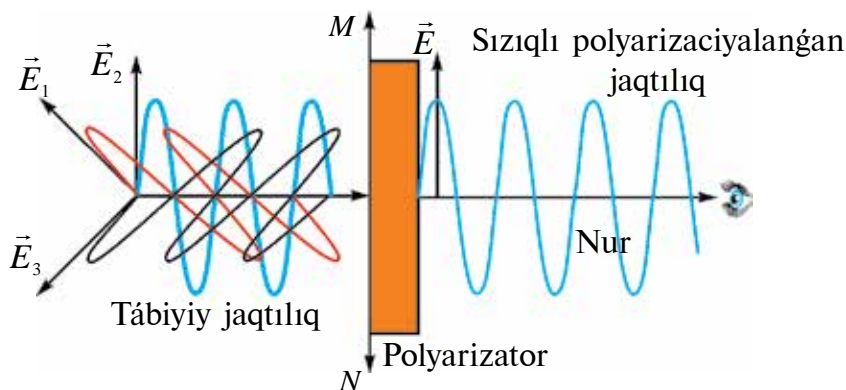
Jip alıp, onıń bir ushın bekkemleymiz. Ekinshi ushın eki reshlyotka sańlaqları arasınan ótkerip silkitemiz. Bunda jip boylap kóldeneń tolqınlar payda boladı. Birinshi jaǵdayda reshlyotka aǵashları parallel bolǵanlıǵı sebepli jiptegi tolqınlar eki reshlyotkadan biymálel ótedi. Eger ekinshi reshlyotka kesesine ornalastırılrsa, onnan tolqın ótpey sónedi.

Tájiriybe boylama tolqınlar menen ótkerilse, olar hár eki reshlyotkadan erkin ótkenligin kóriw múmkin.

Jaqtılıqtıń turmalin plastinkaları menen baqlanǵan qubılıslar kóldeneń mexanikalıq tolqınlardıń reshlyotkalarınan ótiwi menen salıstırılса, olardıń uqsas ekenligi kelip shıǵadı. Bunnan jaqtılıq tolqınları, kóldeneń tolqınlar ekenligi kelip shıǵadı.

4.25-súwrette birinshi reshlyotka kese qoyılса, onnan tolqın ótpeydi. Biraq, jaqtılıqtıń turmalin plastinasınan ótiw tájiriybesinde  $T_1$  plastinasın óz kósheri átirapında aylandırсаq, onnan jaqtılıq ótedi.  $T_2$  aylandırılса, jaqtılıq intensivligi páseyip, nolge túsedi. Demek, jaqtılıq  $T_1$  den ótkende onıń qásiyeti ózgerip qaladı eken.

Bunı tómendegishe túsindiriw múmkin. Jaqtılıq shıǵarıwshı derektegi atomlar tártipsiz jaylasqanlıǵı hám bir waqıtta nur shıǵarmaǵanlıǵı sebepli, olardan shıǵıp atırǵan nurlar hár tárepke tártipsiz tarqaladı. Sonıń ushın, olardıń elektr hám magnit maydan kernewlik vektorlarınıń baǵıtları da tártipsiz boladı. Olar  $T_1$  plastinasına túskende kristall reshlyotkadan belgili baǵıtta orientaciyalanǵan nurlar ótedi (4.26-súwret).



4.26-súwret.

Demek,  $T_1$  den ótken nurlardıń elektr hám magnit maydanniń kernewlilik vektorlarınıń baǵıtları da tártiplengen boladı. Bul jaqtılıq polyuslengen jaqtılıq delinedi. Baqlanǵan qubılıs *jaqtılıqtıń* polyarizaciyanıwı dep ataladı. Joqarıda ayılǵanıday,  $T_2$  plastınaǵa polyarizaciyalanǵan jaqtılıq túsedi. Onnan ótken jaqtılıq intensivligi Malyus nızamı menen anıqlanadı:

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

Joqarıda ayılğanınday, jaqtılıq eki óz ara perpendikulyar terbelislerdiń birge tarqalıwınan maydanğa keletuǵın elektromagnitlik tolqınnan ibarat (4.8-súwret). Tariyxıy sebepler boyınsha,  $\vec{E}$  elektr maydan kernewlilik vektorınıń terbelisleri jatatuǵın tegislik terbelisler tegisligi dep,  $\vec{H}$  magnit maydan kernewlilik vektorınıń terbelisleri jatatuǵın tegislik polarizaciyalanıw tegisligi dep ataladı.

Jaqtılıq vektori  $\vec{E}$  hám  $\vec{H}$  terbelislerdiń baǵıtı qanday da bir tárizde tárıptengen *jaqtılıq polyuslengen jaqtılıq* dep ataladı. Eger jaqtılıq vektorınıń ( $\vec{E}$  vektordıń) terbelisleri hámme waqıt hám tek bir ǵana tegislikte júz berse, bunday jaqtılıq tegis (yaki tuwrı sıızıqlı) polarizaciyalanǵan jaqtılıq dep atladı.

Tábiyiy jaqtılıqtı polarizaciyalap beriwshi ásbaplar polarizator (polyuslaǵısh)lar dep ataladı. Olar turmalin, island shpatı sıyaqlı tınıq kristallardan tayarlanadı. Jaqtılıqtıń polarizaciyalanıw dárejesin, polarizaciyalanıw tegisliginiń jaǵdayın anıqlaw ushın da polarizatorlardan paydalanıladı. Bul jerde olar analizatorlar dep ataladı. 4.24-súwrette keltirilgen  $T_1$  plastina polyaroid,  $T_2$  plastina analizator wazıypasın atqaradı.

Turmısta jaqtılıq polarizaciyalanıwın tek turmalin kristalı emes, al basqa kristallar da atqaratuǵını belgili boldı. Mısalı, island shpatı. Olardıń qalıńlıǵı 0,1 mm yamasa onnan da kishi bolıwı múmkin. Sonday plynkanı celluloidqa jabıstırıp, maydanı shama menen bir neshe kvadrat decimetr plastinka bolatuǵın polarizator alınadı.

Polarizaciyalanǵan jaqtılıqtan texnikada sapalı súwretler alıw, eritpelerdegi hár qıylı organikalıq kislotalardıń, beloklardıń hám qanttıń koncentraciyaların anıqlaw múmkin.



1. *Polarizaciyalanǵan jaqtılıq, tábiyiy jaqtılıqtan nesi menen parıqlanadı?*
2. *Jaqtılıqtıń kóldeneń tolqınlardan ibarat ekenligin qanday qubılıslar tastıyıqlaydı?*
3. *Analizator neni analizleydi?*
4. *Ne sebepten polyaroidtan ótken jaqtılıqtıń intensivligi kemeyedi?*
5. *Analizatorдан ótken jaqtılıq intensivligi onıń optikalıq kósherge salıstırǵanda burılıw müyeshine qanday baylanıslı?*

## 29-tema. INFRAQÍZIL NURLANIW. ULTRAFIOLET NURLANIW. RENTGEN NURLANIW HÁM ONÍŃ ENGIZILIWI

1800-jılı U.Hertzhel Quyashtı izertlew procesinde tekserilip atırǵan ásbaplardıń Quyash nurları tásirinde qızıp ketiwın kemeytiw jolın izleydi. Temperaturanı ólsheytuǵın sezgir ásbap járdeminde Quyashtan payda etilgen spektrdiń hár qıylı reńlerine sáykes kelgen jerleriniń temperaturaların ólsheydi. Sonda ol maksimum qızıw, toyınǵan qızıl nurdan keyin, kórinbeytuǵın oblastqa tuwrı keletuǵının ańlaydı. Kózge kórinbeytuǵın bul nurlar infraqızıl nurlar dep ataldı. Sonnan baslap infraqızıl nurlanıwdı úyreniw baslandı.

Dáslep infraqızıl nurlanıwdı laboratoriyada payda etiw ushın qızdırılǵan deneler yamasa gaz razryadlarınan paydalanılǵan bolsa, keyin ala arnawlı lazerlerden paydalanıldı.

Jaqtılandırǵanlıq boyınsha xalıqaralıq komissiya infraqızıl nurlanıwdı úsh toparǵa bóliwdi usınıs etedi:

1. Jaqın infraqızıl diapazon (NIR): 700 nm – 1400 nm;
2. Orta infraqızıl diapazon (MIR): 1400 nm – 3000 nm;
3. Uzaq infraqızıl diapazon (FIR): 3000 nm – 1 mm.

Jaqın infraqızıl nurlanıwdı baqlaw ushın arnawlı fotoplastinkalardan paydalanıladı. Olardı izertlewde sezgirliǵı keńirek diapazonda isleytuǵın *fotoelektrlik detektorlar* hám fotorezistorlardan paydalanıladı. Uzaq infraqızıl diapazondaǵı nurlanıwdı baqlaw ushın infraqızıl nurlanıwǵa sezgir detektor – bolometrlerden paydalanıladı.

Insan kózi infraqızıl nurlardı kórmese de, basqa janzatlar bul diapazonda kóre aladı. Mısalı, ayırım jılanlar hám kózge kórinetuǵın, hám infraqızıl diapazonda kóriw qábiletine iye. Balıqlardan piranya hám altın balıq dep atalıwshı túrleri de infraqızıl diapazonda kóredi. Shaǵatuǵın shıbınlar da infraqızıl nurlar arqalı kórip, deneniń qanǵa eń toyınǵan jerin tawıp qandı sorıyadı.

Infraqızıl nurlardan texnikada hám turmısta keń paydalanıladı. Tünde kóriw ásbapları hám kameraları, deneler hám deneniń jıllılıq termografiyasın alıw, nıshananı jıllılıq nurlanıwı boyınsha tawıp barıw, infraqızıl ısıtqıshlar, boyalǵan betlerdi keptiriw, uzaq kosmoslıq obyektlerdi

izertlew, molekullardıń spektrin úyreniw, qurılmaları aralıqtan turıp basqarıw (televizor, magnitofon, kondicioner pultları) hám usı sıyaqlılarda infraqızıl nurlardan paydalanıladı.

Medicina fizioterapevtlik emlewde, azıq-awqatlardı sterilizaciyalawda, pullardıń haqıyqıylıǵın tekseriwde de bul nurlardan paydalanıladı.

Infraqızıl nurlardıń zıyanlı tárepi de bar. Temperaturası joqarı bolǵan dereklerge qaralǵanda kózdiń jasawraw qabıǵın keptiriwi múmkin.

Infraqızıl nurlar ashılǵannan soń, kózge kórinetuǵın nurlar spektriniń tolqın uzınlıǵı kishi bolǵan bóliminiń jaqın nemis fizigi I.V.Ritter úyreniwdi baslaydı. Ol 1801-jılı jaqtılıq tásirinde ıdıraytuǵın gúmis xloridtiń, spektrdiń fiolet bóliminen keyin keletuǵın bólimine qoyılsa, tezirek ıdıraytuǵının baqlaydı. Soǵan muwapıq, Ritter hám basqa alımlar jaqtılıq úsh ayrıqsha komponentten: infraqızıl, kózge kórinetuǵın hám ultrafiolet bólimlerden quraladı, degen juwmaqqa keledi.

Ultrafiolet nurlardı da shártli ráwishte tórt toparǵa bóliw usınıs etilgen:

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

Ultrafiolet nurlardıń Jerdegi tiykarǵı deregi Quyash esaplanadı. Jer betine jetip keletuǵın ultrafiolet nurlardıń muǵdarı atmosferadaǵı ozonniń koncentraciyasına, Quyashtıń gorizonttan biyikligine, teńiz qáddinen biyikligine, atmosferada shashırawına, hawanıń bultlılıǵına baylanıslı.

Ultrafiolet nurlar insan terisine tásir etip, onı qaraytadı. Kóplegen polimerlerdiń reńi óshedi, jarıladı, geyde tolıq ıdırap ketedi.

Ultrafiolet nurlardan kúndelikli turmısta hám texnikada keń paydalanıladı. Ultrafiolet nurlardan xanalardı dezinfikaciyalaw, qálbeki hújjet hám banknotlardı anıqlaw, suw, hawa hám hár qıylı maydanlardı túrli bakteriyalardan zıyansızlandırıw, ximyalıq reakciyalardı jedellestiriw, minerallardı analizlew, jánliklerdi zıyansızlandırıwda hám basqalarda paydalanıladı.

Ultrafiolet nurlar arnawlı lampalar arqalı payda etiledi. Bul diapazonda isleytuǵın lazerler de bar.

**Rentgen nurları.** 1895-jil 8-noyabrde Vilgelm Konrad Rentgen katod nurların úyrenip atırıp, katod-nurlı trubkaǵı jaqın turǵan, ústingi bólegi

bariy qatnasqan zat penen qaplangan kartonnıń qarańgılıqta ózinen nur shıǵarıwın baqlaydı. Rentgen bul nurlardı  $X$ -nurlar dep ataydı hám keyingi bir neshe hápte dawamında onıń qásiyetlerin úyrenedi. Úyreniw nátiyjelerin 1895-jılı 28-dekabrde «Nurdıń jańa tipi» haqqında atlı maqalasin járiyalaydı. Bunnan 8 jil aldın 1887-jılı Nikola Tesla rentgen nurların baqlaǵan bolsa da, buǵan Teslanıń ózi de, onıń átirapındaǵılar da shıntlap itibar bermedi.

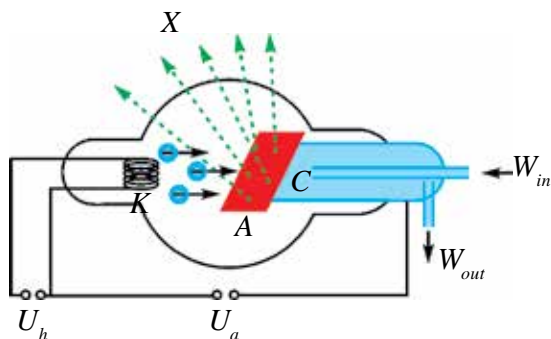
Rentgen paydalanǵan katod-nurlı trubka Yi.Xittorf hám U.Kruks tárepinen islep shıǵılǵan edi. Onı isletiw procesinde rentgen nurları payda bolǵan. Bunı H.Hertz hám onıń shákirtleri ótkizgen tájiriyelerde fotoplastinkanıń qarayıwı arqalı sezgen. Biraq, olardan hesh qaysısı oǵan itibar bermegen. Sonlıqtan, Rentgen olardıń islegenin bilmegen hám óz betinshe jil dawamında úyrenip, nátiyjesin úsh maqalası arqalı járiyalagan. 1901-jılı Rentgenge fizika boyınsha birinshi Nobel sıylıǵı berildi.

Rentgen nurları tezlestirilgen zaryadlı bólekshelerdiń keskin tormozlanıwında payda boladı (4.27-súwret).  $K$  katod qızdırılǵanda onnan termoelektron emissiya qubılısı sebepli elektronlar ushıp shıǵıdı (10-klastan esleń).  $A$  anod kernewi tásirinde olar anodqa qaray tezleniw menen qozǵaladı. Anodqa soqlıǵısıw dáwirinde elektronlar keskin tormozlanadı hám anodtan rentgen nurları shıǵadı. Soqlıǵısıw payıtında elektronlardıń 1% kinetikalıq energiyası rentgen nurlanıwına, 99% energiya jillılıqqa aylanadı. Sonlıqtan anod suwıtıp turıladı.

Rentgen nurları da elektromagnitlik tolǵınlar bolıp, onıń jiyilik diapazonı  $2 \cdot 10^{15}$  Hz ÷  $6 \cdot 10^{19}$  Hz aralıǵında boladı. Tolqın uzunlıǵı boyınsha 0,005 nm ÷ 100 nm aralıqta jaylasqan (ulıwma qabil etilgen diapazon joq).

Rentgen nurları insan denesinen erkin ótip ketedi. Sonıń menen birge dene aǵzalarınıń nurdı hár qıylı jutıwı sebepli olardıń súwretin alıw múmkin (4.28-súwret). Kompyuter tomografiyalarında ishki organlardıń kólemli súwretin de alıw múmkin. Islep shıǵılǵan hár qıylı nárseler (relesler, kepsirlengen júyer hám t.b.)degi defektlerdi anıqlaw rentgen defektoskopiyası delinedi. Materialtanıw, kristallografiya, ximya hám biologiyada rentgen nurları zat strukturasını atomar dárejesinde úyrenedi. Buǵan DNK strukturasını úyreniwdi mısal retinde keltiriw mumkin. Aeroport hám bajxana xızmetlerinde qáwipsizlikke tiyisli hám

qadağan etilgen nârselerdi anıqlawda da rentgen nurlarınan paydalanıladı. Medicinada diagnoz qoyıwdan tısqarı, emlewde de rentgen nurlarınan paydalanıladı.



4.27-súwret.



4.28-súwret.



1. *Infraqızıl nurlar qalay payda boladı? Olardan qanday maqsetlerde paydalanıw mümkin?*
2. *Ultrafiolet nurlardıń qâsiyetlerin túsindirih. Olardan qanday maqsetlerde paydalanıladı.*
3. *Rentgen trubkasınıń düziliwin hâm onda rentgen nurları qalay payda bolatuğının túsindirih.*
4. *Rentgen nurları qanday qâsiyetlerge iye? Olardan qanday maqsetlerde paydalanıladı.*

### 30-tema. JAQTÍLIQ AĞIMI. JAQTÍLIQ KÚSHI. JAQTÍLANGANLIQ NİZAMI

Jaqtılıqtıń kózge yamasa basqa qabil yetiwshi qurılımlarğa tásiri, usı qabil etiwshi qurılımlarğa berilgen jaqtılıq energiyası menen belgilenedi. Sol sebepli jaqtılıqtıń energiyası menen baylanıslı energetikalıq shamalar menen tanısamız. Bul máselelerdi úyrenetuğın bólim **fotometriya** dep ataladı.

Fotometriyada qollanılatuğın shamalar jaqtılıq energiyasın qabil etiwshi ásbaplardıń neni jaza alıwına baylanıslı halda alınadı.

**1. Jaqtılıq energiyasınıń ağımı.** Jaqtılıq dereginiń ólshemlerin júdá kishi dep alayıq. Sonda onnan belgili aralıqta jaylasqan noqatlardıń ornı sferalıq betti quraydı dep qaraw mümkin. Mısalı, diametri 10 cm bolğan lampa 100 m uzaqlıqtağı maydandı jaqtırtıp atırğan bolsa, bul lampanı

noqatliq jaqtılıq dep qaraw múmkin. Biraq, jaqtırtılıp atırǵan maydanǵa shekemgi aralıq 50 cm bolsa, derekti noqatlıq dep bolmaydı. Olarǵa tipli mısál retinde juldızlardı alıw múmkin. qanday da bir  $S$  betke  $t$  waqıtta túsip atırǵan jaqtılıq energiyası  $W$  bolsın.

**Waqt birligi ishinde qanday da bir maydanǵa túsip atırǵan energiya muǵdarına jaqtılıq energiyasınıń aǵımı yamasa nurlanıw aǵımı delinedi.** Onı  $\Phi$  háribi menen belgilesek,

$$\Phi = \frac{W}{t} = P; \quad (4-9)$$

bunda:  $t$  jaqtılıq terbelisleri dáwirine salıstırǵanda bir qansha úlken bolǵan waqıt názerde tutıladı. Nurlanıw aǵımınıń birligi SI sistemasında  $W$  (vatt) penen ólshenedi.

Kóplegen ólshewlerde (mısalı, astronomiyalıq) tek aǵım emes, al nurlanıw aǵımınıń bet tıǵızlıǵı ahmiyetke iye. Nurlanıw aǵımınıń usı aǵım ótetuǵın maydanǵa qatnası menen ólshenetuǵın shamaǵa nurlanıw aǵımınıń bet tıǵızlıǵı delinedi:

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

Kóbinese, bul shama **nurlanıw intensivligi** dep ataladı. Onıń birligi  $1 \frac{W}{m^2}$ .

Geometriya kursınan keńislik múyesh túsiniǵın esleyik. Buǵan mısál etip konustıń tóbesindegi múyeshti alıw múmkin. Keńisliktegi múyesh dep shar segmentiniń beti ( $S_0$ )niń, orayı konus tóbesinde bolǵan sfera radiusınıń kvadratı ( $R^2$ )na qatnası menen ólshenetuǵın shamaǵa aytıladı:

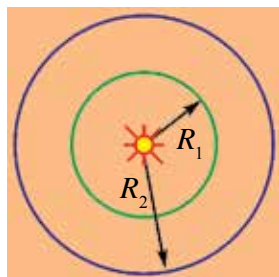
$\Omega = \frac{S_0}{R^2}$ . Keńisliktegi múyeshtiń ólshew birligi—steradian (sr). 1 sr—sfera maydanınan tárepi sfera radiusına teń bolǵan kvadrat maydanına teń bolǵan oblast payda etetuǵın, bir tóbesi sfera orayında bolǵan keńisliktegi múyeshtiń shamasına teń. Sfera betiniń maydanın bilgen halda, noqat átirapındaǵı tolıq keńisliktegi múyeshti anıqlaw múmkin:

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

Nurlanıw intensivliginiń derekten uzaqlıǵına hám nur túsip atırǵan maydan menen payda etken múyeshine baylanıslılıǵın kórip shıǵayıq. Nur shıǵıp atırǵan noqatlıq derek radiusları  $R_1$  hám  $R_2$  bolǵan eki koncentrlı



sheńber orayında bolsın (4.29-súwret). Eger jaqtılıq ortalıq tárepinen jutılmasa (mısalı, vakuumda), waqıt birligi ishinde birinshi sferadan ótken tolıq energiya ekinshi sfera maydanınan ótedi. Sonlıqtan



4.29-súwret.

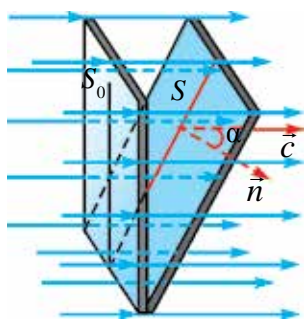
$$I_1 = \frac{W}{4\pi R_1^2 t} \text{ hám } I_2 = \frac{W}{4\pi R_2^2 t};$$

bunnan:

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

Demek, nurlanıw intensivligi qashıqlıqtıń artıwı menen kvadrat ráwishte kemeyip baradı eken.

Nur túsip atırǵan maydanniń qıyalıǵına baylanıslılıǵın anıqlaw ushın 4.30-súwrettegi jaǵdaydı qarayıq. Bunda tolqın  $S_0$  hám  $S$  maydandan birdey muǵdardaǵı energiyanı alıp ótedi. Soǵan muwapıq



4.30-súwret.

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

Olardıń intensivlikleriniń qatnası:

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

Ámeliyatta jaqtılıqtıń energetikalıq xarakteristikası menen birgelikte kózge kórinetuǵın jaqtılıqtı sıpatlaytuǵın fotometriyalıq shamalar qollanıladı. Fotometriyada, nurlanıw intensivligi menen tikkeley baylanıslı bolǵan, jaqtılıq aǵımı dep atalıwshı subyektiv shama qollanıladı. Jaqtılıq aǵımı  $\Phi$  háribi menen belgilenedi. Onıń SI birlikler sistemasındaǵı birligi **lyumen** (lm).

Qálegen jaqtılıq dereginiń áhmiyetli xarakteristikası—bul jaqtılıq kúshi  $I$  esaplanadı. Ol jaqtılıq aǵımı  $\Phi$  diń, keńislik múyesh  $\Omega$  ǵa qatnası menen anıqlanadı:

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

Jaqtılıq kúshiniń birligi—**kandela** (cd) SI birlikler sistemasınıń tiykarǵı birligine kirgizilgen. 1 cd sıpatında maydanı  $1/600000 \text{ m}^2$ , temperaturası platinanıń qatıw temperaturasına teń, sırtqı basım 101325 Pa bolǵan halda, tolıq nurlandırgıshstan perpendikulyar baǵıtta shıǵıp atırǵan

jaqtılıq kúshi qabıl etilgen. 1 cd nı qabıl etiwde qollanılğan jaqtılıqtıń vakuumdağı tolqın uzınlıǵı 555 nm ge teń bolıp, insan kóziniń maksimal sezgirliğine tuwrı keledi.

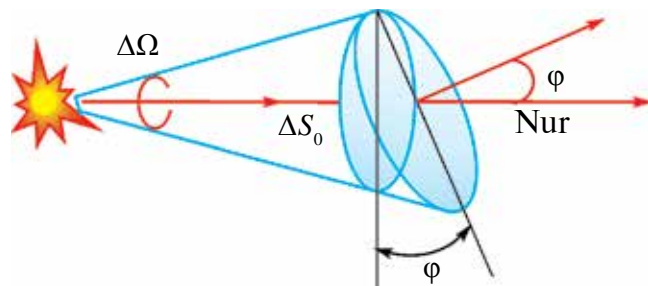
Qalğan barlıq fotometriyalıq birlikler kandela arqalı ańlatıladı. Mısalı, 1 lyumen, jaqtılıq kúshi 1 cd bolğan noqatlıq derekten 1 sr keńislik múyesh ishinde shıqqan jaqtılıq aǵımına teń.

Maydan birliğine túsken jaqtılıq aǵımına jaqtılğanlıq delinedi:

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

Jaqtılğanlıq SI birlikler sistemasında **lyuks** (lx) te ólshenedi. 1 m<sup>2</sup> maydanǵa tegis bólistirilgen halda 1 lm jaqtılıq aǵımı tússe, maydanniń jaqtılğanlıǵı 1 lx ke teń boladı.

**Jaqtılğanlıq nızamları.** Joqarıda aytılganıday, maydanniń jaqtılğanlıǵı jaqtılıq kúshine tuwrı proporcional. Biraq, jaqtılğanlıq tek jaqtılıq kúshine baylanıslı bolıp qalмай, derek hám jaqtılanatuǵın maydanǵa shekem bolğan qashıqlıqqa da baylanıslı. Jaqtılıq deregi sfera orayında jaylasqan bolsın (4.31-súwret).



4.31-súwret.

Sferanıń bet maydanı  $4\pi R^2$  qa teń.

Ol jaǵdayda tolıq jaqtılıq aǵımı  $\Phi = 4\pi I$  ge teń boladı. Sonlıqtan:

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

Maydanniń jaqtılğanlıǵı, derek jaqtılıq kúshine tuwrı proporcional, qashıqlıqtıń kvadratına kerı proporcional.

Koplegen jaǵdaylarda jaqtılıq aǵımı maydanǵa múyesh astında túsedi. Jaqtılıq aǵımı  $\Delta S$  maydanǵa  $\varphi$  múyesh astında túsip atırǵan bolsın.  $\Delta S$

maydan,  $\Delta S_0$  maydan menen tóمندegishe baylanisqan:  $\Delta S_0 = \Delta S \cos \varphi$ . Ol jaǵdayda keńisliktegi múyesh

$\Delta \Omega = \frac{\Delta S_0}{R^2} = \frac{\Delta S \cos \varphi}{R^2}$  penen anıqlanadı. onnan berilgen maydanniń jaqtılانǵanlıǵı

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

menen anıqlanadı.

Maydanniń jaqtılانǵanlıǵı, derektiń jaqtılıq kúshine, jaqtılıq nurı hám jaqtılıq aǵımı túsip atırǵan maydangá ótkızilgen perpendikulyar arasındagı múyeshtiń kosinusına tuwrı proporcional, qashıqlıqtıń kvadratına kerı proporcional.

Eger maydan bir neshe derek penen jaqtılانdırılǵan bolsa, ulıwma jaqtılانǵanlıq hár bir derek tárepinen jaqtılانǵanlıqlardıń jıyındısına teń boladı.

Fotometriyalıq shamalardan jáne biri ráwshanlıq dep ataladı. **Ráwshanlıq dep, jaqtılıq shıǵıp atırǵan maydan birliğine tuwrı keletuǵın jaqtılıq kúshine** aytıladı:

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

Ráwshanlıqtıń birliǵı —  $\frac{\text{cd}}{\text{m}^2}$ . Bunda jaqtılıq deregi maydanınan barlıq baǵıtta birdey jaqtılıq shıǵadı dep qaraladı.

Ráwshılıqqa tiyisli maǵlıwmatlardı keltiremiz: Tús waqtında Quyashtıń ráwshanlıǵı —  $1,65 \cdot 10^9 \text{ cd/m}^2$ ; gorizontqa kelgende —  $6 \cdot 10^9 \text{ cd/m}^2$ ; tolı ay diski —  $2500 \text{ cd/m}^2$ ; ashıq hawalı kúndizgi aspan —  $1500-4000 \text{ cd/m}^2$ .

### Másele sheshiw úlgisi

1. Noqatlıq derektiń jaqtılıq kúshi 100 cd ǵa teń. Derekten shıǵıp atırǵan tolıq jaqtılıq aǵımın tabıń.

Berilgen:	Formulası:	Sheshiliwi:
$I = 100 \text{ cd}$	$\Phi = 4\pi \cdot I$	$\Phi = 4 \cdot 3,14 \cdot 100 \text{ sr cd} = 1256 \text{ lm}$ .
Tabıw kerek: $\Phi = ?$		<i>Juwabı:</i> 1256 lm.

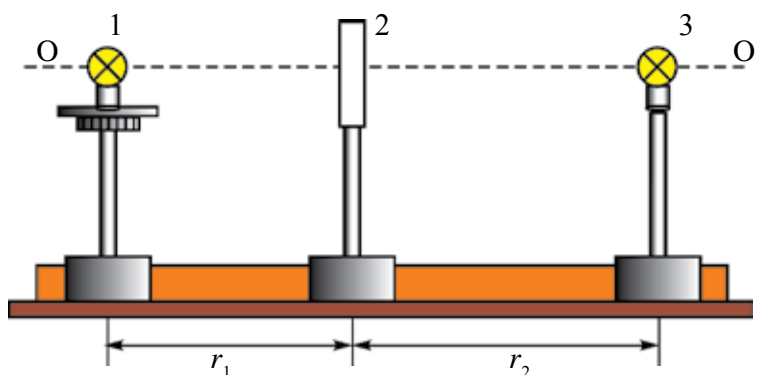


1. Energetikalıq va fotometriyalıq shamalar arasında qanday parıq bar?
2. Nurlanıw intensivligi degende neni túsinemiz?
3. Fotometriyağa tiyisli qaysı birlik SI birlikler sistemasınıń tiykarǵı birliǵı esaplanadı?
4. Ráwshanlıqqa tiyisli SI sistemasına kirmegen birliklerdi bilesiz be?
5. Maydanniń jaqtılanǵanlıǵı oǵan túsip atırǵan nurdıń qıyalıǵına qanday baylanıslı?

## 31-tema. LABORATORIYALÍQ JUMIS: JAQTILANǴANLIQTIN JAQTILIQ KUSHINE BAYLANISLILIGI

**Jumistın maqseti.** Jaqtılanǵanlıqtın, jaqtılıq deregi, jaqtılıq kúshine baylanıslılıǵın eksperimental ráwishte tekseriw.

**Kerekli ásbap hám úskeneler.** Jaqtılanǵanlıq nızamların úyrenetuǵın qurılma, jaqtılıq deregi, lyuksmetr, ólshew lentası yamasa sıızǵısh.



4.32-súwret.

**Jumistın orınlanıwı.** Jumistı orınlaw qurılmasınıń sıızılması 4.32-súwrette keltirilgen.

Bunda 1- hám 3-jaqtılıq kúshi belgili bolǵan jaqtılıq beriwshi lampochkalar. 2-lyuksmetrdiń fotoelementi.

1. 1-lampochka kernewligi ózgeritiletuǵın tok deregine jalǵanadı. Al, 2-lampochka nominal kernewli (lampochkaǵa jazılǵan) tok deregine jalǵanadı. 1-lampochkadan lyuksmetrge shekem bolǵan  $r_1$  qashıqlıq ólshew alınadı. 1-lampochkaǵa 40 V kernew beriledi. Lyuksmetrde onıń payda etken jaqtılanǵanlıǵı ( $E_1$ ) anıqlanadı. 1-lampochka óshirilip, 2-lampochka jalǵıladı. Lyuksmetr 2-lampochkaǵa qaratıladı  $r_2$  qashıqlıq ózgeritilip, lyuksmetr kórsetiwı  $E_1$  ge teń bolǵan jerde qaldırıladı.

2.  $\frac{I_1}{I_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2}$  formuladan  $I_1 = I_2 \frac{r_2^2}{r_1^2}$ , birinshi lampochkanıń 40 V kernewindegi jaqtılıq kúshi esaplap tabıladı. 1-lampochkağa berilgen kernewdi 80 V, 120 V, 160 V, 200 V qa ózgerтип, oǵan sáykes kelgen  $E_2$ ,  $E_3$ ,  $E_4$  hám  $E_5$  ler anıqlanıp kestege jazıladı.

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

Tájiriybeniń q/s	1-lampochkanıń kernewi, V	$r_2$ , m	$E$ , lx	$I$ , kd
1.	40			
2.	80			
3.	120			
4.	160			
5.	200			

3. Tájiriybe nátiyjeleri boyınsha, jaqtılanganlıqtıń jaqtılıq deregi jaqtılıq kúshine baylanıslı  $E_e = f(I_e)$  grafigi dúziledi.

4\*. 1-lampochkağa nominal kernew berilip, 2-lampochka óshiriledi.  $r_1$  di ózgerтип, oǵan sáykes kelgen jaqtılanganlıq, lyuksmetrden jazıp alınadı.  $E = f(r)$  grafigi dúziledi. Keste hám grafikten  $E \sim \frac{1}{r^2}$  qatnas orınlı bolıwı tekseriledi.



1. Qanday jaqtılıq derekleri, noqatlıq jaqtılıq derekleri delinedi?
2. Siz ótkizgen tájiriybede jaqtılıq deregin noqatlıq dep esaplasa bola ma?
3. Lyuksmetr qanday ásbap?
4. Tájiriybede ekinshi lampochka qanday wazıypanı atqaradı?



$E = \frac{1}{r^2}$  formula arqalı jaqtılanganlıqtı esaplap tabıń hám nátiyjeler boyınsha  $E_n = f(I_n)$  grafigin dúziń. Bul grafikke eksperimentten alınǵan  $E_e = f(I_e)$  grafigin qoyıp, olardı salıstırıń.

**4-shımıǵıw** 1. Tolqın uzunlıǵı 300 m elektromagnit tolqında ses terbelisleriniń bir dáwiri dawamında neshe ret terbeliw júz beredi? Ses terbelisleriniń jiyiligi 10 kHz. (Juwabı: 100).

2. Eger radiolokatorдан obyektke jiberilgen signal 400  $\mu$ s tan soń qayıtıp kelse, obyekt radiolokatorдан qanday qashılıqta jaylasqan? (Juwabı: 30 km).

3. Elektromagnit to'liqning terbeliw jiyiligi 15 MHz. Elektromagnit to'liqning óziniń elektr hám magnit vektorlari terbeliwiniń 30 dáwirine teń waqıt aralıǵında qanday qashıqlıqqa tarqaladı? (*Juwabi:* 600 m).

4. Keńislikte terbeliw jiyiligi 5 Hz bolǵan to'liqning 3 m/s tezlik penen tarqalmaqta. Bir sıziq boylap bir-birinen 20 cm uzaqlıqta jatqan eki noqattıń fazalar parqın tabıń. (*Juwabi:* 120°).

5. Induktiv katushkada 1,2 s ta tok kúshi 2 A ge ózgergende 0,4 mV indukciya EJK payda boladı. Eger terbelis konturındaǵı hawa kondensatorı plastinkalarınıń maydanı 50 cm<sup>2</sup>, plastinalar arasındaqı qashıqlıq 3 mm bolsa, bul terbelis konturı qanday to'liqning uzınlıǵına sáykeslengen? (*Juwabi:* 112 m).

6. Terbelis konturınıń induktivligi 1 mH bolǵan katushka hám de sıyımlılıqları 500 pF hám 200 pF bolǵan hám bir-birine izbe-iz jalǵanǵan kondensatorlardan ibarat. Terbelis konturı qanday to'liqning uzınlıǵına sáykeslengen? (*Juwabi:* 712 m).

7. Vakuumda to'liqning uzınlıǵı 0,76 μm bolǵan jaqtılıq nurı menen suwdıń nur sındırıw kórsetkishi ólshengende 1,329 ǵa teń boldı, al to'liqning uzınlıǵı 0,4 μm bolǵan jaqtılıq nurı menen suwdıń nur sındırıw kórsetkishi ólshengende 1,344 ke teń boldı. Bul nurlardıń suwdaqı tezliklerin anıqlań.

8. Qızıl nurdıń suwdaqı to'liqning uzınlıǵı, jasıl nurdıń hawadaǵı to'liqning uzınlıǵına teń. Eger suw qızıl nur menen jaqtılandırılǵan bolsa, suw astınan qaragan adam qanday nurdı kóredi?

9. Ne sebep qıstıń hawa ashıq kúnleri tereklerdiń sayası kógis reńde kórinedi?

10. Interferenciya qubılısı eki kogerent  $S_1$  hám  $S_2$  dereklerden shıqqan jaqtılıq járdeminde ekranda baqlanbaqta. Eger: a) jaqtılıq derekleri arasındaqı qashıqlıqtı ózertpegen halda ekrannan uzaqlastırılса; b) ekran menen olar arasındaqı qashıqlıqtı ózertpegen halda derekler bir-birine jaqınlastırılса; d) dereklerden shıǵıp atırǵan jaqtılıqtıń to'liqning uzınlıǵı kemeytilse, interferenciyalıq kórinis qalay ózgeredi?

11. Eki kogerent to'liqning ushırasqanda bir-birin ázziletiwi múmkin. Bul to'liqlardıń energiyası qayaqqa «joǵaladı»?

12. To'liqning uzınlıǵı  $\lambda$  bolǵan jaqtılıq, dáwiri  $d$  bolǵan difraksiyalıq reshıotkaǵa  $\alpha$  múyesh astında túspekte. Bunday jaǵday ushın difrakciya formulası qanday boladı? (*Juwabi:*  $d(\sin\varphi - \sin\alpha) = k\lambda$ ).

13. Bir-birinen 30 mm qashılıqta jaylasqan eki kogerent derekten tolqın uzınlığı  $5 \cdot 10^{-7}$  m bolğan jaqtılıq shıqpaqta. Ekran olardıń hár birinen birdey 4 m qashılıqta jaylasqan. Birinshi derektiń aldında jaylasqan noqatta eki derekten kelgen nurlar ushırasqanda ne baqlanadı? (*Juwabı: max.*).

14. Jaqtılıq kúshi 200 cd bolğan elektr lampochkadan shıqqan jaqtılıq jumıs maydanına  $45^\circ$  múyesh astında túsip, 141 lx jaqtılğanlıqtı payda etedi. Jaqtılıq deregi stoldan qanday biyiklikte jaylasqan? (*Juwabı: 0,7 m.*).

15. Quyashtıń gorizonttan biyikligi  $30^\circ$  dan  $45^\circ$  qa arttı. Jer betiniń jaqtılğanlıgı neshe ese ózgeredi? (*Juwabı: 1,4.*).

16. Elektr jaqtırtqısh radiusi 10 cm, jaqtılıq kúshi 100 cd bolğan shardan ibarat. Derektiń tolıq jaqtılıq ağımın tabıń. (*Juwabı: 1,6 klm.*).

17. Maydanı  $25 \text{ m}^2$  bolğan kvadrat formadağı ójireniń ortasına lampa ildirilgen. Lampa poldan qanday biyiklikte ildirilse, ójire múyeshlerindegi jaqtılğanlıq maksimum boladı?

18. Onsha tereń bolmağan hawızdağı tınısh suw betine poleroid arqalı qarap, ol burıp barılsa, poleroidtıń qanday da bir jaǵdayında hawız astı jaqsı kórinedi. Qubılıstı túsindirıń.

19. İnsan kóziniń sezgirliǵı sarı-jasıl nur ushın eń joqarı esaplanadı. Onda ne sebepten qáwipsizlik signalı qızıl reńde beriledi?

20. Nyuton saqıynaların baqlawda aq nur linzanıń bas optikalıq kósherine parallel halda túspekte. Linzanıń iyemeklik radiusı 5 m. Baqlaw ótip atırǵan nurda alıp barıladı. Tórtinshi (tolqın uzınlığı 400 nm) hám úshinshi (tolqın uzınlığı 630 nm) saqıynanıń radiusların tabıń. (*Juwabı: 2,8 mm; 3,1 mm.*).

21. Ne sebepten ólshemi  $0,3 \text{ }\mu\text{m}$  bolğan bóleksheni optikalıq mikroskop járdeminde kórip bolmaydı?

22. Qaysı jaǵdayda chaydı ıssıraq halında ishiw múmkin? Chayǵa qaymaqtı qosıp, onnan soń botqanı jegenen keyin chay ishkende me yamasa jep bolıp, soń qaymaqtı chayǵa qosıp ishkende me? Jawabıńızdı tiykarlań.

23. Yung qurılısında interferenciya maksimumları aralıǵın tabıń.  $S_1$  hám  $S_2$  sańlaqlar arasındagı qashılıq  $d$ , sańlaqlardan ekrangá shekem bolğan qashılıq  $L$ . Túsip atırǵan jaqtılıqtıń tolqın uzınlığı  $\lambda$ .

## IV BAPTÍ JUWMAQLAW BOYÍNSHA TEST SORAWLARÍ

1. Elektromagnit toʻlqin nurlanuviniń aǵım tıǵızlıǵınıń formulasın kórsetiń.  
 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. Gápti toʻlqıtırın. Nur sındırırw kórsetkishiniń jaqtılıq toʻlqın uzınlıǵına baylanıslılıǵına ... delinedi.  
 A) difrakciya;      B) interferenciya;  
 C) dispersiya;      D) polyarizaciya.
3. Jaqtılǵanlıq formulasın kórsetiń.  
 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. Gápti toʻlqıtırın. Jaqtılıq shıǵıp atırǵan maydan birliğine tuwrı keletuǵın jaqtılıq kúshine ... dep ayıladı.  
 A) ...jaqtılıq kúshi...; B) ...jaqtılıq intensivligi...;  
 C) ... jaqtılıq aǵımı ...;      D) ...ráwshanlıq... .
5. Zatlar qanday halında sıızıqlı spektrge iye boladı?  
 A) qattı halında;      B) suyıq halında;  
 C) siyreklesken gaz halında;      D) hár úsh halında.
6. Tómendegi nurlanıwlardıń qaysı biri eń kishi toʻlqın uzınlıǵına iye?  
 A) infraqızıl nurlar;      B) kórinetuǵın nurlar;  
 C) ultrafiolet nurlar;      D) rentgen nurları.
7. Tómendegi qubılıslardan qaysı biri jaqtılıqtıń kóldeneń toʻlqınlar ekenligin tastıyıqlaydı?  
 A) jaqtılıq difrakciyası;      B) jaqtılıq dispersiyası;  
 C) jaqtılıq interferenciyası;      D) jaqtılıqtıń polyarizaciyanıwı.
8. 1 mm de 1000 shtrixi bar bolǵan difrakciyalıq reshıyotkanıń turaqlılıǵın anıqlań.  
 A) 10;      B) 2;      C) 0,1;      D) 1.
9. Suwdıń nur sındırırw kórsetkishi 1,33 ke teń. Jaqtılıqtıń suwdaǵı tezligin tabıń.  
 A) 225000 km/s;      B) 300000 km/s;  
 C) 150000 km/s;      D) 398000 km/s.



10. Radiolokator 1 sekundta 2000 impuls jiberedi. Radiolokatorni maksimal «kóriw» uzaqlığı neshe km ge teń?
- A) 30;                      B) 150;                      C) 75;                      D) 300.
11. Nurlanıw intensivligi qanday birlikte ólshenedi?
- A)  $\frac{W}{m^2}$ ;                      B) W;                      C)  $\frac{W}{s^2}$ ;                      D) J s.
12. Jaqtılıqtıń vakuumdagı tezligi c, tolqın uzınlığı  $\lambda$  ge teń. Jaqtılıq nur sıdırıw kórsetkishi n boğan ortalıqqa ótse, bul parametrler qalay ózgeredi?
- A)  $nc$  hám  $n\lambda$ ;                      B)  $c/n$  hám  $n\lambda$ ;                      C)  $c/n$  hám  $\lambda/n$ ;                      D)  $nc$  hám  $\lambda/n$ .
13. Prizmadan aq jaqtılıq ótkende spektrge ajıralıwı qanday qubılıs sebepli júz beredi?
- A) jaqtılıq interferenciyası;                      B) jaqtılıqtıń qaytıwı;  
C) jaqtılıq difrakciyası;                      D) jaqtılıq dispersiyası.
14.  $\frac{cd}{m^2}$  birlik penen qanday fizikalıq shama ólshenedi?
- A) jaqtılıq kúshi;                      B) nur intensivligi;  
C) jaqtılanğanlıq;                      D) ráwshanlıq.
15. Reshyotka turaqlılıgı  $1,1 \mu m$  bolğan difrakciyalıq reshyotkağa tolqın uzınlığı  $0,5 \mu m$  bolğan jazıq monoxromatlıq tolqın normal túspekte. Baqlaw múmkin bolğan maksimumlar sanın tabıń.
- A) 4;                      B) 5;                      C) 7;                      D) 9.
16. Aq reń payda etiw ushın qanday reńlerdi kombinaciyalap qosıw kerek?
- A) qızıl, jasıl hám kógis;                      B) qızıl, jasıl hám sarı;  
C) fiolet, jasıl hám kógis;                      D) hawareń, jasıl hám sari.
17. Kógis reńdi payda etiw ushın qanday reńlerdi óz ara kombinaciyalap qosıw kerek?
- A) qızıl, jasıl hám kók;                      B) qızıl, jasıl hám sarı;  
C) fiolet, jasıl hám hawareń;  
D) hesh bir reńdi qosıp kógis reńdi payda etiwge bolmaydı.
18. Maydanı  $5 \text{ cm}^2$  bolğan betke  $0,02 \text{ lm}$  jaqtılıq ağımı perpendikulyar túspekte. Bettıń jaqtılanğanlıgı qancha?
- A) 20 lx;                      B) 30 lx;                      C) 40 lx;                      D) 50 lx.

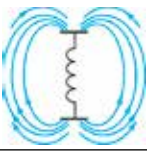
19. Qızıl reñ menen kógis reñ qosılǵanda qanday reñ payda boladı?

- A) qaraltım; B) sarı; C) hawareñ; D) kók.

20. Qızıl hám jasıl reñ qosılǵanda qanday reñ payda boladı?

- A) qaraltım; B) sarı; C) hava reñ; D) kók.

**IV bapta úyrenilgen eñ áhmiyetli túsiniq,  
qaǵıyda hám nızamlar**

Maksvell qipotezası	Elektr maydanniń hár qanday ózgeriwi onıń átirapındaǵı keńislikte iyrimli magnit maydandı payda etedi.
Hertz vibratorı	Elektromagnit tolqındı payda etiw ushın juqa hawa qatlamı menen ajratılǵan diametri 10–30 cm bolǵan eki sharik yamasa cilindrden ibarat.
Ashıq terbelis konturı	Elektromagnit terbelisleri keńislikke tolıq tarqalıp ketetuǵın terbelis konturı. Jabıq terbelis konturında kondensator qaplamaları bir-birinen uzaqlastırılıp payda etiledi. 
Elektromagnit tolqınlardıń qaytıwı	Metall denelerge kelip urılǵan elektromagnit tolqınlar qaytadı. Bunda qaytıw nızamları orınlı boladı.
Elektromagnit tolqınlardıń sınıwı	Elektromagnit tolqın eki ortalıq shegarasınan ótkende sınadı. Bunda sınıw nızamı orınlanadı. $n_{21} = \frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{\epsilon_2}{\epsilon_1}}$ . $\epsilon_1$ hám $\epsilon_2$ –sáykes ráwishte birinshi hám ekinshi ortalıqlardıń dielektrik sińirgishlikleri.
Elektromagnit tolqın uzınlıǵı	Terbelisler fazası birdey bolǵan, bir-birine eñ jaqın turǵan eki noqat arasındaǵı qashıqlıq. $\lambda = \frac{c}{\nu}$ .
Elektromagnit tolqın nurlanıwınıń aǵıs tıǵızlıǵı yamasa tolqın intensivligi	Tolqınıń tarqalıw baǵıtına perpendikulyar baǵıtta jaylasqan $S$ maydanlı betten $\Delta t$ waqıtta ótiwshi $W$ elektromagnit energiyası: $I = \frac{W}{S \Delta t}$
Radiobaylanıs	Xabarları elektromagnit tolqınlar arqalı almasıw.
Radiouzatqısh	Xabarları elektromagnit tolqınlar arqalı jiberiw.
Radiopriyomnik	Elektromagnit tolqınlar arqalı kelgen xabardı qabil etiwshi qurılma.

Mikrofon	Ses terbelislerin elektr terbelislerine aylandırılıshı ásbap.
Modulyaciya	Tómen jiyilikli elektr terbelislerin joqarı jiyilikli elektr terbelislerine qosıp jiberiw.
Kiriw konturı	Kóplegen radiostanciyalar ishinen kerekliyin tańlap alılıshı terbelis konturı.
Detektorlaw	Joqarı jiyilikli terbelislerge qosıp jiberilgen tómen jiyilikli terbelislerdi ajıratıp alıw.
Videokamera	Jaqtılıq signalların (kórinis) elektr signallarına aylandırılıshı qurılıma.
Kogerent tolqınlar	Jiyilikleri teń hám fazalar parqı ózgermes bolğan tolqınlar.
Tolqınlar interferenciyası	Kogerent tolqınlardıń ushırasqanda bir-birin kúsheytıwshı yamasa ázziletiwshı qubılısı. $\Delta d = 2k \frac{\lambda}{2}$ ( $k=0, 1, 2, \dots$ ) de kúsheytıdi, $\Delta d = (2k+1) \frac{\lambda}{2}$ de ázziletedi.
Tolqınlar difrakciyası	Tolqınnıń óz jolında ushırasqan tosıqtı aylanıp ótiwi. Bunda tosıqtıń ólshemi oğan túsip atırğan tolqın uzınlıǵınan kishi bolıwı kerek.
Difrakciyalıq reshıyotka	Jaqtılıq difrakciyası baqlanatuǵın kóp sanlı tosıq hám sańlaqlar jıyındısı.
Difrakciyalıq reshıyotkada difrakciya qubılısı	$d \sin \varphi = n \lambda$ $d$ – reshıyotka turaqlısı; $\varphi$ – difrakciyalanğan nur múyeshi; $n$ – spektr tártibi; $\lambda$ – tolqın uzınlıǵı.
Jaqtılıq dispersiyası	Aq jaqtılıqtıń prizmadan ótip, jeti reńge ajırılıwı: <i>qızıl, qızǵılt-sarı, sarı, jasıl, kógis, kók hám fiolet</i> ; yaki nur sındırıw kórsetkishiniń jaqtılıq tolqın uzınlıǵına baylanıslılıǵı.
Spektr	Jaqtılıq nurı qanday da bir sındırıwshı ortalıqtan ótkende payda bolğan reńli polosalar toplamı.
Shıǵarıw spektrleri	Zatlar qızdırılıǵanda shıǵatuǵın spektr. Tutas, polosalı hám sızıqlı kóriniste boladı.
Jutılıw spektrleri	Zattıń tek óziniń qásiyetine sáykes bolğan nurdı jutıwınan payda bolğan spektr.
Spektral analiz	Zattıń shıǵarıw yamasa jutılıw spektrleri boyınsha onıń quramın anıqlaw.

Jaqtılıqtıń polyarizaciya-lanıwı	Jaqtılıqtıń turmalin plastinasınan ótkende elektr hám magnit maydan kernewlilik vektorlarınıń bağıtları tártiplengen halğa ótiwi.
Malyus nızamı	$I = I_0 \cos^2 \varphi$ . Polyarizaciyalangan jaqtılıqtıń analizatordan ótkendegi intensivligi.
Analizator	Jaqtılıqtıń polyarizaciyalanganlıgıń anıqlawshı ásbap.
Polyarizator	Tábiyiy jaqtılıqtı polyarizaciyalap beriwsh ásbap.
Infraqızıl nurlar	Vakuumda tolqın uzınlıgı 700 nm – 1 mm aralıqta bolğan elektromagnit tolqınlar.
Ultrafiolet nurlar	Vakuumda tolqın uzınlıgı 122 nm – 400 nm aralıqta bolğan elektromagnit terbelisler.
Rentgen nurları	Vakuumda tolqın uzınlıgı 0,005 nm ÷ 100 nm aralıqta bolğan elektromagnit tolqınları.
Nurlanıw ağımı	Waqt birligi ishinde qanday da bir maydangá túsip atırğan energiya muǵdarı: $\Phi = \frac{W}{t}$ .
Nurlanıw inten-sivligi	Nurlanıw ağımınıń usı aǵım ótetuǵın maydangá qatnası. $I = \frac{\Phi}{S}$ . Birliǵı – $\frac{W}{m^2}$ .
Jaqtılıq kúshi	Jaqtılıq aǵımı $\Phi$ diń, usı jaqtılıq shıǵıp atırğan keńisliktegi múyesh $\Omega$ ǵa qatnası. Birliǵı – kandela (cd). SI birliklar sistemasınıń tiykarǵı birliǵı. 1 kd sıpatında maydanı $1/600000 \text{ m}^2$ , temperaturası platinanıń qatıw temperaturasına teń, sırtqı basım 101325 Pa bolğan halda, tolıq nurlandıırǵıshstan perpendikulyar baǵıtta shıǵıp atırğan jaqtılıq kúshi qabıl etilgen.
Jaqtılanǵanlıq	Maydan birligine túsken jaqtılıq aǵımı. Birliǵı – <i>lyuks</i> (lx). $E = \frac{I}{R^2} \cos \varphi$ – jaqtılanǵanlıq nızamı.
Ráwshanlıq	Jaqtılıq shıǵıp atırğan maydan birligine tuwrı keletuǵın jaqtılıq kúshi. $B = \frac{I}{S}$ . Birliǵı – $\frac{\text{cd}}{\text{m}^2}$ .

## V bap. SALÍSTÍRMALÍLÍQ TEORIYASÍ

### 32-tema. ARNAWLÍ SALÍSTÍRMALÍLÍQ TEORIYASI TIYKARLARI. TEZLIKLERDI QOSIWDÍŃ RELYATIVISTLIK NÍZAMÍ

Arnawlı salıstırmalılıq teoriyası 1905-jılı A. Eynshteyn tárepinen jaratılğan bolıp, ol keńislik hám waqıt haqqındaǵı eski klassikalıq pikirlerdiń ornına kelgen jańa tálimat esaplanadı.

Bizge belgili, mexanika – Nyuton mexanikası bolıp, denelerdiń qozǵalıǵı kishi tezliklerde, yaǵnıy  $v \ll c$  ( $c \approx 3 \cdot 10^8$  m/s) jaǵdaylarda úyreniledi. Bunda barlıq sanaq sistemalarında birden-bir waqıt yamasa waqıt sanaǵı qabil etiledi. Klassikalıq mexanikada Galileydiń salıstırmalılıq principi tiykar etip alınğan, yaǵnıy dinamika nızamları barlıq inercial sanaq sistemalarında birdey orınlanadı.

Galiley almasırwlarınıń áhmiyetin esleyik. Ol eki bir-birine salıstırǵanda  $v$  tezlik penen qozǵalıp atırǵan  $K$  hám  $K'$  inercial sanaq sistemalarına salıstırǵanda qozǵalıp atırǵan deneniń koordinataları hám tezliklerin esaplawǵa imkaniyat beredi.

Jeke halda  $K'$  sanaq sisteması  $K$  sanaq sistemasınıń  $X$  kósheri boylap qozǵalsın (5.1-súwret). Ol jaǵdayda turaqlı sanaq sistemalar  $K$  ǵa salıstırǵanda Galiley almasırwları tómendegi kóriniste boladı:

$$x = x' + vt, \quad y = y', \quad z = z', \quad t = t'. \quad (5-1)$$

Baslanǵısh halda ( $t=0$ ), hár eki sistemanıń kósherleri ústpe-üst jaylasadı.

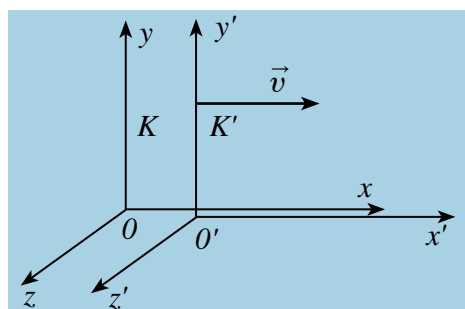
Galiley almasırwlarına muwapıq bir sanaq sistemasınan ekinshi sanaq sistemasına ótkendegi tezlikler

$$v_x = v'_x + v, \quad v_y = v'_y, \quad v_z = v'_z. \quad (5-2)$$

Al, deneniñ tezleniwleri barlıq sanaq sistemalarında birdey eken:

$$a_x = a'_x, \quad a_y = a'_y, \quad a_z = a'_z. \quad (5-3)$$

**Demek, klassikalıq mexanikadağı Nyutonnıñ ekinshi nızamı  $\vec{F} = m\vec{a}$  bir inercial sanaq sistemasınan ekinshi sanaq sistemasına ótkende óz formasın saqlaydı.**



5.1-siwret.

Maksvell teoriyasına muwapiq elektromagnit tolqınlardıñ tarqalıw tezligi barlıq inercial sanaq sistemalarında birdey bolıp, ol jaqtılıqtıñ vakuumdagı tezligine teñ.

Al, jaqtılıqtıñ tezligi sanaq sistemaları yamasa sanaq dene (jaqtılıqtı qaytarıwshı aynalar) qozğalı tezliklerine baylanıslı emesligi A. Maykelson hám E. Morli tárepinen de tájiriybede dálillendi.

Bunnan elektromagnit tolqınlardıñ (jeke halda jaqtılıqtıñ) tarqalıw tezligi Galilay almasırlarına salıstırğandan invariant boladı. Eger elektromagnit tolqın joqarıda ayılğan  $K'$  sanaq sistemasında  $c$  tezlik penen tarqalıp atırğan bolsa, onıñ  $K$  sanaq sistemasındağı tezligi  $v+c$  bolıwı kerek, biraq  $c$  emes!

Bunday qarama-qarsılıqqa A.Eynshteyn shek qoydı. Ol keñislik hám waqıt haqqındağı klassikalıq pikirden waz keshti. Relyativistlik emes (klassikalıq) fizikada absolyut dep esaplangan fizikalıq shamalardı, sonıñ ishinde waqıttı relyativistlik (inglisshe *relativity* – salıstırmalılıq) fizikada salıstırmalı shamalar dep qabıl etti hám óziniñ salıstırmalılıq teoriyasın usındı.

Salıstırmalılıq teoriyası jaqtılıq tezliginen kishi, biraq oğan jaqın bolğan tezlik penen qozğalıp atırğan denelerdiñ qozğalı nızamların óz ishine alatuğın mexanika nızamlarınıñ kompleksinen ibarat bolıp, ol «relyativistlik mexanika» dep ataladı. Eynshteynniñ arawlı salıstırmalılıq teoriyasınıñ tiykarın eki postulat – salıstırmalılıq principini hám jaqtılıq tezliginiñ turaqlılıq principini quraydı:

**1. Jaqtılıq tezliginiñ turaqlılıq principini: jaqtılıqtıñ vakuumdagı tezligi barlıq inercial sanaq sistemalarında birdey hám turaqlı bolıp, derekleriñ hám de jazıp alıwshı ásbaplardıñ qozğalıısına baylanıslı emes.**

**2. Eynshteynniñ salıstırmalılıq principini: barlıq fizika nızamları hám procesler barlıq inercial sistemalarda birdey jüz beredi. Demek, barlıq fizika nızamları hámme inercial sanaq sistemalarında birdey kóriniske iye.**

Eynshteyn postulatları hám oǵan tiykarlanıp ótkizilgen matematikalıq analizler Galiley almasırlarınıń relyativistlik jaǵdaylar ushun tuwrı kelmeytuǵınlıǵın kórsetti. Bul jaǵdayda Lorenc almasırları orınlı eken. Bul almasırlar jaqtılıq tezligine jaqın bolǵan bir inercial sanaq sistemasınan ekinshi sanaq sistemasına ótkendegi barlıq relyativistlik effektlerdi túsindirip beredi hám de kishi tezlikler ( $v \ll c$ ) de Galiley almasırları formulasına ótedi. **Solay etip, salıstırmalıq teoriyası klassikalıq Nyuton mexanikasın biykarlamaydı, al onıń qollanılıw shegarasın anıqlap beredi.**

Koordinata hám waqıttı almasırdıń kinematikalıq formulaları arnawlı salıstırmalıq teoriyasında Lorenc almasırları dep atalıp, ol 1904-jılı usınıs etilgen. Bu almasırlar elektrodinamika teńlemeleri ushın da invariant esaplanadı.

5.1-súwrette kórilgen sanaq sistemaları ushın, Lorens almasırları tómenдегі kóriniste jazıladı:

$K' \rightarrow K$	$K \rightarrow K'$
$x = \frac{x' + vt'}{\sqrt{1 - \beta^2}}$ $y = y'$ $z = z'$ $t = \frac{t' + vx'/c^2}{\sqrt{1 - \beta^2}}$	$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \beta^2}}$ $y' = y$ $z' = z$ $t' = \frac{t - vx/c^2}{\sqrt{1 - \beta^2}}$
$\beta = v/c$	

**Tezliklerdi qosıwdıń relyativistlik nızamı.** Lorenc almasırlarınan keńislik hám waqıt ózgesheliklerine tiyisli qatar áhmiyetli nátiyjeler hám juwmaqlar kelip shıǵadı. Olardan birinshisi waqıttıń relyativistlik ástelesiw effekti esaplanadı.

Kóz aldımızǵa keltireyik,  $K'$  sistema  $X'$  noqatında  $\tau_0 = t'_2 - t'_1$  waqıt aralıǵında dáwirlik process júz bersin. Bul jerde:  $t'_2$  hám  $t'_1$  lar  $K'$  sanaq sistemasındaǵı saattıń kórsetkishleri.

Bul procesti  $K$  sanaq sistemasında júz beriw dáwiri  $\tau = t_2 - t_1$  ge teń boladı.  $t_2$  hám  $t_1$  waqıtlardı Lorenc almasırlarınan paydalanıp, ańlatpaların jazsaq:

$$\tau = \frac{t'_2 + \frac{vx'_2}{c^2}}{\sqrt{1 - \beta^2}} - \frac{t'_1 + \frac{vx'_1}{c^2}}{\sqrt{1 - \beta^2}} = \frac{t'_2 - t'_1}{\sqrt{1 - \beta^2}} = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - \beta^2}};$$

$$\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1-\beta^2}}. \quad (5-4)$$

Demek,  $\tau > \tau_0$ , ya'g'niy qozgalmaytu'gin sanaq sistemasina salistir'ganda qozgalip atir'gan sistemada waqitni' otivi astelesedi.

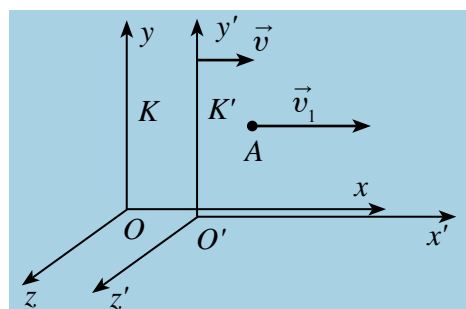
Dal usi principke muwapiq uzunliqtin' relyativistlik kemeyiwin dalillew mumkin.

$$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = l_0 \sqrt{1 - \beta^2} \text{ qa te'n boladi.}$$

Bunda:  $l_0$  ham  $l$  – sterjenni'n qozgalmas ham qozgalip atir'gan sanaq sistemasinda'gi uzunliqlari.

**Solay etip, baqlawshiga salistir'ganda qozgalip atir'gan deneni'n sizliql olshemi qisqaradi. Bul relyativistlik effekt Lorenc uzunliq qisqariwi dep ataladi.** Lorenc almastir'wlarinan kelip shigatu'gin ahmiyetli natijelerden biri tezliklerdi qosiwdi'n relyativistlik nizami esaplanadi.

Koz aldimizga keltireyik,  $A$  dene qozgalmali sanaq sistemasini  $K'$  da  $x'$  kosheri boylap  $v_1$  tezlik penen qozgalsin.  $K'$  sanaq sistemasini, oz gezeginde, qozgalmaytu'gin sanaq sistemasina salistir'ganda  $v$  tezlik penen qozgalsin. Qozgalis dawaminda  $x$  ham  $x'$  kosherleri saykes tussin,  $y$  ham  $y'$ ,  $z$  ham  $z'$  kosherleri oz ara parallel jag'dayda bolsin (5.2-suwret).



5.2-suwret.

Deneni'n  $K'$  sanaq sistemasina salistir'ganda tezligi  $v_1$  ham  $K$  sanaq sistemasina salistir'ganda tezligi  $v_2$  bolsa, ol jag'dayda tezliklerdi qosiwdi'n relyativistlik nizami to'mendegi koriniste jaziladi:

$$v_2 = \frac{v_1 + v}{1 + \frac{v_1 \cdot v}{c^2}}. \quad (5-5)$$

Eger tezlikler jaqtiliq tezligine salistir'ganda juda kishi bolsa, ya'g'niy  $v \ll c$  ham  $v_1 \ll c$ , ol jag'dayda  $\frac{v_1 \cdot v}{c^2}$  ag'zani esapqa almasaq ta boladi  $\frac{v_1 \cdot v}{c^2} \approx 0$ . Ol jag'dayda, joqarida'gi tezliklerdi relyativistlik qosiw nizami klassikalik mexanikada'gi tezliklerdi qosiw nizamina aylanadi.



$$v_2 = v_1 + v$$

Eger  $v_1 = c$  bolsa, ol jaǵdayda Eynshteyn postulatlarına muvafiq  $v_2 = c$  bolıwı kerek. Haqıyqatında da:

$$v = \frac{c + v}{1 + \frac{c \cdot v}{c^2}} = c \frac{c + v}{c + v} = c.$$



1. Galiley almasrıwların túsindirih.
2. Salıstırmalıq teoriyası postulatların táriypleñ hám olardıñ áhmiyetin túsindirih.
3. Uzınlıq salıstırmalıǵı hám onıñ Lorenc qısqartıwın túsindirih.
4. Waqıt intervalınıñ salıstırmalıǵı hám waqıtınñ relyativistlik ástelesiwin túsindirih.

### 33-tema. MASSANÍŃ TEZLIKKE BAYLANÍSLÍLÍǴÍ. RELYATIVISTLIK DINAMIKA. MASSA MENEN ENERGIYANÍŃ ÓZ ARA BAYLANÍSLÍLÍǴ NÍZAMÍ

Eynshteynning salıstırmalıq principi tábiyattıñ barlıq nızamları bir inercial sanaq sistemadan basqa sanaq sistemasına ótkende invariantlıǵın túsindiredi. Bul degeni barlıq tábiyat nızamların ańlatıwshı teńlemeler Lorenc almasrıwlarına salıstırǵanda invariant bolıwı kerek. Biraq, Nyuton mexanikasınıñ teńlemeleri Lorenc almasrıwlarına invariant emes eken. Kishi tezliklerde Nyutonniñ ekinshi nızamı  $m\vec{a} = m\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = \vec{F}$  kóriniste jazılatuǵın edi. Eger  $m\vec{v} = \vec{p}$  deneniñ impulsı desek, ol jaǵdayda

$m\Delta\vec{v} = \Delta\vec{p}$  dene impulsınıñ ózgerisi bolǵanı ushın  $\vec{F} = \frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t}$  dep jazıw múmkin edi. Bul formulalarda, atap aytqanda,  $m\vec{v} = \vec{p}$  da massa turaqlı dep qaralatuǵın edi. Sonısı ájayıp edi, úlken tezliklerde de bul teńleme óz formasın ózertpeydi eken. Úlken tezliklerde tek massa ózgeredi eken. Eger tınısh turǵan dene massası  $m_0$  bolsa, onıñ  $v$  tezlik penen qozǵalıp atırǵandaǵı massası  $m$  tómendegi formula boyınsha anıqlanadı eken:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\beta^2}} \text{ hám } \beta = \frac{v}{c}. \quad (5-6)$$

5.3-súwrette massanın tezlikke baylanishliq grafigi keltirilgen. Deneniń tezligi  $\bar{v}$  jaqtılıq tezliginen júdá kishi bolǵanında,  $\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$  aǵza birden júdá kem parıqlanadı hám  $m \approx m_0$  boladı.

Solay etip, Nyuton sıpatlaǵan deneniń massası hám impulsı tezlikke baylanışlı eken.

Relyativistlik mexanikada energiyaniń saqlanıw nızamı dál klassikalıq mexanikadaǵı sıyaqlı orınlanadı. Deneniń kinetikalıq energiyası  $E_k$  onıń tezligin ózgeritiwi yamasa tezlik beriw ushın sırtqı kúshlerdiń orınlaǵan jumısına teń, yaǵnıy  $\Delta E_k = E_k = A$ . Kinetikalıq energiya  $\Delta E_k = \frac{1}{2}mv^2$  qa

artqanda onıń massası  $\Delta m = m - m_0$  ǵa ózgergende, ol  $\Delta m = \frac{\Delta E_k}{c^2}$  qa teń

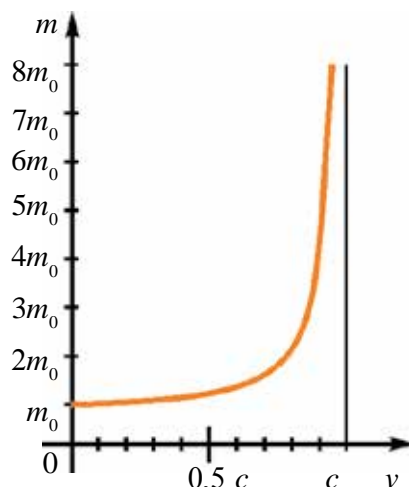
boladı. Deneniń ulıwma energiyası ańlatpasın salıstırmalıq teoriyasına tıykarlanıp Eynshteyn tómendegi korinisin keltirip shıǵardı:

$$E = mc^2 = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}. \quad (5-7)$$

**Demek, relyativistlik mexanikada dene yamasa deneler sistemasınıń tolıq energiyası onıń qozǵalıstaǵı massası  $m$  menen jaqtılıq tezligi kvadratınıń kóbeymesine teń eken. Bul Eynshteyn formulası bolıp, massa hám energiyaniń óz ara baylanışlıq nızamı dep ataladı.**

Deneniń tolıq energiyası  $E = m_0 c^2 + E_k$  teń bolıp, bul jerde  $E_k$  – deneniń ádettegi kinetikalıq energiyası, al  $E_0 = m_0 c^2$  deneniń tınıshlıқтаǵı energiyası.

Tınıshlıқта massaǵa iye bolǵan bóleksheler, tınıshlıқтаǵı massası  $m_0 = 0$  bolǵan bólekshenge aylanǵanda, onıń tınıshlıқтаǵı energiyası jańa payda bolǵan bóleksheniń kinetikalıq energiyasına aylanadı. Al, bul bólekshe yamasa deneniń tınıshlıқтаǵı energiyası bar ekenliginiń ámeliy dálili esaplanadı.



5.3-súwret.

Salıstırmalılıq teoriyasında deneniñ kinetikalıq energiyası tómendegishe anıqlanadı:

$$E_k = E - E_0 = mc^2 - m_0c^2 = \frac{m_0c^2}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} - m_0c^2 = m_0c^2 \left( \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right). \quad (5-8)$$

$$p = \frac{m_0v}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \quad \text{hám} \quad E = \frac{m_0c^2}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \quad \text{formulalardan energiya menen impuls}$$

arasındaǵı baylanıstı anıqlaw múmkin. Bul formulanı tómendegi kóriniste jazamız:

$$\left( \frac{p}{m_0c} \right)^2 = \frac{v^2}{c^2} \frac{1}{1-\frac{v^2}{c^2}}; \quad \left( \frac{E}{m_0c^2} \right)^2 = \frac{1}{1-\frac{v^2}{c^2}}. \quad (5-9)$$

Bul teñlemelerden  $E^2 = (m_0c^2)^2 + (p \cdot c)^2$  formulanı keltirip shıǵarıw múmkin. Bunnan jáne bir márte juwmaq kelip shıǵadı. Eger dene yaki bólekshe tınısh halda bolsa, onıñ impulsı  $p=0$  teñ hám ol jaǵdayda tolıq energiya  $E^2 = E_0^2 = (m_0c^2)^2$  tınıshlıqtaǵı energiyaǵa teñ boladı.

**Bul formuladan bólekshe massaǵa iye bolmasa da, ( $m_0=0$ ) ol energiya hám impulsqa iye bolıwı múmkinligin kórsetedi, yaǵnıy  $E=p \cdot c$ . Bunday bóleksheler massasız bóleksheler delinedi.**

Bunday bólekshelerge mısal etip fotondı keltiriwimiz múmkin hám onıñ tınıshlıqtaǵı massası nolge teñ, biraq ol impulsqa da, energiyaǵa da iye. Massasız bóleksheler tınısh halda bolmaydı hám olar barlıq inercial sanaq sistemalarında shegaralıq tezlik  $c$  menen qozǵaladı.



1. *Dinamikanıñ tiykarǵı nızamı relyativistlik mexanika ushın qalay anılatladı?*
2. *Massa menen energiya arasındaǵı baylanıs nızamınıñ relyativistlik formulası hám onı táriypleñ.*
3. *Tınıshlıqtaǵı energiya formulası hám onı sıpatlañ.*

### Másele sheshiw úlgisi

1. Eki kosmos kemesi Jerden qarama-qarsı tárepke qozǵalmaqta hám olardıñ hár biriniñ Jerge salıstırǵanda tezligi  $0,5 c$  qa teñ. Birinshi kemeniñ ekinshi kemege salıstırǵanda tezligi qanday?

Berilgen:	Formulası:	Sheshiliwi:
$v=0,5 c$ $v=-0,5 c$	$v_{\text{sal.}} = \frac{v_1 - v_2}{1 - \frac{v_1 \cdot v_2}{c^2}}$	$v_{\text{sal.}} = \frac{0,5c - (-0,5c)}{1 - \frac{0,5c \cdot (-0,5c)}{c^2}} = \frac{c}{1,25} = 0,8 c.$
Tabıw kerek: $v_{\text{sal.}} = ?$		Juwabi: $0,8 c.$

### 5-shıwıgıw

1. Qaysı biri kóp energiyağa iye: 1 kg suw ( $E_1$ ), 1 kg kómir ( $E_2$ ) yaki 1 kg benzin ( $E_3$ )? (Juwabi:  $E_1 = E_2 = E_3$ ).

2.  $m$  massalı kómir qanday energiyağa iye ( $c$ —jaqtılıq tezligi,  $\lambda$ —salıstırmalı eriw jıllılıǵı,  $q$ —salıstırmalı janıw jıllılıǵı). (Juwabi:  $mc^2$ ).

3. 0,6 c tezlik penen qozǵalıp atırǵan bóleksheniń kinetikalıq energiyası onıń tınıshlıqtaǵı energiyasınan neshe ese kishi? (Juwabi: 4 ese).

4. Bóleksheniń tezligi qanday bolǵanda onıń kinetikalıq energiyası onıń tınıshlıqtaǵı energiyasınan 2 ese úlken? (Juwabi:  $2\sqrt{2}/3 c$ ).

5. Serpimlilik koefficiyenti 20 kN/m bolǵan prujina 30 cm ge sozılsa, onıń massası qanshaǵa artadı? (Juwabi:  $1 \cdot 10^{-14}$  kg).

6. 1 kg suwdıń temperaturası 81 K ge arttırılrsa, onıń massası qanshaǵa artadı (kg)? (Juwabi:  $3,78 \cdot 10^{-12}$ ).

7. Massası 20 kg bolǵan azot turaqlı basımda  $0^\circ\text{C}$  dan  $200^\circ\text{C}$  ǵa shekem qızdıırıldı. Azottıń massası qanshaǵa artqan? Azottıń turaqlı basımdaǵı jıllılıq sıyımlılıǵı 1,05 kJ/kgK. (Juwabi:  $4,7 \cdot 10^{-8}$  g).

8. Quyashtıń nurlanıwı  $3,78 \cdot 10^{26}$  W. 1 s ta Quyash nurlanıw nátiyjesinde qansha (kg) massa joǵaltıdı? (Juwabi:  $4,3 \cdot 10^9$  kg).

9. Dene 0,89 c tezlik penen qozǵalmaqta. Onıń tıǵızlıǵı tınısh halatına salıstırǵanda qalay ózgeredi? (Juwabi: 5 ese artadı).

10. Myuon (myu mezon) atmosferanıń joqarı qatlamlarında payda bolıp, ıdıraǵanǵa shekem 5 km ge uship baradı. Eger onıń jeke jasaw waqtı  $2 \mu\text{s}$  bolsa, ol qanday tezlik penen qozǵalǵan? (Juwabi: 0,99 c).

11. Eger kometanıń «kórinbe» uzınlıǵı onıń jeke uzınlıǵı ( $l_0$ ) den  $\sqrt{2}$  ese kem bolsa, kometanıń baqlawshıǵa salıstırǵanda tezligin anıqlań. (Juwabi:  $\frac{\sqrt{2}}{2} c \approx 0,71 c$ ).

12. Eger proton 240000 km/s tezlik penen qozǵalıp atırǵan bolsa, onıń massası tınıshlıqtaǵı massasınan neshe ese úlken?  $c = 300000$  km/s.

(Juwabi:  $\frac{m}{m_0} \approx 1,67$  ese).

13. Sterjen  $v$  tezlik penen  $K$  – sanaq sistemasına salıstırğanda qozğalmaqta. Tezlikniñ qanday mánisinde usı sanaq sistemasında onıñ uzınlıǵı jeke uzınlıǵınan  $0,5\%$  ke kem boladı? (Juwabi:  $v \approx 3 \cdot 10^7$  m/s).

14. Eger  $\tau_0 = 5$  s waqıtta  $K$ –sanaq sistemasında qozǵalıp atırǵan saat  $\Delta t = 0,1$  s qa kesh qalsa, ol qanday tezlik penen qozǵalǵan? (Juwabi:  $v = 0,2$  s).

15. Bóleksheniñ relyativistlik impulsı Nyuton (klassikalıq) impulstan 2 ese úlken bolsa, bóleksheniñ tezligin anıqlań. (Juwabi:  $v = \frac{\sqrt{3}}{2} c$ ).

16. Bóleksheniñ kinetikalıq energiyası onıñ tınıshlıqtaǵı energiyasına teń bolǵan jaǵdaydaǵı tezligi tabılsın. (Juwabi:  $v = \frac{\sqrt{3}}{2} c$ ).

17. Tezletkish elektronga  $4,08 \cdot 10^6$  eV energiya beredi. Elektronniñ tezligi hám massasını anıqlań. (Juwabi:  $v \approx 0,98 c$ ,  $m = 9 m_0$ ).

## V BAPTÍ JUWMAQLAW BOYÍNSHA TEST SORAWLARI

- Eger sterjenning tınısh halattaǵı uzınlıǵı 1 m bolsa, 0,6 c tezlik penen qozǵalıp atırǵan sterjenniñ uzınlıǵı neshege teń?  
A) 80 cm;                      B) 84 cm;                      C) 89 cm;                      D) 90 cm.
- Qozǵalıp baǵıtında deneniñ uzınlıǵı neshe procentke kemeyedi, eger onıñ tezligi  $2,4 \cdot 10^8$  m/s bolsa?  
A) 80;                              B) 60;                              C) 40;                              D) 30.
- Deneniñ boylama ólshemi 20% ke kemeygen bolsa, ol qanday tezlikte qozǵalǵan?  $c$  – jaqtılıqtıñ vakuumdıǵı tezligi.  
A) 0,2 c;                              B) 0,6 c;                              C) 0,4 c;                              D) 0,7 c.
- Jerge salıstırğanda 0,99 c tezlik penen qozǵalıp atırǵan ushar juldızda qansha waqıt ótedi? Bul payıtta Jerde 70 jil ótken?  
A) 10 saat;                              B) 1 jil;                              C) 10 jil;                              D) 20 jil.
- Eger elektron 0,87 c tezlik penen qozǵalıp atırǵan bolsa, onıñ massası tınıshlıqtaǵı massasınan neshe ese úlken boladı?  
A) 2;                                      B) 2,5;                                      C) 0,4;                                      D) 0,5.
- Eger proton 0,8 c tezlikke shekem tezlestirilse, onıñ massası neshege teń?  $m_0 = 1$  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 elektronning tezligi 0,6 c qa teń bolsa, onıñ massası qalay ózgeredi?  
A) 1,5 ese artadı;                              B) ózgermeydi;  
C) 1,2 ese artadı;                              D) 3 ese artadı.

8. 0,6  $c$  tezlik penen qozg'alip atirgan elektronni massasi tinishliqtaqi massasidan neshe ese ulken boladi?  
 A) 6; B) 3; C) 2,4; D) 1,25.
9. Eki bolekshе bir-birine  $\frac{5}{8}c$  tezlik penen qozgalmaqta. Olardinsalish-tirmali tezlikleri neshege ten?  
 A) 0,5  $c$ ; B) 0,6  $c$ ; C) 0,7  $c$ ; D) 0,9  $c$ .
10. Boleksheni tinishliqtaqi massasi  $m$ . Oni 0,6  $c$  tezliktegi massasidan aniqqlan.  
 A) 1,83  $m$ ; B) 1,67  $m$ ; C) 1,25  $m$ ; D) 2,78  $m$ .
11.  $1,8 \cdot 10^8$  m/s tezlik penen qozg'alip atirgan boleksheni massasi onni tinishliqtaqi massasidan neshe procentke kop?  
 A) 60; B) 54; C) 36; D) 25.
12. Boleksheni qanday tezliginde onni qozgalistaqi massasi onni tinishliqtaqi massasidan 40% ke kop boladi?  
 A) 0,4  $c$ ; B) 0,6  $c$ ; C) 0,64  $c$ ; D) 0,7  $c$ .
13. Qaysi biri kop energiyaga iye: 1 kg suw ( $E_1$ ), 1 kg komin ( $E_2$ ) yamasa 1 kg benzin ( $E_3$ )?  
 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.  $m$  massali komin qanday energiyaga iye ( $c$ -jaqtılıq tezligi,  $\lambda$  – salıstırmalı eriw jıllılıǵı).  
 A)  $mc^2$ ; B)  $m\lambda$ ; C)  $mc^2/2$ ; D)  $m\lambda$ .
15. 0,6  $c$  tezlik penen qozg'alip atirgan boleksheni kinetikalıq energiyasi onni tinishliqtaqi energiyasidan neshe ese kishi?  
 A) 2; B) 3; C) 3,6; D) 4.
16. Quyashtıń nurlanıwı  $3,78 \cdot 10^{26}$  W. 1 s ta Quyash nurlanıw nátiyjesinde qansha (kg) massa joǵaltadı?  
 A)  $22 \cdot 10^{11}$ ; B)  $4,3 \cdot 10^9$ ; C)  $1,7 \cdot 10^8$ ; D)  $1,5 \cdot 10^{10}$ .

### V bapta úyrenilgen eń áhmiyetli túsinik, qaǵıyda hám nızamlar

1.	Salıstırmalılıq teoriyası	Eynshteynniń arnawlı salıstarmalılıq teoriyası keńislik hám waqıt haqqında klassikalıq pikirler ornına kelgen tálimat esaplanadı.
2.	Jaqtılıqtıń vakuumdagı tezliginiń turaqlılıǵı	Jaqtılıqtıń vakuumdagı tezligi bárshe sanaq sistemalarında birdey bolıp $c$ ǵa ten hám derek hám de qabıllagıshlardıń tábiyatına baylanıslı emes. Bul tájiriye Maykelson tárepinen dálillengen.

3.	Eynshteynniń postulatları	1. Jaqtılıqtıń vakuumdagı tezligi bárshe sanaq sistemalarında birdey hám derek hám de qabıllagışlardıń tábiyatına baylanıslı emes. 2. Barlıq tábiyat nızamları hám procesleri barlıq inerciyal sanaq sistemalarında birdey júz beredi.
4.	Lorenc almasırları	Salıstırmalıq teoriyasınıń matematikalıq tiykarın Lorenc almasırları quraydı.
5.	Waqtıń relyativistlik ástelesiwi	$\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ , bul jerde $\tau_0$ – jeke waqt.
6.	Uzınlıqtıń relyativistlik Lorenc qısqarıwı	$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ , bul jerde $l_0$ – jeke uzınlıq.
7.	Relyativistlik impuls formulası	$\vec{p} = \frac{m_0 \vec{v}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = m \vec{v}$ .
8.	Relyativistlik dinamikanıń tiykarǵı nızamı	$\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$ .
9.	Tezliklerdi qosıwdıń relyativistlik nızamı	$v_2 = \frac{v_1 + v}{1 + \frac{v_1 \cdot v}{c^2}}$ .
10.	Relyativistlik massa	$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ , $m_0$ – tınıshlıqtaǵı massa.
11.	Deneniń tolıq energiyası	Dene yaki bóleksheniń energiyası onıń massası menen jaqtılıq kvadratınıń kóbeymesine teń: $E = mc^2$ .
12.	Dene energiyası ózgerisiniń massa ózgerislerine baylanıslılıǵı	$\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2}$ .
13.	Deneniń tınıshlıqtaǵı energiyası	$E_0 = m_0 c^2$ .
14.	Deneniń kinetikalıq energiyası	$E_k = E - E_0 = mc^2 - m_0 c^2$ .

## VI bap. KVANT FIZIKASÍ

### 34-tema. KVANT FIZIKASÍNÍN PAYDA BOLÍWÍ

Kvant fizikasınıń payda bolıwına sebep, XX ásir basında fizikada úlken krizisler – mashqalalar payda boldı. Bar klassikalıq teoriyalar, sonıń ishinde, Maksvell teoriyası da bul ilimiy fizikalıq mashqalalardı sheshe almadı.

Olardan biri – bul jıllılıq nurlanıwı esaplanadı. Jıllılıqtan nurlanıw atırǵan dene óziniń ıssılıǵın átiraptaǵı deneler hám ortalıqta berip, termodinamikalıq teńsalmaqlıqqa, yaǵnıy temperaturalardıń teńlesiwine alıp keliwi kerek edi. Bul termodinamikanıń tiykarǵı principi esaplanadı. Biraq, nurlanıw atırǵan dene, mısalı, Quyash temperaturası 6000 K bolsa, bunday qubılıs júz bermeydi. Sonday-aq, nurlanıw atırǵan energiya barlıq tolqın uzınlıqlarında hár qıylı bolıp, anıq temperaturaǵa baylanıslı bolmaǵan bólistiriw nızamına boysınadı. Bul degen sóz hár bir tolqın uzınlıǵına tuwrı kelgen nurlanıw energiyasınıń úlesi hár qıylı eken. Bul baylanısta maksimal nurlanıw energiyasınıń maksimumı temperaturaǵa baylanıslı bolıp, Vinniń awısıw nızamı boyınsha ózgeredi:

$$\lambda_m T = b. \quad (6-1)$$

Bul jerde:  $\lambda_m$   $T$  temperaturadaǵı nurlanıw atırǵan energiya maksimumına tuwrı keltuǵın tolqın uzınlıǵı.  $b$  – Vin turaqlısı bolıp,  $b = 2,898 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$  ge teń.

**Vinniń awısıw nızamı dene nurlanıwınıń maksimumına tuwrı keletuǵın tolqın uzınlıǵı,  $\lambda_m$  absolut temperaturaǵa keri proporcional boladı:  $\lambda_m = \frac{b}{T}$ .**

Mısalı, Quyashtıń maksimal nurlanıw energiyası ( $\lambda = 470 \text{ nm}$ ) jasıl nurlarǵa tuwrı keledi. Al, bul Vin nızamına muwapıq  $T = 6300 \text{ K}$  ge tuwrı keledi. Bul nurlanıw energiyasınıń bólistiriliwin Reley-Djins klassikalıq statistikalıq mexanika nızamına tiykarlanıp, termodinamikanıń molekularardıń energiyasın erkinlik dárejesi boyınsha tegis bólistiriliw



nizamına muvafiq bul bólistirivdi islep shıqtı. Ol tek uzın tolqınlarda ğana bar bólistirivdi túsindirip berdi, qısqa tolqınlar ushın tájiriye nátiyjelerine hám ámeliyatqa qarama-qarsı keldi.

XX ásirdeń basına kelip payda bolğan krizisli ilimiy mashqalalardan biri gazlardıń hám de metall puwlarınıń nurlanıw spektrleriniń sıziqlı bolatuǵının túsindiriv kerek edi. Sonday-aq, fotoeffekt qubılısınıń ashılıwı, jaqtılıqtıń basımǵa iye bolıwı hám de jaqtılıq nurlarınıń elektronlarda shashılıwı sıyaqlılıardı klassikalıq fizika, sonıń ishinde Maksvelldiń elektromagnit teoriiyası túsindirip bere almadı.

Bul mashqalalardı sheshiwde nemis alımı M. Plank jańa – klassikalıq fizikasına qarama-qarsı ideyanı alǵa súrdi. Ol qızdırılǵan deneniń nurlanıwı hám jutıwı úzliksiz júz bermey, al óz aldına porciya-porciyalarda (kvantlarda) júz beredi dep oyladı. Kvant – bul deneniń jutıw yamasa nurlanıw energiyasınıń minimal bólimi.

**Plank teoriiyası boyınsha, kvant energiyası jaqtılıq jiyiligine tuwrı proporcional:**

$$E = h\nu, \quad (6-2)$$

bul jerde:  $h$  – Plank turaqlısı bolıp,  $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{Dj} \cdot \text{s}$  qa teń. Plank deneniń nurlanıwı hám jaqtılıqtı jutıwı úzliksiz boladı dep, nurlanıw energiyasınıń tolqın uzınlıǵı boyınsha bólistiriliv nizamın jarattı hám joqarıdaǵı mashqalalardı túsindirip berdi.

Sonday-aq, nurlanıwshı denelerdiń bar bolıw sharayatı (Quyash mısasında) hám de termodinamikalıq teńsalmaqlılıq júz beriw shárt emesligin túsindirip berdi.



1. *Zamanagóy fizika kózqarasınan jaqtılıq degen ne?*
2. *Jaqtılıq ushın bólekshe dualizmi neden ibarat?*
3. *Jaqtılıqtıń korpuskulyar qásiyetin sıpatlaytuǵın faktorlar qanday?*
4. *M.Plank gipotezasınıń áhmiyeti neden ibarat?*
5. *Plank turaqlılıǵınıń mánisi ne?*

## 35-tema. FOTOELEKTRLIK EFFEKT. FOTONLAR

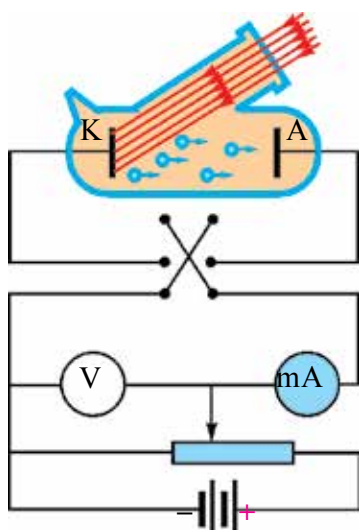
Fotoelektrlik effekt yamasa qisqacha – fotoeffekt 1887-jılı H. Hertz tárepinen ashılıp, tájiriybede orıs alımı A. Stoletov (F. Lenardtın biyxabar) hár tárepleme izertlegen.

**Sırtqı fotoeffekt – bul zattan jaqtılıq tásirinde elektronlardıń shıǵarılıwı.**

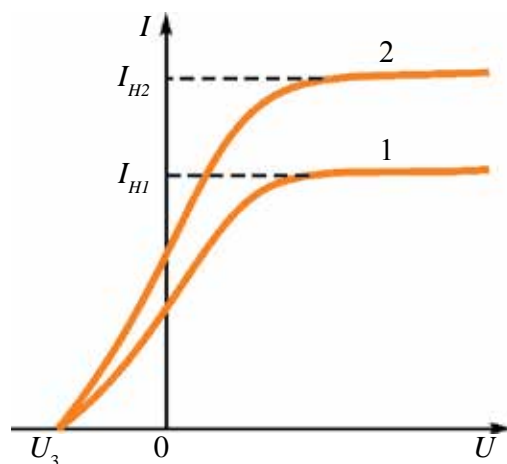
Fotoeffekt qubılısın úyreniwdiń eksperiment qurılısınıń sxemalıq kórinisi 6.1-súwrette keltirilgen.

Qurılımanıń tiykarın eki elektrod: anod hám katodqa iye hám de kvarctan tayarlangan «Aynalı» shiyshe ballonnan ibarat. Shiyshe ballon ishinde vakuum payda etiledi, sebebi vakuumda elektronlar hám basqa bóleksheler tuwrı sızıqlı qozǵala aladı.

Elektrodlarǵa potenciometr arqalı kernew (0 den  $U$  ǵa shekem) beriw ushın tok deregi ekilengen gilt K arqalı jalǵanǵan. Ekilengen gilt tok dereginiń polyusın almasırap, shınjırǵa jalǵaw imkaniyatın beredi.



6.1-súwret.



6.2-súwret.

Elektrodtan biri – katod (tiykarınan, ceziyli katod) kvarc «ayna»dan monoxromatlı nur menen jaqtırıladı. Turaqlı tolqın uzınlıǵında hám de turaqlı jaqtılıq aǵımında fototok kúshi  $I$  diń anodqa berilgen kernewine baylanıslılıǵı ólshenedi.

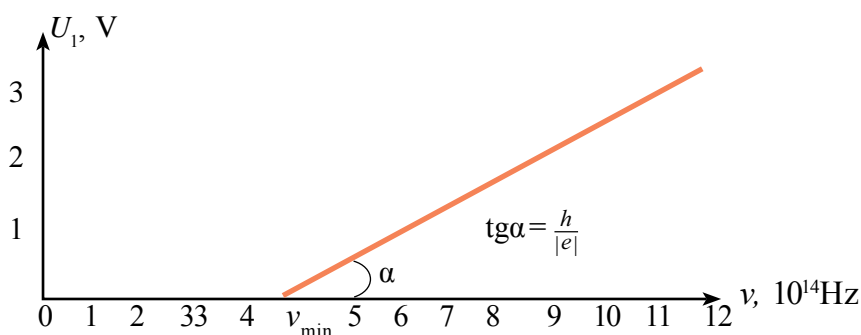
6.2-súwrette fototok kúshiniń kernewine baylanıslılıǵınıń tipli grafikleri keltirilgen. 2-grafik 1-ge salıstırǵanda úlkenirek jaqtılıq aǵımına tiyisli. Bul jerde:  $I_{1T}$  hám  $I_{2T}$  toyınıw tokları,  $U_{jab}$  – jabıwshı kernew, yaǵnıy bunday teris kernew berilgende fotoelektronlar baslanǵısh tezlikleri menen anodqa jetip bara almaydı.

6.2-súwrettegi grafiklerge anod kernewiniń úlken oń mánislerinde tok kúshi toyınıwǵa iye boladı. Yaǵnıy, katodtan shıqqan barlıq elektronlar anodqa jetip baradı. Tájiriybeler toyınıw fototok kúshi túsip atırǵan jaqtılıq aǵımına tuwrı proporcional ekenligin kórsetedi.

Eger anodqa katodqa salıstırǵanda teris kernew bersek, ol elektronlardı tormozlaydı hám baslanǵısh tezligi esabınan úlken kinetikalıq energiyaǵa iye bolǵan elektronlar ǵana anodqa jetip baradı. Kernew  $U_{jab}$  mániske jetkende, fototok nolge teń boladı. Jabıwshı kernew  $U_{jab}$  dıń mánisin berilgen katod ushın ólshep, fotoelektronlardıń maksimal kinetikalıq energiyasın anıqlaw múmkin:

$$E_{k\max} = \frac{mv_{\max}^2}{2} = eU_{jab}. \quad (6-3)$$

F.Lenard óz tájiriybelerinde kórsetkenindey,  $U_{jab}$  – jabıwshı potencial túsip atırǵan nurdıń intensivligine (jaqtılıq aǵımına) baylanıslı bolmay, túsip atırǵan jaqtılıqtıń jiyiligine sızıqlı baylanıslı ekenligin (6.3-súwret) kórsetedi.



6.3-súwret.

Tájiriybeler tiykarında **fotoeffekt nızamları** ashıldı:

1. Fotoelektronlardıń maksimal kinetikalıq energiyası jaqtılıq aǵımına (intensivligine) baylanıslı emes hám túsıwshı nurdıń jiyiligi  $\nu$  ǵa sızıqlı baylanıslı ( $\nu$  artıwı menen  $I$  sızıqlı artadı).

2. Hár bir zat ushın fotoeffekt jüz beretuǵın minimal jiyilik  $\nu_{\min}$  bar hám bul fotoeffekttiń qızıl shegarası delinedi.

3. Katodtan waqıt birliginde shıǵıp atırǵan fotoelektronlar sanı katodqa túsip atırǵan jaqtılıq aǵımına (intensivligine) tuwrı proporcional, jiyiligine baylanıslı emes.

Fotoeffekt qubılısı inerciyasız qubılıslar, jaqtılıq aǵımı toqtawı menen-aq, fototok joǵaladı, jaqtılıq túsıwi menen fototok payda boladı.

**Fotoeffekt teoriyası.** Fotoeffekt teoriyası 1905-jılı A. Eynshteyn tárepinen tiykarlap berildi. Ol M. Plank gipotezasınan paydalanıp, elektromagnit tolqınlar da óz aldına porciyalar – kvantlardan ibarat degen juwmaqqa keledi. Olar keyin ala fotonlar dep ataldı.

Eynshteynniń ideyasına muwapıq, foton zat penen tásirleskende, ol energiyası  $-h\nu$  nı pútkilley elektronǵa beredi. Energiyanıń saqlanıw nızamına muwapıq, bul energiyanıń bir bólimi elektronniń zattan shıǵıwına jumsaladı hám qalǵan bólimi elektronniń kinetikalıq energiyasına aylanadı:

$$h\nu = A + \frac{mv^2}{2} \quad (6-4)$$

Bul *fotoeffekt ushın Eynshteyn teńlemesi* delinedi.

Bunda  $A$  – elektronniń zattan shıǵıwı ushın atqarılǵan jumıs. Eger elektronniń maksimal kinetikalıq energiyası

$$\left(\frac{mv^2}{2}\right)_{\max} = eU_{\text{jab.}}$$

ekenligin esapqa alsaq, Eynshteynniń fotoeffekt ushın teńlemesin tómendegi kóriniste de jazıw múmkin:

$$h\nu = A + eU_{\text{jab.}}$$

Eynshteynniń fotoeffekt ushın teńlemesi fotoeffekt qubılısı ushın energiyanıń saqlanıw nızamın ańlatadı. Sonday-aq, fotoeffekt nızamların:

a) fotoelektronlardıń maksimal kinetikalıq energiyasınıń túsıwshi nurdıń jiyiligine sızıqlı baylanıslılıǵı hám túsıwshi nurdıń intensivligine (aǵımına) baylanıslı emesligi;

b) fotoeffekttiń qızıl shegarası bar ekenligi, yaǵnıy  $h\nu_{\min} = A$  nı;

d) fotoeffektte inerciyasızlıǵın túsindirip berdi. Eynshteyn teńlemesine muwapıq, 1 s ta maydanna shıǵıp atırǵan fotoelektronlar sanı usı maydanǵa túsıwshi fotonlar sanına proporcional boladı.

Eynshteyn teńlemesi tiykarında 6.3-súwrettegi  $U_{\text{jab}}$  – jabıwshı potencialdıń jiyiligine baylanısw grafigi qıyalığı  $tg\alpha$  – Plank turaqlısınıń elektron zaryadınıń qatnasına teń, yaǵnıy

$$tg\alpha = \frac{h}{|e|}. \quad (6-5)$$

Bul qatnas Plank turaqlısın tájiriybede anıqlawǵa imkaniyat beredi. Bunday tájiriybe 1914-jılı R. Milliken tárepinen ótkizilip, Plank turaqlısı anıqlanǵan.

Bul tájiriybe fotoelektronnıń shıǵıw jumısın da anıqlawǵa imkaniyat berdi:

$$A = h\nu_{\text{min}} = \frac{h \cdot c}{\lambda_0}.$$

Bul jerde:  $c$  – jaqtılıq tezligi,  $\lambda_0$  – fotoeffektinń qızıl shegarasına tuwrı kelgen tolqın uzınlığı.

Katodlar ushın shıǵıw jumısı eVlarda ólshenedi ( $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Dj}$ ). Sonıń ushın da Plank turaqlısınıń ámelde eV larda anılatılǵan mánisi qollanıladı:  $h = 4,136 \cdot 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}$ .

Metallar ishinde siltili metallar: Na, K, Cs, Rb sıyaqlılar kishi shıǵıw jumısına iye. Sonıń ushın ámelde olardıń oksidli hám basqa birikpeleri katod betin qaplawda qollanıladı. Máselen: ceziy oksidli katodtıń shıǵıw jumısı  $A = 1,2 \text{ eV}$ , buǵan tuwrı kelgen fotoeffektinń qızıl shegarası  $\lambda_0 \approx 10,1 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ . Bul sarı – kózge kórinetuǵın jaqtılıq nurın baqlawshı sistemalarda keń qollanıladı.

**Ishki fotoeffekt.** Yarımótkizgishler jaqtılıq nurı menen nurlandırılǵanda kúshsiz baylanısqan elektronlar fotonlardı jutıp, erkin elektron halına ótedi. Bunda yarımótkizgishlerde erkin zaryad tasıwshılar koncentraciyası artadı, yarımótkizgishinń elektr ótkizgishligi artadı.

**Yarımótkizgishlerge nur tásir etiwı nátiyjesinde onda erkin zaryad tasıwshılardıń payda bolıwına ishki fotoeffekt delinedi.**

Nur tásir etiw nátiyjesinde yarımótkizgishlerde payda etilgen – qosımsha elektr ótkizgishlik **fotoótkizgishlik** delinedi. Al, bul fotoqarsılıqlardı islep shıǵarıwda qollanıladı. Fotoqarsılıq – bul ótkizgishligi jaqtılıq tásirinde ózgeretuǵın qarsılıqlar bolıp, ol radiotexnikada **fotoresistorlar** dep ataladı.

**Fotonlar.** Jaqtılıqtıń kvant teoriyasına muwapıq, zat jaqtılıq nurın jutıwda hám nurlandırwıwda jaqtılıq ózin bóleksheler aǵımı siyaqlı kórsetedi. Jaqtılıqtıń bul bólekshesi **fotonlar** yamasa **jaqtılıq kvantları** delinedi. Fotonnıń energiyası  $E=hc$  ǵa teń. Foton vakuumda jaqtılıq tezligi  $c$  menen qozǵaladı. Foton tınıshlıqta massaǵa iye emes, yaǵnıy  $m_0=0$ .

Salıstırmalıq teotiyasındaǵı  $E=mc^2$  tan paydalanıp fotonnıń qozǵalıstaǵı massasın anıqlaw múmkin:

$$m = \frac{E}{c^2} = \frac{hc}{c^2}. \quad (6-6)$$

Kóbinese foton energiyası  $hc$  jiyilik arqalı emes, al ciklli jiyilik  $\omega=2\pi\nu$  arqalı ańlatıladı. Bunda  $\hbar = \frac{h}{2\pi}$  qollanıladı. Ol  $\hbar$  – hash sızıqlı dep oqıladı.  $\hbar$  nıń mánisi:  $\hbar = \frac{h}{2\pi} = 1,05 \cdot 10^{-34}$  Djs ǵa teń boladı.

Jaqtılıqtı bóleksheler – fotonlar aǵımınan ibarat dep qaraw korpuskulyar teoriya bolıp, bunda Nyuton mexanikasına qaytıw boldı, dew múmkin emes. Onıń qozǵalı nızamları kvant mexanikasınıń nızamlarına boysınadı.

XX ásirdeń basına kelip, jaqtılıq tábiyatı eki qıylı tábiyatqa iye ekenligi belgili boldı. Jaqtılıq tarqalıwında onıń tolqın qásiyetleri (interferenciya, difrakciya, polarizaciyanıw) hám zatlar menen tásirleńgende (fotoeffekt, jaqtılıq basımı hám basqalar) korpuskulyar–bólekshe qásiyetleri kórinedi.

Bul qásiyetler **bólekshe – tolqın dualizmi** dep atala basladı. Keyin ala ilimde elektronlar, protonlar, neytronlar aǵımları da tolqın qásiyetke iye ekenligi belgili boldı.

Usı tiykarda jaqtılıqtı nurlandırwıwı hám jutıwı, sızıqlı spektrler, fotoeffekt qubılısı, jaqtılıq basımı hám basqa procesler túsindirip berildi.



1. Foton degen ne? Fotonnıń ózgeshelikleri nelerden ibarat?
2. Fotoeffekt nızamın jaqtılıqtıń kvant teoriyası tiykarında túsindirih.
3. Eynshteyn formulasın hám onıń fizikalıq áhmiyetin túsindirih.
4. Fotoeffekt jüz beriwiniń shárt-sharayatlardı qanday?
5. Fotoeffektin qızıl shegarasın túsindirih.
6. Jaqtılıq ushın bólekshe rolqın dualizmi neden ibarat?

## 36-tema. FOTONNÍŃ IMPULSI. JAQTÍLIQ BASÍMÍ. FOTOEFFEKTNÍŃ TEXNIKADA QOLLANÍLÍWÍ

Foton turaqlı qozǵalısta bolǵanlıqtan, ol  $p = m \cdot c$  impulsqa iye boladı. Joqarıdaǵı múnásibetti esapqa alsaq, fotonnıń impulsı  $p = \frac{h\nu}{c}$  ǵa teń boladı.

$\lambda = \frac{c}{\nu}$  formulanı esapqa alıp, fotonnıń energiyası hám impulsın tolqın uzınlıǵı arqalı ańlatamız:

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \text{ hám } p = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}. \quad (6-7)$$

Eger, dene maydanına fotonlar aǵımı túsip atırǵan bolsa, ol jaǵdayda fotonlar usı maydanǵa impuls beredi hám jaqtılıq basımın júzege keltiredi.

Maksvelldiń elektromagnit teoriyasına muwapıq ta jaqtılıq qanday da bir dene maydanına túskende oǵan basım menen tásir etedi. Biraq, bul basım júdá kishi mániske iye eken. Maksvelldiń esapları boyınsha, Jerge túsip atırǵan Quyash nurınıń  $1 \text{ m}^2$  maydanlı absolut qara bólimine kórsetetuǵın basım kúshi  $0,48 \mu\text{N}$  eken. Bunday kúshti ashıq Jer sharayatında baqlaw júdá qıyın.

Birinshi ret jaqtılıq basımın 1900-jılı rus alımı P.N. Lebedev tájiriyyede ólsheydi. Bunıń ushın júdá názik qurılma jasadı. Bir yaki bir neshe jup qanatlar bolǵan aspa, júdá jıńishke jipke ildirilgen. Jipke ayna ornatılǵan bolıp, juqa qanatlardıń biri jiltıraq, ekinshisi qarayılǵan. Jiltıraǵı jaqtılıqtı jaqsı qaytaradı, al qarayılǵanı jutadı.

Sistema, hawası sorıp alınǵan ıdıshine jaylastırılǵan bolıp, júdá sezgir buralma tárezini quraydı. Aspanıń burılıwı jipke bekkemlengen ayna hám truba járdeminde baqlanadı. Aspanıń burılıw múyeshine qarap, aspaǵa tásir etiwshi jaqtılıqtıń basım kúshi anıqlanadı.

Lebedevtiń nátiyjeleri Maksvelldiń elektromagnitlik teoriyasın tastıyıqladı hám ólshengen jaqtılıq basımı teoriyalıq esaplangan jaqtılıq basımına 20% qátelik penen sáykes keldi. Keyin ala, 1923-jılı Gerlaxtıń tájiriybeler tiykarında ólshegen jaqtılıq basımı teoriyalıq esaplangannan 2% ke parıqlandı.

Fotonlar aqimining betke beriwshi basimning formulasin tomendegishe keltirip shigariw mumkin. Fotonning maydanga uriliw natijesindegi tasir kushi  $F_1 = \frac{\Delta(mc)}{\Delta t}$  ga teñ. Eger  $N$  foton urilsa, ol jaqdayda  $F_k = NF_1 = \frac{N\Delta(mc)}{\Delta t}$ .

Bul jerde:  $\Delta(mc)$  – foton impulsining ozgeriwi. Eger maydan ideal jiltiraq bolsa,  $\Delta(mc) = 2mc$  ga, absolyut qara bolsa,  $\Delta(mc) = mc$  ga teñ.

Onda absolyut qara maydanga berilgen basim  $p_1 = \frac{F}{S} = \frac{N\Delta(mc)}{S \cdot \Delta t}$ .

Eger maydan jiltiraq bolsa,  $p_1 = \frac{N \cdot 2mc}{S \cdot \Delta t}$ .

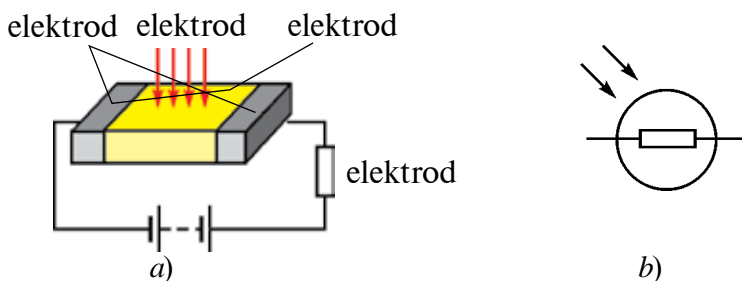
$E = mc^2$  tan  $mc = \frac{E}{c}$  ekenligi esapqa alinsa,  $p = \frac{NE}{c \cdot S \cdot \Delta t}$ .

**Bul jerde  $\frac{NE}{S \cdot \Delta t} = I$  – maydan birligine waqt birliginde tusiwshi jaqtılıq (tolqın) energiyası jaqtılıq (tolqın) intensivligi  $I$  delinedi.**

Ol halda  $p = \frac{I}{c}$ . Bul Maksvelldin elektromagnit tolqınlaridin zat maydanına tuskendegi (absolyut qara maydanga) beretuqın basimining formulası esaplanadı.

Fotoeffekt qubilisına tiykarlanıp isleytuqın asbaplardan en kop qollanilatugınları **fotoqarsılıq esaplanadı.**

Fotoqarsılıqtın tiykarın maydanı salıstırmalı turde ulken bolgan, jaqtılıqqa sezgir yarımotkizgish quraydı. Onın sxemalıq korinisi ham shartlı belgisi 6.4-súwrette keltirilgen.



6.4-súwret.

Bólme temperaturasında yarımotkizgishtin qarsılıqı júdá ulken ham onnan júdá kishi tok ótedi. Ogan jaqtılıq tusiwi menen erkin zaryad tasıwshılarının koncentraciyası artadı, qarsılıqı kemeyedi. Tok kushi artadı.

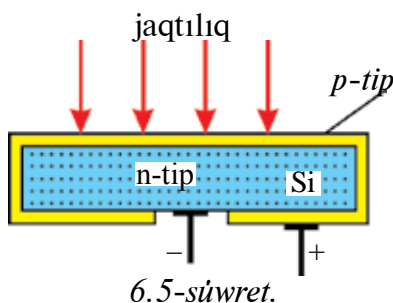


Fotoqarsılıqlardıń jetiskenlikleri tómendegiler. Joqarı fotosezgirlik, uzaq muddette nátiyjeli islewi, ólshemi kishi ekenligi, tayarlaw texnologiyası quramalı emes, hár qıylı tolqın uzınıǵında isleytuǵın yarımótkizgishli materialdan tayarlanıwı múmkin ekenliginde.

Onıń kemshiliklerinen biri – qarsılıǵınıń ózgeriwi jaqtılıq aǵımına sıızqlı baylanıslı emesligi bolsa, ekinshisi – temperaturaga sezgirliǵi esaplanadı. Sonıń ishinde, onıń inertligi úlken, úlken jiyiliklerde onıń qollanıwında qatar mashqalalar payda boladı.

### Ishki fotoeffektke tiykarlangan fotoelementler.

Ishki fotoeffektke tiykarlangan  $p-n$  ótiwli yarımótkizgishli fotoelementler jaqtılıq energiyasın elektr energiyasına aylandırıwda qollanıladı. Quyash energiyasın elektr energiyasına aylandırıp beriwshi yarımótkizgish – kremniyli fotoelementler keń qollanımaqta hám olar **Quyash batareyaları** atamasın alǵan.



Quyash batareyasınıń tiykarın  $n$ -túrdegi kremniy plastinkası qurap, onıń barlıq tárepleri  $p$ -tip-tegi kremniydiń juqa ( $1-2-\mu\text{m}$ ) qatlamı menen qaplangan ( $6.5$ -súwret).

Elementtiń maydanına jaqtılıq túsiwi menen juqa  $p$ -tip-tegi qatlamda elektron gewek jupları payda bolıp, juqa qatlamda rekombinaciyalanıwǵa úlgermesten  $p-n$  tip ótiwli oblastqa ótedi.  $p-n$  ótiwli oblastta zaryadlardıń bóliniwi júz beredi. Payda bolǵan maydan tásirinde elektronlar  $n$ -oblastqa, gewekler  $p$ -oblastqa aydaladı. Payda bolǵan EJK ortasha esapta  $0,5$  V ǵa shekem boladı.  $1$  cm<sup>2</sup> maydanlı bunday element tutınıwshıǵa jalǵanganda  $25$  mA ge shekem tok beredi.

Kremniyli fotoelementler sezgirliǵi jasıl nurlar ushın maksimum, yaǵnıy Quyash nurlanıwınıń maksimal bólegine tuwrı keledi. Sonıń ushın olar joqarı PJK ne iye bolıp, ádette,  $11-12\%$ , joqarı sapalı materiallarda  $21-22\%$  ke baradı.

Quyash batareyaları Jerdegi Quyash elektrostanciyalarından tısqari, Jerdiń jasalma joldasları hám kosmos kemelerinde elektr energiya deregi sıpatında xızmet etedi.

Ishki fotoeffektke tiykarlangan ham en kop qollanilatuvin asbaplardan biri jaqtılıq diodları (yarımótkizgishli lazerler) esaplanadı. Bul bir yaki bir neshe  $p-n$  ótiwge tiykarlangan diod bolıp, onnan elektr toğı ótkende ózinen jaqtılıq shıǵaradı. Bul diod materialında elektronlardıń muǵdarı ham de háreketshenligi geweklerge salıstırǵanda úlkenirek boladı. Elektronlar  $n$ -oblasttan  $p$ -oblastqa ótkende gewekler menen rekombinaciyalasıp, ózlerinen artıqsha energiyani nur sıpatında shıǵaradı.

Yarımótkizgish materialınıń túrine baylanıslı halda nurlanıw reńi hár qıylı boladı.

Ózbekstan IA akademigi M. Saidov tárepinen 10 ǵa jaqın hár qıylı nurlanıwǵa iye bolǵan jaqtılıq diodları jaratılǵan ham de teoriyası ham tayarlaw texnologiyası islep shıǵılǵan.

Burınları fotoasbaplar tek kinotexnikada ham de fotoelektron sanaǵışlarda qollanılǵan bolsa, házirgi kúni jaqtırtqıshlarda, robototexnikada, avtomatikada, fotometriyada, túngi kóriw asbaplarında, Quyash elektrostanciyalarında ham de jaqtılıq nurları járdeminde ámelge asırıwshı ilimiy izertlewlerde keń qollanımaqta.

Ózbekstanda Quyash energiyasınan keń paydalanıw maqsetinde 1993-jılı «Fizika-Quyash» ilimiy óndirislik birlespesi shólkemlestirildi ham keń kólemde ilimiy-izertlew ham de ámeliy izleniwler alıp barılmaqta.



1. *Fotorezistor degen ne ham onıń islewi qanday principke tiykarlanadı?*
2. *Ishki fotoeffektke tiykarlangan fotoelementtiń elektroenergiya deregi sıpatında qollanıw principin túsindirih.*
3. *P. N. Lebedevtiń jaqtılıqtıń basımın ólshew tájiriybesin túsindirih.*
4. *Jaqtılıq basımın jaqtılıqtıń kvant túsiniǵi tiykarında túsindirih.*

### **Másele sheshiw úlgisi**

1. Eger metallardan elektronnıń shıǵıw jumısı  $7,6 \cdot 10^{-19}$  Dj ham elektronnıń kinetikalıq energiyası  $4,5 \cdot 10^{-20}$  Dj bolsa, maydanǵa túsip atırǵan jaqtılıqtıń tolqın uzınlıǵın anıqlań.  $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$  Dj·s

Berilgen:	Formulası:	Sheshiliwi:
$E_k = 4,5 \cdot 10^{-20} \text{ Dj}$ $A = 7,6 \cdot 10^{-19} \text{ Dj}$ $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Dj} \cdot \text{s}$ $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$	$h\nu = A + E_k$ $\lambda = \frac{v}{c}$ $\frac{hc}{\lambda} = A + E_k$ $\lambda = \frac{hc}{A + E_k}$	$\lambda = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Dj} \cdot \text{s} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{7,6 \cdot 10^{-19} \text{ Dj} + 0,45 \cdot 10^{-19} \text{ Dj}} \approx 2,46 \cdot 10^{-7} \text{ m.}$
Tabıw kerek: $\lambda = ?$		<i>Juwabi:</i> $\lambda \approx 2,46 \cdot 10^{-7} \text{ m.}$

## 6-shınıǵıw

1. 35 g zat 33 g antitelaǵa qosılıp,  $10^5 \text{ Hz}$  li elektromagnit nurlanıwǵa aylansa, neshe foton nurlanadı? (*Juwabi:*  $9 \cdot 10^{33}$ ).

2. Eger birinshi fotonniń energiyası ekinshisinikinen 2 ese úlken bolsa, birinshi fotonniń impulsı ekinshisinikinen neshe ese pariqlanadı? (*Juwabi:* 2 ese).

3. Salıstırmalı sındırıw kórsetkishi  $n$  bolǵan tınıq ortalıqta fotonniń impulsı nege teń? (*Juwabi:*  $h\nu/nc$ ).

4. Massası tınısh halattaǵı elektronniń massasına teń bolıwı ushın fotonniń energiyası (MeV) qanday bolıwı kerek? (*Juwabi:* 0,51 MeV).

5. Jiyiligi  $10^{17} \text{ Hz}$  bolǵan nurlanıw aynaǵa tik túsip, onnan qaytpaqta. Fotonniń onıń qaytıwındaǵı impulsı ózgeriwiniń modulin anıqlań ( $\text{kg} \cdot \text{m/s}$ ).  $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Dj} \cdot \text{s}$ . (*Juwabi:*  $4,4 \cdot 10^{-25} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ ).

6.  $100 \text{ cm}^2$  maydanǵa minutına 63 Dj jaqtılıq energiyası tusedi. Jaqtılıq tolıq qaytsa, onıń basımı nege teń? (*Juwabi:*  $7 \cdot 10^{-7} \text{ N/m}^2$ ).

7. Jaqtılıqtı tolıq qaytarıwshı maydanda jaqtılıqtı tolıq jutıwshı maydanǵa salıstırǵanda jaqtılıq basımı neshe ese úlken boladı? (*Juwabi:* 2 ese).

8. Tolqın uzınlıǵı  $3 \cdot 10^{-7} \text{ m}$  ge tuwrı keletuǵın jaqtılıq nurı kvantınıń energiyasın anıqlań. (*Juwabi:*  $6,6 \cdot 10^{-19} \text{ Dj}$ ).

9. Metalldan elektronniń shıǵıw jumısı  $3,3 \cdot 10^{-19} \text{ Dj}$  bolsa, fotoeffekttiń qızıl shegarası  $\nu_0$  di tabıń. (*Juwabi:*  $5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ ).

10. Jaqtılıqtıń tolqın uzınlıǵı  $5 \cdot 10^{-5} \text{ cm}$  bolsa, fotonniń impulsın anıqlań. (*Juwabi:*  $1,32 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ ).

11. Foton energiyası  $4,4 \cdot 10^{-19} \text{ Dj}$  bolǵan jaqtılıqtıń ortalıqtaǵı tolqın uzınlıǵı  $3 \cdot 10^{-7} \text{ m}$  bolsa, bul ortalıqtıń nur sındırıw kórsetkishin anıqlań. (*Juwabi:*  $n = 1,5$ ).

12. Fotoeffekt qizil chegarasi  $\nu_0 = 4,3 \cdot 10^{14}$  Hz bolgan zatqa tolqin uzunligi  $3 \cdot 10^{-5}$  cm bolgan jaqtılıq tüsse, fotoelektronlardın kinetikalıq energiyası nege teń (Dj)? (Juwabi:  $E_k \approx 3,76 \cdot 10^{-19}$  Dj).

13. Fotoelementiń katodı  $\nu_1$  jiyilikli monoxromatlı jaqtılıq nurı menen jaqtılandırılǵanda fotoelektronlardın kinetikalıq energiyası  $E_1$  ge,  $\nu_2 = 3\nu_1$  jiyilikli nur menen jaqtılandırılǵanda fotoelektronlardın kinetikalıq energiyası  $E_2$  ge teń bolǵan.  $E_1$  hám  $E_2$  lerdin qatnası qanday? (Juwabi:  $E_2 > 3E_1$ ).

14. Ceziyli katodqa tolqin uzunligi 600 nm bolgan jaqtılıq túspekte. Elektronniń katodtan shıǵıw jumısı 1,8 eV ǵa teń bolsa, jabıwshı kernewdiń qanday mánisinde (V) fototok toqtaydı?  $h = 4,1 \cdot 10^{-15}$  eV·s. (Juwabi:  $U_j = 0,25$  V).

15. Quwatlılıǵı 100 W bolgan jaqtılıq deregi hár 2 sekunda  $2,5 \cdot 10^{20}$  foton nurlaydı. Jaqtılıqtın tolqin uzunligin anıqlań.  $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$  Dj·s. (Juwabi:  $\lambda \approx 2,5 \cdot 10^{-7}$  m).

16. Jiyiligi  $10^{16}$  Hz bolgan jaqtılıq nurı aynaǵa túsip, tolıq qaytpaqta. Jaqtılıqtın qaytıw procesindeki foton impulsınıń ózgeriwın tabıń.  $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$  Dj·s. (Juwabi:  $4,4 \cdot 10^{-26}$  kg·m/s).

17. Jekkelengen mıs sharikke tolqin uzunligi  $0,165 \mu\text{m}$  bolgan monoxromatlı ultrafiolet nur túspekte. Eger mıstan elektronniń shıǵıw jumısı  $A_{sh} = 4,5$  eV bolsa, sharik neshe volt potensialǵa shekem zaryadlanadı?  $h = 4,1 \cdot 10^{-5}$  eV·s. (Juwabi:  $\varphi_{\text{max}} \approx 2,95$  V).

## VI BAPTÍ JUWMAQLAW BOYINSHA TEST SORAWLARI

1. Jaqtılıqtın denelerden elektrondı shıǵarıw qubılısı ... delinedi.

A) polyarizaciya; B) difrakciya; C) dispersiya; D) fotoeffekt.

2. Túsip atırǵan jaqtılıqtın intensivligi 4 ese kemeyse, fotoeffektte shıǵıp atırǵan elektronlar sanı qalay ózgeredi?

A) 4 ese artadı; B) 2 ese kemeyedi;  
C) 4 ese kemeyedi; D) ózgermeydi.

3. Fotoeffektte túsip atırǵan jaqtılıqtın jiyiligi 2 ese artsa, shıǵıp atırǵan fotoelektronlar sanı qalay ózgeredi?

A) 2 ese kemeyedi ; B) 2 ese artadı;  
C) 4 ese kemeyedi; D) ózgermeydi.

4. Тўсип атirған jaqtılıq ağımı ( $\lambda = \text{const}$  da) 4 ese artsa, fotoelektronlardıń tezligi neshe ese ózgeredi?  
 A) ózgermeydi; C) 4 ese kemeyedi;  
 B) 4 ese artadı; D) 2 ese artadı.
5. Eger fotoeffektte shıđıp atirған bólekshelerdıń tezligi  $1,6 \cdot 10^6$  m/s bolsa, tўsип atirған jaqtılıqtıń tolqın uzınlıđın esaplań. Shıđıw jumısı  $A = 5,3$  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. Kaliy ushın fotoeffekttıń qızıl shegarası 600 nm. Kaliy ushın shığıw jumısın esaplań (Djoullarda)  
 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 fotokatodtan elementlerdıń shıđıw jumısı 3 eV bolsa, ođan tўsип atirған fotonlardıń energiyası 5 eV bolsa, tormozlawshı potencial qanday bolđanda foton kúshi nolge teń boladı (V)?  
 A) 1,5; B) 2; C) 3; D) 5.
8. Qanday da bir metall ushın fotoeffekttıń qızıl shegarası 331 nm ge teń. Bul metallda fotoeffekttıń júz beriwi ushın tўsип atirған jaqtılıq fotonining energiyası (eV) qanday boladı?  
 A) 2,45; B) 2,60; C) 2,75; D) 3,75.
9. Nikel ushın fotoeffekt qızıl shegarasın anıqlań (m). Nikel ushın shığıw jumısı 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. Shığıw jumısı 3 eV bolđan metallğa 5 eV energiyalı fotonlar tuskende onnan shığıp atirған fotoelektronlardıń maksimal kinetikalıq energiyasın anıqlań (eV).  
 A) 0,6; B) 2; C) 3; D) 5.
11. Jaqtılıqtıń tolqın uzınlıđı  $10^{-7}$  m bolsa, foton energiyasın anıqlań (eV).  
 $h = 4 \cdot 10^{-15}$  eV · s  
 A) 1; B) 2; C) 4; D) 12.
12. Jaqtılıqtıń tolqın uzınlıđı 220 nm bolsa, fotonnıń massasın (kg) anıqlań.  
 A)  $3 \cdot 10^{-36}$ ; B)  $1,5 \cdot 10^{-36}$ ; C)  $1,6 \cdot 10^{-36}$ ; D)  $1 \cdot 10^{-35}$ .
13. Jatılıqtıń tolqın uzınlıđı  $6,63 \cdot 10^{-8}$  m bolsa, fotonnıń impulsın anıqlań (kg · m/s).  $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$  Dj · s  
 A)  $10^{-26}$ ; B)  $10^{-42}$ ; C)  $10^{-34}$ ; D)  $1,6 \cdot 10^{-35}$ .

14. Jaqtılıqtın jiyiligi  $3 \cdot 10^{15}$  Hz bolsa, onıń impulsın anıqlań (kg·m/s).  
 $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$  Dj·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 fotonnıń impulsı  $3,315 \cdot 10^{-27}$  kg·m/s bolsa, jaqtılıqtın jiyiligin anıqlań (Hz).  
 A)  $3 \cdot 10^{14}$ ;      B)  $2 \cdot 10^{15}$ ;      C)  $1,5 \cdot 10^{15}$ ;      D)  $2 \cdot 10^{14}$ .
16. Qızdırgıshlı lampochka nurlanıwınıń ortasha tolqın uzunlıgı  $1,2 \mu\text{m}$ . 200 W quwatlı lampochkanıń 1 sekund nurlanıwındağı fotonlar sanın anıqlań.  $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$  Dj·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. Salıstırmalı sındırıw kórsetkishi  $n$  bolğan tınıq ortalıqta fotonnıń impulsı nege teń?  
 A)  $nhv/c$ ;      B)  $nhv$ ;      C)  $h\lambda/n$ ;      D)  $hv/nc$ .
18. Zat ushın fotoeffektin qızıl shegarası  $1 \cdot 10^{15}$  Hz bolıp, oğan jiyiligi  $1 \cdot 10^{15}$  Hz bolğan jaqtılıq tásirinde ushıp shıqqan fotoelektronlardın maksimal kinetikalıq energiyasın esaplań. (Dj)  
 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. Metalldan elektronnıń shıgıw jumısı  $3,3 \cdot 10^{-19}$  Dj bolsa, fotoeffektin qızıl shegarası  $\nu_0$  di tabıń (Hz).  
 A)  $10^{-14}$ ;      B)  $2 \cdot 10^{14}$ ;      C)  $5 \cdot 10^{14}$ ;      D)  $6,6 \cdot 10^{15}$ .

### VI bapta úyrenilgen eń áhmiyetli túsinik, qagıyda hám nızamlar

Vin awısıw nızamı	Dene nurlanıwdın maksimumına tuwrı keletuğın tolqın uzunlıgı, $\lambda_m$ absolut temperaturağa kerı proporcional esaplanadı: $\lambda_m = \frac{b}{T}$ , $b = 2,898 \cdot 10^{-3}$ m·K – Vin turaqlısı.
Kvant	Bul deneniń jutıw yaqi nurlanıw energiyasınıń minimal bólegi.
Kvant energiyası	Kvant energiyası jaqtılıq jiyiligine tuwrı proporcional: $E = h\nu$ , $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ Dj·s.
Sırtqı fotoeffekt	Bul zattan jaqtılıq tásirinde elektronlardın shıgıwı.
Jabıwshı kernew	Bul fotonlar baslangısh tezlikleri menen anodqa jetip bara almaytuğın tormozlawshı teris kernew.

<p>Fotoeffekt nizamlari:</p>	<p>1. Fotoelektronlarning maksimal kinetikalik energiyasi jaqtılıq ağımina (intensivligine) baylanisli emes ham tıswshi nurding jiyiligi <math>\nu</math> ga sızıqlı baylanisli.</p> <p>2. Har bir zat ushin fotoeffekt juz beretugın minimal jiyilik <math>\nu_{\min}</math> bar ham bul fotoeffektting qızıl shegarası delinedi.</p> <p>3. Katodtan waqt birliginde shıgıp atırđan fotoelektronlar sanı katodqa tısip atırđan jaqtılıq ağımina (intensivligine) tuwrı proporcional, jiyiligine baylanisli emes.</p>
<p>Elektronlarning maksimal kinetikalik energiyası</p>	$E_{k\max} = \frac{mv_{\max}^2}{2} = eU_{jab.}$
<p>Fotoeffekt ushin Eynshteyn formulası</p>	$h\nu = A + \frac{mv^2}{2}.$
<p>Fotoeffektting qızıl chegarası</p>	<p>Fotoeffektting qızıl shegarası <math>h\nu_{\min}=A</math> yaki <math>\frac{hc}{\lambda_0} = A</math>. Bul jerde <math>\nu_{\min}</math> yaki <math>\lambda_0</math> – fotoeffektting qızıl chegarasına tuwrı kelgen jiyiligi ham tolqın uzunlığı.</p>
<p>Ishki fotoeffekt</p>	<p>Jaqtılıq tásirinde yarımótkizgishlerde erkin zaryad tasıwshılarning koncentraciyası artıwı.</p>
<p>Foton</p>	<p>Jaqtılıq kvantı yaki bólekshesi. Onıń tınısh halattağı massası <math>m_0=0</math>.</p>
<p>Fotonning energiyası</p>	<p>Fotonning energiyası <math>E=h\nu</math>, qozđalı tezligi <math>c</math>, impulsı</p> $p = \frac{h\nu}{c}, \text{ massası } m = \frac{h\nu}{c^2}.$
<p>Jaqtılıq basımı</p>	$p = \frac{I}{c},$ bul jerde $I$ – jaqtılıq intensivligi.
<p>Fotoqarsılıq-fotorezistor</p>	<p>Jaqtılıq tásirinde qarsılığı kemeyiwshi rezistor.</p>
<p>Quyash batareyaları</p>	<p>Ishki fotoeffektke tiykarlangan <math>p-n</math> ótılı yarımótkizgishli fotoelementler bolıp, jaqtılıq energiyasın elektr energiyasına aylandırıp beredi.</p>

## VII bap. ATOM HÁM YADRO FIZIKASÍ. ATOM ENERGETIKASÍNÍN FIZIKALÍQ TIYKARLARÍ

Barlıq zatlar kóp sanlı bólinbeytuğın bólekshelerden (atomlardan) quralğan, degen pikir júdá áyyem zamanlarda grek alımları Demokrit, Epikur hám Lukreciyler tárepinen bildirilgen (atom sózi grekshe «atomos» – bólinbes degen mánini ańlatadı). Biraq, bul pikirge túrli sebepler menen uzaq waqıtlarğa shekem aytarlıqtay itibar berilmegen. Biraq, on segizinshi ásirde A. Lavuazye (francuz) (1743–1794), Dj. Dalton (inglis) (1766–1844), A. Avogadro (italyan) (1776–1856), M. Lomonosov (rus) (1711–1765), Y. Berselius (shved) (1779–1848) sıyaqlı alımlardıń is-háreketleri nátiyjesinde atomlardıń bar ekenligine gúman qalmadı. D. I. Mendeleev 1869-jılı elementler dawirlik sistemasın dúzip, barlıq zatlardıń atomları bir-birine uqsas dúziliske iye ekenligin kórsetip berdi. Sonıń menen birge, jıgirmanshi ásirdeń baslarına kelip, bólinbes esaplanatuğın atomnıń ishine názer taslaw, yağny onıń dúzilisin úyreniw mashqalası júzege keldi. Inglis fizigi Dj. Dj. Tomson 1903-jılı atomnıń dúzilisi haqqındağı birinshi modeldi usınıs etti. Basqa inglis fizigi D. Rezerford óz tájiriyelerine tiykarlanıp Tomson modelin inkar etip, atomnıń planetar modelin usındı. Bul modelge muwapıq, atom yadrodan (ózekten) hám onıń átirapında qozğalıwshı elektronlardan quralğan. Keyin ala atom yadrosı – oń zaryadlangan proton hám elektr jağınan neytral neytronlar kompleksinen ibarat ekenligi anıqlandı.

### 37–tema. ATOMNÍN BOR MODELİ. BOR POSTULATLARI

1903-jılı inglis fizigi Dj. Dj. Tomson atomnıń dúzilisi haqqındağı birinshi modeldi usındı. Tomson modeline muwapıq, atom – massası tegis bólistirilgen  $10^{-10}$  m shamadağı oń zaryadlardan ibarat shar sıpatında kóz aldığa keltiriledi. Al, onıń, óz teńsalmaqlılıq jağdayları átirapında terbelmeli qozğalatuğın teris zaryadlar (elektronlar) bar bolıp (bunda



atomdǵı ǵarbızǵa uqsatıw hám elektron ǵarbızdıń shopaqları sıyaqlı jaylasqan dew múmkin), oń hám teris zaryadlardıń qosındısı óz ara teń.

Basqa inglis fizigi D. Rezerford 1911-jılı óz tájiriybelerine tiykarınan Tomson modelin inkar etip, atomnıń yadrolıq (planetar) modelin usındı. Bul model boyınsha atom kishkene quyash sistemasınday kóz aldıǵa keltiriledi. Elektronlar yadro átirapında (jabıq) orbitalar – atomnıń elektron qabıǵı boylap qozǵaladı hám olardıń zaryadı yadrodaǵı oń zaryadqa teń.

Atomnıń ólshemleri júdá kishi bolǵanı ushın ( $\approx 10^{-10}m$ ) onıń dúzilisin tikkeley úyreniw júdá qıyın. Sonıń ushın onıń dúzilisin janapay, yaǵnıy ishki dúzilisi haqqında maǵlıwmat beriwshi xarakteristikalar járdeminde úyreniw maqsetke muwapıq. Sonday xarakteristikalardan biri – atomnıń nurlanıw spektri. Atomnıń nurlanıw spektri, yaǵnıy atom elektromagnit nurlar shıǵarǵanda (yamasa jutqanda) payda bolatuǵın optikalıq spektrler birqansha tolıq úyrenilgen.

Shveysariyalı fizik I. Balmer 1885-jılı tájiriybe nátiyjelerine súyenip vodorod spektri sızıqları jiyilikleri ushın tómendegi formulanı taptı.

$$\nu = R \left( \frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right). \quad (7-1)$$

Bu yerda:  $R = 3,29 \cdot 10^{15}$  Hz – Ridberg turaqlısı,  $m$  hám  $n$  turaqlı sanlar, olar sáykes halda  $m = 1, 2, 3, 4, \dots$  mánislerdi, al  $n$  pütün ( $m+1$  den baslap) mánislerdi qabıl etedi. Bul formulaǵa muwapıq vodorod spektri úzik sızıqlardan ibarat esaplanadı.

Rezerfordning yadrolıq modeli atomnıń spektral nızamlılıqların túsindirip bere almadı. Bunnan tısqari, bul model klassikalıq mexanika hám elektrodinamika nızamlarına qarama-qarsı bolıp shıqtı.

**Birinshiden**, elektronnıń yadro átirapındaǵı orbita boylap qozǵalıısı iymek sızıqlı, yaǵnıy tezleniw menen júz beretuǵın qozǵalıısı esaplanadı. Bul qozǵalısta elektronnıń energiyası kemeyedi, onıń aylanıw orbitası kishireyedi hám ol yadroǵa jaqınlasıp baradı. Basqasha aytqanda, belgili waqıttan keyin elektron yadroǵa qulap, atom joǵalıwı kerek. Bul Rezerford modeline muwapıq, atom stabil emes sistema bolıwın kórsetedi. Al, ámelde atomlar júdá bekkem sistema esaplanadı.

**Ekınshiden**, elektron atomǵa jaqınlasqan sayın orbitasınıń radiusı kishireyip baradı ( $R \rightarrow 0$ ), al tezligi ózgermeydi ( $v = \text{const}$ ). Nátiyjede

tezleniwi  $\left(\frac{mv^2}{R}\right)$  artıwı menen elektronniń nurlanıw jiyiligi de úzliksiz

ráwishte artıwı hám demek, úzliksiz nurlanıw spektri baqlanıwı kerek. Al, tájiriybeler hám olar menen sáykes keliwshi Balmer formulası atomniń nurlanıw spektri uzlikli (sızıqlı) ekenligin kórsetkenin bildik.

1913-jılı Rezerfordtıń yadroliq modeline kvant teoriyası engizilip, tájiriybe nátiyjelerin tolıq túsindirip bere alatuǵın vodorod atomınıń teoriyası jaratıldı.

Bor teoriyasınıń tiykarın tómendegi eki postulat quraydı. Bu postulatlardan hár biri joqarıda jazılǵan Rezerford modeliniń eki kemshiligine saplastırıwǵa qaratılǵan.

1. **Stacionar (turaqlı) halatlar haqqındaǵı postulat:** *atomda stacionar halatlar bar bolıp, bul halatlarǵa elektronlardıń stacionar orbitaları sáykes keledi.*

*Elektronlar tek usı stacionar orbitalarda bolıp, hátteki tezleniw menen qozǵalǵanda da nurlanbaydı.*

Stacionar orbitadaǵı elektronniń qozǵalıw muǵdarı momenti (impuls momenti) kvantlangan bolıp tómendegi shárt penen anıqlanadı:

$$m_e \cdot v_n \cdot r_n = n \cdot \hbar \quad (7-2)$$

Bul jerde:  $m_e$  – elektronniń massası;  $r_n$  – n-orbitanıń radiusı;  $v_n$  – elektronniń usı orbitadaǵı tezligi;  $m_e \cdot v_n \cdot r_n$  – elektronniń usı orbitadaǵı impuls momenti;  $n$  – nolge teń bolmaǵan pütün san, oǵan bas kvant sanı delinedi;  $\hbar = \frac{h}{2\pi}$  ( $h$  – Plank turaqlısı).

Demek, Bordıń birinshi postuladı boyınsha, atomdaǵı elektron qálegen orbita boylap emes, al stacionar orbita dep atalıwshı belgili orbitalar boylap qozǵalıwı múmkin. Bul qozǵalıw dawamında nurlanbaydı, yaǵnıy energiyası kemeymeydi. Energiyası kemeymese, yadroǵa túspeydi hám atom joǵalmaydı. Solay etip, bul postulat Rezerford modeliniń birinshi kemshiligine saplastıradı.

2. **Jiyilikler haqqındaǵı postulat:** *elektron bir stacionar orbitadan ekinshisine ótkende ǵana, energiyası usı stacionar halatlardaǵı energiyalarınń parqına teń bolǵan bir foton shıǵaradı (yaki jutadı):*

$$h\nu = E_n - E_m, \quad (7-3)$$

bul jerde:  $E_n$  hám  $E_m$  – sáykes ráwishte elektronniń n- hám m- stacionar orbitalardaǵı energiyaları.

Eger  $E_n > E_m$  bolsa, foton shıǵarıladı. Bunda, elektron úlken energiyalı halattan kishirek energiyalı halatqa, yaǵnıy yadrodan uzaǵıraqtı bolǵan stacionar orbitadan yadroǵa jaqınıraqtı bolǵan stacionar orbitaǵa ótedi.

Eger  $E_n < E_m$  bolsa, foton jutıladı hám joqarıdaǵı pikirlerge kerı jaǵday júz beredi.

(7–2) ańlatpadan nurlanıw júz beretuǵın jiyiliklerdi, yaǵnıy atomnıń sıziqlı spektrin anıqlaw múmkin:

$$\nu = \frac{E_n - E_m}{h}. \quad (7-4)$$

Bordnıń ekinshi postuladı boyınsha, elektron qálegen jiyilikli nurlanıw shıǵarmay, jiyiligi (7–4) shártti qanaatlandırırwshı nurlanıw ǵana shıǵarıwı múmkin. Sol sebepli, atomnıń nurlanıw spektri uzlıksız bolmay, uzlıkli (sızıqlı) kóriniske iye. Demek, Bordnıń ekinshi postuladı Rezerford modeliniń ekinshi kemshiligin saplastıradı.

Elektron orbitasınıń radiusı tómendegi ańlatpa járdeminde anıqlanadı:

$$r_n = n^2 \frac{h^2 \epsilon_0}{\pi m_e e^2}, \quad (7-5)$$

bul jerde:  $n$  – elektron stacionar orbitasınıń (anıǵıraǵı atomning stacionar halatınıń) tártip nomerin kórsetedi. Mısalı,  $n=1$  dep alsaq, elektronnıń vodorod atomındaǵı birinshi stacionar orbitası radiusiniń mánisin payda etemiz. Bul radiusqa birinshi *Bor radiusı* delinedi hám atom fizikasında uzınlıq birligi sıpatında paydalanıladı:

$$r_B = 0,529 \cdot 10^{-10} \text{ m.}$$

Atomnıń qálegen energetikalıq qáddidegi energiyası  $E_n$  tómendegishe anıqlanadı:

$$E_n = - \frac{m_e e^4}{8h^2 \epsilon_0^2} \cdot \frac{1}{n^2}. \quad (7-6)$$

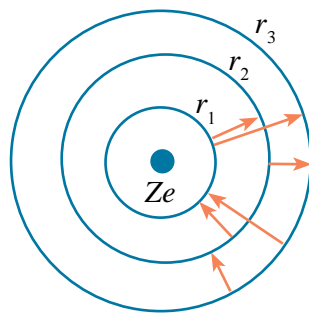
Bul ańlatpadan kórinip turǵanıday, vodorod atomınıń tolıq energiyası teris bolıp, ol elektron hám protondı erkin bólekshelerge aylandırırw ushın qansha energiya sarıplaw kerekligin kórsetedi. Basqasha aytqanda, mine, usı energiya bul eki bóleksheni bir pútin atom sıpatında saqlap turadı. Sonıń ushın da  $n=1$  halat eń turaqlı halat esaplanıp, bul halatta atom eń kem energiyaǵa iye boladı hám ol *tiykarǵı energetikalıq halatta* delinedi. Bul halattaǵı vodorod atomın ionlastırırw ushın eń kóp energiya sarıplaw talap etiledi. Al,  $n > 1$  halatlar *oyanǵan halatlar* delinedi hám olardaǵı atomnıń energiyası kemirek

bolıp, bunday halattaǵı atomdı ionlastırıw ushın kemirek energiya sarıplanadı.

Bordıń ekinshi postulatu boyınsha, elektron bir energetikalıq qáddiden ekinshisine ótkende energiyalı foton shıǵarıladı yaqı jutıladı.

$$hv = E_2 - E_1 = \frac{m_e e^4}{8h^2 \epsilon_0^2} \cdot \left( \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) \quad (7-7)$$

Eger elektron ekinshi orbitadan ( $n_2=2$ ) birinshisine ótse ( $n_1=1$ ), foton shıǵarıladı (7.1-súwret). Keri jaǵdayda – jutıladı. Elektronı  $n_1=1$  orbitadan  $n_2 \rightarrow \infty$  ke ótkiziw ushın, basqasha aytqanda, elektronı atom yadrosınan ajratıp alıw (atomdı ionlastırıw) ushın eń úlken energiya sarıplanadı. Bul energiyalıń mánisi 13,6 eV ǵa teń bolıp, vodorod atomın ionlastırıw energiyası esaplanadı.



7.1-súwret.

Demek, vodorod atomınıń tiykarǵı halatındaǵı elektronıń energiyası  $-13,6$  eV ǵa teń. Joqarıda atap ótkenimizdey, energiyalıń terisligi elektronıń baylanısqa halatta ekenligin kórsetedi. Erkin halattaǵı elektronıń energiyası nolge teń dep qabıl etilgen.

(7-7) ańlatpa járdeminde shıǵarılatuǵın yamasa jutılatuǵın fotonıń jiyiligin yaqı tolqın uzınlıǵın anıqlaw múmkin:

$$\nu = \frac{m_e e^4}{8h^3 \epsilon_0^2} \cdot \left( \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right). \quad (7-8)$$

Bu Balmer formulası bolıp,  $R = \frac{m_e e^4}{8h^3 \epsilon_0^2}$  – Ridberg turaqlısı esaplanadı.



1. Rezerford modeliniń kemshilikleri nelerden ibarat edi?
2. Bor óz teoriyasın qanday ideyaǵa tiykarlanıp jarattı?
3. Stacionar halatlar haqqındaǵı postulat neden ibarat?
4. Bordıń birinshi postulatu Rezerford modeliniń qanday kemshiligin saplastıradı?

### Másele sheshiw úlgisi

1. Vodorod atomınıń elektronı úshinshi orbitadan ekinshi orbitaǵa ótkendegi nurlanıw tolqın uzınlıǵı elektron ekinshi orbitadan birinshi orbitaǵa ótkendegi nurlanıw tolqın uzınlıǵınan neshe ese úlken?

Berilgen:	Formulası hám sheshiliwi:
$n_1=3,$ $n_2=2,$ $n_3=1,$ $R=1,097 \cdot 10^7 \text{m}^{-1}.$	$v = R \left( \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) \cdot \lambda_{21} = \frac{n_1^2 n_2^2 c}{(n_2^2 - n_1^2) R};$
Tabıw kerek: $\frac{\lambda_{32}}{\lambda_{21}} = ?$	$\lambda_{32} = \frac{n_3^2 n_2^2 c}{(n_3^2 - n_2^2) R}.$ $\frac{\lambda_{32}}{\lambda_{21}} = \frac{9 \cdot 4}{(9 \cdot 4)} = \frac{36}{5} \cdot \frac{3}{4} = \frac{27}{5} = 5,4.$
	Juwabi: $\frac{\lambda_{32}}{\lambda_{21}} = 5,4.$

## 38-tema. LAZER HÁM OLARDÍN TÚRLERİ

**Lazer degen ne?** Lazer dep atalıwshı optikalıq kvant generatorlarınıń payda bolıwı fizika pániniń jańa tarawı – kvant elektronikasınıń úlken jetiskenligi.

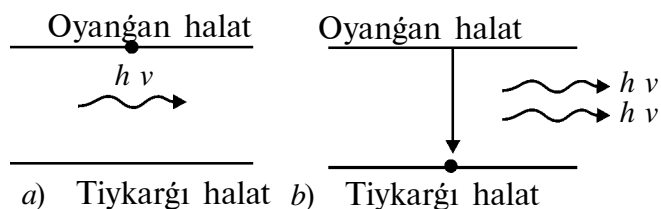
*Lazer degende, júdá anıq baǵdarlanǵan kogerent jaqtılıq nurınıń deregi túsiniledi.*

Lazer sóziniń ózi inglisshe «májbúriy terbeliw nátiyjesinde jaqtılıqtıń kusheytiliwi» sózlerindeki birinshi háriplerinen alınǵan («Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation»).

Birinshi kvant generatorları orıs fizikleri N. Basov, A. Proxorov hám amerikalı fizik Ch. Tauns tárepinen jaratılǵan (Bul tarawdaǵı jumısları ushın 1964-jılı Nobel sıylıǵına ılayıq bolǵan). Bunday generatorlardıń jumıs principin túsiniw ushın nurlanıw procesi menen tolıǵıraq tanısayıq.

**Atomnıń májbúriy nurlanıwı.** Aldıńǵı temada atap ótilgenindey, atom tiykarǵı halatta bolǵanda nurlanbaydı hám onda sheksiz uzaq waqıt dawamında turadı. Biraq, atom basqa tásirler nátiyjesinde oyangan halatqa ótiwi múmkin. Ádette, atom oyangan halatta uzaq bolmay, jáne qaytıp, tiykarǵı halatqa ótedi hám bunda energetikalıq qáddilerdiń ayırmasına teń energiyalı foton shıǵaradı. Bunday ótiw óz-ózinin jüz bergeni ushın shıǵarılatuǵın nurlanıw *spontan nurlanıw* delinedi hám shıǵarılǵan nurlar kogerent bolmaydı. Biraq, A.Eynshteynniń aytıwınsha, bunday ótiwler tek ǵana óz-ózinin emes, al

májbúriy de bolıwı múmkin. Bunday májbúriy ótiw oyangan atom janınan ótip atırǵan foton tásirinde júz beriwı múmkin (7.2-súwret).

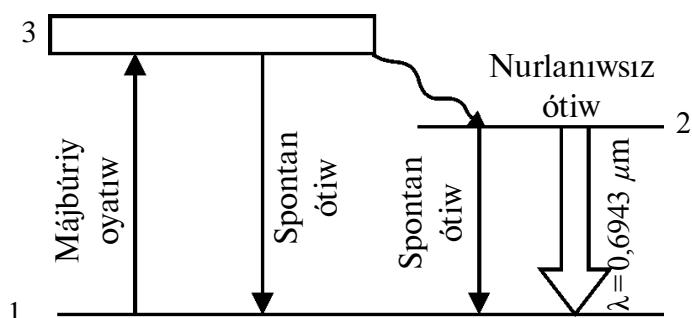


7.2-súwret.

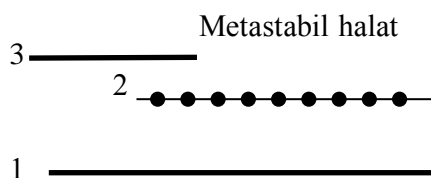
Nátiyjede atom oyangan halattan tiykargı halatqa ótiwinde shıǵarılatuǵın foton, bul ótiwdi júzege keltiretuǵın foton menen birdey boladı. Basqasha aytqanda, hár eki foton da birdey jiyilikke, qozǵalı baǵıtına, fazaǵa hám polarizaciya baǵıtına iye boladı. Orıs fizigi V. Fabrikant májbúriy nurlanıw járdemide jaqtılıqtı kúsheytiw usılın usınıs etti. Bul usıldıń áhmiyetin túsiniw ushın tómendegi mısaldı kóreyik. Ayırım zatlardıń atomlarında sonday oyangan halatlar bar, atomlar bul halatlarda uzaq waqıt dawamında bolıwı múmkin. Bunday halatlar *metastabil halatlar* delinedi. Metastabil halatlar menen yaqıt kristalı mısasında tolıq tanısayıq.

**Rubin lazeri.** Rubin kristalı alyuminiy oksid  $Al_2O_3$  ten ibarat bolıp, Al díń ayırım atomlarınıń ornın xromnıń úsh valentli  $Cr^{3+}$  ionları iyelegen boladı. Kúshli jaqtılandırılıw nátiyjesinde xrom atomları 1 tiykargı halattan 3 oyangan halatqa májbúriy ráwishte ótkiziledi (7.3-súwret).

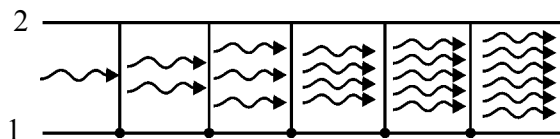
Xrom atomınıń oyangan halatta jasaw dáwiri júdá kishi ( $10^{-7}$ s) bolǵanlıǵı ushın ol yaki spontan ráwishte (óz-ózin) 1 tiykargı halatqa ótiwi yaki nurlanıwsız 2 halatqa ótiwi (metastabil halat) múmkin (7.3-súwret). Bunda energiyanıń artıqsha bólimi rubin kristalınıń reshlyotkasına beriledi. 2 halattan 1 halatqa ótiwdiń tańlaw qaǵıydalarına muwapıq qadaǵan etilgeni xrom atomlarınıń 2 halatta toplanıwına alıp keledi. Eger májbúriy oyatıw júdá úlken bolsa, 2 halattaǵı atomlardıń koncentraciyası 1 halattaǵıdan júdá úlken bolıp, 2 halatta elektronlardıń júdá tıǵız jaylasıwı júz beredi (7.4-súwret). Eger rubin qe xrom atomınıń metastabil halatı ( $E_2$ ) hám tiykargı halatı ( $E_1$ ) energiýalarınıń ayırmasına teń,  $E_2 - E_1 = h\nu$  energiýalı qanday da bir foton tússe, onda ionlardıń 2 halattan 1 halatqa májbúriy ótiwi júz berip, energiýası dáslepki fotonnıń energiýasına teń bolǵan fotonlar shıǵarıladı.



7.3-súwret.



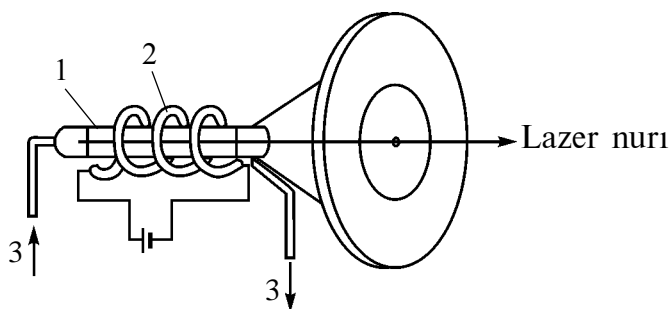
7.4-súwret.



7.5-súwret.

Bul process kóshki tárizli rawajlanıp, fotonlardıń sanı keskin artıp baradı (7.5-súwret). Bul fotonlardıń tek jiyilikleri emes, al fazaları, tarqalıw bağıtları hám polyusleniw tegislikleri de birdey boladı. Nátiyjede yaqıttan kúsheygen kogerent jaqtılıq toplamı, yaǵnıy *lazer nuri* shıǵadı.

7.6-súwrette rubin lazerin payda etiw sxeması kórsetilgen. Rubin tayaqsha 1 xrom atomlarınıń metastabil halatqa ótiwin támiyinlewshi 2 gazlı lampa menen oralǵan. Rubinniń temperaturası zárúr mániste saqlanıwın támiyinlew maqsetinde suwıtıw sisteması 3 jalǵanǵan.



7.6-súwret.

Basqa lazerlerdiń payda bolıw mexanizmi de usıǵan uqsaydı.

**Lazerdiń túrleri.** Kvant generatorları kvant mexanikasınıń nızamları tiykarında qálegen (elektr, jıllılıq, jaqtılıq, ximiyalıq hám t.b.) energiyanı

kogerent jaqtılıq nurı energiyasına aylandırıp beredi. Bul ájayıp qásiyetke iye bolıwı lazer nurınıń júdá keń qollanılıwına sebep bolmaqta.

Lazerler aktivlestiriwshi zatlardıń túrlerine, yaǵnıy qanday energiyanı kogerent jaqtılıq nurı energiyasına aylandırıwına qarap bir neshe túrlerge bólinedi. Bular: qattı lazerler, yarım ótkizgishli lazerler, gaz lazerleri, ximiyalıq lazerler, talshıqlı lazerler, rentgen lazerleri hám basqalar.

Olar impuls, úzliksiz hám kvazi úzliksiz rejimlerde islewi múmkin.

Lazerdiń qásiyetleri menen tanısayıq.

*Joqarı dárejede kogerent*, yaǵnıy fotonlardıń fazaları birdey.

*Qatań monoxromatlıq*. Dástege kiriwshi fotonlar tolqın uzınlıqlarınıń ayırmashılıǵı  $10^{-11}$  m den aspaydı, yaǵnıy  $\Delta\lambda < 10^{-11}$  m.

*Nurlanıw quwatlılıǵı júdá joqarı*. Lazer nurında nurlanıw quwatlılıǵı  $10^{16}$ – $10^{20}$  W/m<sup>2</sup> qa shekem bolıwı múmkin. Bul júdá joqarı mánis esaplanadı. Solay eken, Quyashtıń tolıq nurlanıw spektri boyınsha nurlanıw quwatlılıǵı  $7 \cdot 10^7$  W/m<sup>2</sup> tı quraydı.

*Nurdiń jaylıw múyeshi júdá kishi*. Máselen, Jerden Ayǵa baǵdarlangan lazer Ay betinde 3 km diametrli orındı ǵana jaqtılandıradı. Al, ádettegi projektor nurı 40000 km diametrli maydandı jaqtılandırǵan bolar edi.

**Lazerdiń qollanıwı.** Qolaylıǵı hám az energiya sarıplanıwı lazerdiń júdá qattı materiallardı qayta islew hám kepslerlewe keń qollanıwına imkaniyat jarattı. Máselen, aldın almazdan kishkene tesik ashıw ushın 24 saat waqıt jumsalǵan bolsa, házir bul jumıs lazer járdeminde 6–8 minutta ámelge asırıladı.

Saat soǵıw sanaatı ushın zárúr bolǵan yaqıt hám almaz taslarda ashılatuǵın diametri 1–10 mm, tereńligi 10–100  $\mu$ m bolǵan názik tesiksheler lazer járdeminde payda etiledi.

Lazer júdá keń qollanılatuǵın tarawlardan jáne biri – materiallardı kesiw hám kepslerlewden ibarat. Bul jumıslar tek mikroelektronika, poligrafiya sıyaqlı názik tarawlarda emes, al mashina soǵıw, avtomobil soǵıw, qurılıs materialların islep shıǵarıwda da orınlanadı.

Lazer nurları buyımlardaǵı nuqsanlardı anıqlaw, ximiyalıq reakciyalar mexanizmin úyreniw hám olardı tezlestiriw, júdá taza materiallardı payda etiwde de júdá jaqsı járdemshi esaplanadı. Házir lazer járdeminde izotoplar, sonıń ishinde, uran izotopları ajratıp alınbaqta.

Lazer ólshew jumıslarında da júdá keń qollanıladı. Olardıń járdeminde uzaqtan turıp kóshiwerdi, ortalıqtıń sındırıw kórsetkishin, basımdı,



temperaturanı ólshew múmkin. Lazer nurı Jerden Ayğa shekem bolğan aralıqtı anıqlastırwğa, Aydın kartasına anıqlıqlar kirgiziwge járdem berdi.

Lazer medicinada da júdá keń qollanılmaqta. Ol qan shıǵarmaytuǵın pıshaq wazıypasın atqarıp, adamlardıń ómirin uzaytıwğa, kóriw qábiletin tiklewge xızmet etpekte.

Lazer qollanatuǵın keleshekli tarawlardan jáne biri – joqarı temperaturalı plazma payda etiw bolıp tabıladı. Bul taraw termoyadro sintezin lazer menen basqarıw jolında jaqsı ǵana imkaniyatlar ashqanı sebepli alımlardıń diqqat orayında tur.

Lazerli diskler túsiniǵı kompyuterde islewshiler hám muzıkanı súyiwshilerdiń kúndelikli turmısınıń ajıralmas bólimine aylanıp qaldı.

Házirgi payıtta lazerdiń qollanılıw tarawı sonsha kóp bolıp, olardıń bárshesine toqtalıp ótiwdiń ilajı da joq. Biraq, biziń izleniwsheń oqıwshımız bul jumıstı óz betinshe ámelge asıradı, degen úmittemiz.



1. *Lazer degenimiz ne?*
2. *Spontan nurlanıw dep qanday nurlanıwğa aytiladı?*
3. *Májbüriy ótiw qalay payda etiledi?*
4. *Metastabil halat dep qanday halatqa aytiladı?*
5. *Lazerdiń ólshew jumıslarında, ilimde, medicinada qollanılıwına misallar keltiriń.*

---

## 39–tema. ATOM YADROSINIŇ QURAMI. BAYLANISIW ENERGIYASI. MASSA DEFEKTI

**Atom yadrosı.** Rezerford óz tájiriybeleri nátiyjesinde atomniń oń zaryadlangan yadrosı (ózeǵi) bar degen juwmaqqa keledi. Atomniń shaması  $10^{-10}$  m bolğan bir payıtta yadronıń shaması  $10^{-14}$ – $10^{-15}$  m di quraydı. Basqasha aytqanda, yadro atomnan 10 000–100 000 ese kishi esaplanadı.

Sonıń menen birge, atom massasınıń derlik 95 procenti yadroda jámlengen. Eger qanday da dene massasınıń 95 procenti ol iyelep turğan kólemnen 100 000 ese kishi kólemde jámlengenin itibarǵa alsaq, barlıq zatlar, tiykarınan, boslıqtan ibarat ekenligine tań qalıwdan basqa ilajımız qalmaydı. Endi yadronıń ózi qanday dúziliske iye, degen máseleni kóreyik.

Rus fizigi D. I. Ivanenko hám nemis fizigi V. Geyzenberg *atom yadrosı* – *proton hám neytronlardan dúzilgen*, degen ideyanı alǵa súrgen.

**Proton ( $p$ )**—vodorod atominiń yadrosı, 1919-jılı Rezerford hám onıń xızmetkerleri tárepinen oylap tabılǵan. Elektronniń zaryadına teń oń zaryadqa iye. Tınıshlıqtaǵı massası  $m_p = 1,6726 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \approx 1836 m_e$ , bul jerde  $m_e$  — elektronniń massası. (Proton — grekshe — «birinshi»).

**Neytron ( $n$ )** — 1932-jılı inglis fizigi J.Chedvik tárepinen ashılǵan. Elektr neytral bólekshe. Tınıshlıqtaǵı massası  $m_n = 1,6749 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \approx 1839 m_e$  (*Neytron* — latinsha ol da emes, bul da emes).

Proton hám neytronlardı birgelikte *nuklonlar* dep ataydı (latinsha *nucleus* — *yadro* sózinen alınǵan). Atom yadrosındaǵı nuklonlardıń ulıwma sanı *massa sanı* ( $A$ ) delinedi.

Atom yadrosı  $Ze$  zaryad muǵdarı menen xarakterlenedi. Bul jerde:  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  qa teń bolıp protonniń zaryadın xarakterleydi.  $Z$  — yadronıń zaryad sanı delinip, ol yadrodaǵı protonlar sanına teń hám Mendeleev elementler dáwirli sistemasında ximiyalıq elementtiń tártip nomeri menen sáykes keledi.

Yadro neytral atom qalay belgilense, dál solay belgilenedi:  ${}_Z^A X$ , bul jerde:  $X$  — ximiyalıq elementtiń belgisi,  $Z$  — atomniń tártip nomeri (yadrodaǵı protonlar sanı);  $A$  — massa sanı (yadrodaǵı nuklonlar sanı). Atom elektr neytral bolǵanı ushın da yadrodaǵı protonlar sanı atomdaǵı elektronlar sanı menen teń boladı.

**Izotoplar.** (*Izotop* — grekshe izos — teń, birdey; topos — orın) Tártip nomeri ( $Z$ ) birdey, biraq massa sanı ( $A$ ) hár túrli bolǵan elementler *izotoplar* delinedi. Izotoplar yadrosındaǵı neytronlar sanı ( $N = A - Z$ ) menen parıqlanadı.

**Izobarlar.** Massa sanı ( $A$ ) birdey, biraq tártip nomeri ( $Z$ ) hár túrli bolǵan elementler *izobarlar* delinedi. Izobarlar yadrosındaǵı protonlar sanı ( $Z = A - N$ ) menen parıqlanadı.

**Yadronıń shaması.** Yadronıń radiusı tájiriye natıyjesi tiykarında jazılǵan

$$R = R_0 A^{\frac{1}{3}} \quad (7-9)$$

formula menen anıqlanadı. Bul jerde:  $R_0 = (1,2-1,7) \cdot 10^{-15} \text{ m}$ . Sonı atap ótiw zárúr, atom yadrosınıń radiusı degende, yadro kúshleriniń tásiiri kórinetuǵın oblasttıń sıziqlı shaması túsiniledi. Yadronıń shaması oǵan kiriwshi nuklonlar sanı  $A$  ǵa baylanıslı bolsa da, barlıq yadrolarda nuklonlardıń tıǵızlıǵı birdey. Yadronıń tıǵızlıǵı júdá úlken bolıp,  $\rho = 2 \cdot 10^{11} \text{ kg/m}^3$  átirapında. Basqasha aytqanda, *1 m<sup>3</sup> yadro materialınıń massası 200 million tonna boladı*. Bunsha úlken massa qalay etip baylanıslı turadı eken?

*Yadroni kulon kúshi tásirinde ıdırap ketiwden saqlap turatuğın bunday tartılıw kúshleri yadro kúshleri delinedi.*

**Yadronıń baylanısıw energiyası.** Tekseriwlerdiń kórsetiwi boyınsha, atom yadrosı bir qansha bekkem dúziliske iye. Demek, yadrodağı nuklonlar arasında belgili baylanısıw bar. *Yadronı óz aldına nuklonlarğa ajratıw ushın zárúr bolatuğın energiya yadronıń baylanısıw energiyası delinedi.* Yadronıń baylanısıw energiyası onıń turaqlılıq ólshemi esaplandı. Energiyanıń saqlanıw nızamı boyınsha, yadronı ıdıratıw ushın qansha energiya sarıplansa, yadro payda bolğanda da sonsha energiya bólinip shıǵadı.

Solay eken, bul energiya nege teń hám ol qalay payda boladı?

**Massa defekti.** Yadro massasın *mass-spektrometrler* dep atalatuğın ásbap járdeminde úlken anıqlıqta ólshew múmkin. Bunday ólshewlerdiń kórsetiwinshe, yadronıń massası onıń quramına kiretuğın nuklonlar massalarınıń jıyındısınan kishi eken. Basqasha aytqanda, nuklonlardan yadro payda bolıwında

$$\Delta m = [Z \cdot m_p + (A - Z)m_n] - m_{ya} \quad (7-10)$$

ǵa teń massa jetispewshiligi payda boladı. Bul jerde:  $m_p$ ,  $m_n$ ,  $m_{ya}$  — sáykes ráwishte proton, neytron hám yadronıń massaları. Massanıń jetispegen bul bólimi *massa defekti* delinedi. Bizge belgili, massanıń hár qanday  $\Delta m$  ózgeriwine energianıń  $\Delta mc^2$  ózgeriwi sáykes keledi. Mine, usı energiya yadronı bir pütün uslap turadı hám baylanısıw energiyasına teń:

$$E_{bayl} = \Delta mc^2 = [Z \cdot m_p + (A - Z)m_n - m_{ya}]c^2. \quad (7-11)$$

Túrli yadrolar ushın baylanısıw energiyası da túrlishe bolatuğın tábiyy. Olardı salıstırıp, qaysıları turaqlı, al qaysıları turaqsız ekenligin qalay anıqlawımız múmkin? Bunı anıqlawdıń birden-bir jolı hár bir nuklonǵa tuwrı keletuğın baylanısıw energiyasın salıstırıwdan ibarat.

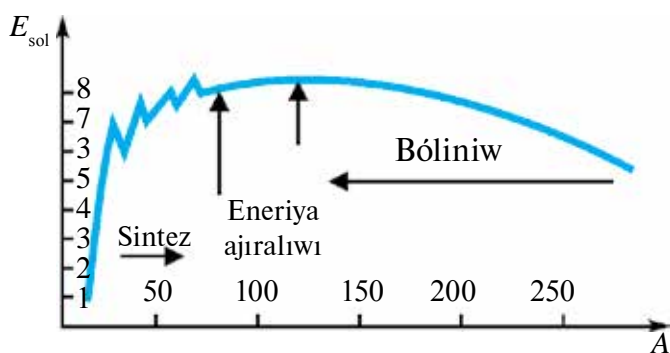
*Solıstırmalı baylanısıw energiyası  $E_{sal}$  dep, hár bir nuklonǵa tuwrı keletuğın baylanısıw energiyasına ayıladı, yaǵnıy:*

$$E_{sal} = \frac{E_{bayl}}{A}, \quad (7-12)$$

bul jerde:  $A$  — yadrodağı nuklonlar sanı.

7.7-súwrette salıstırmalı baylanısıw energiyası  $E_{sal}$  nıń massa sanı  $A$  ǵa baylanıslılıq grafıǵı keltirilgen. Kórinip turǵanıday,  $E_{sal}$  nıń túrli yadrolar

ushın mánisleri de hár túrli. Mendeleev elementler dáwirli sistemasınıń ortasında jaylasqan elementlerdiń yadroları biraz turaqlı. Bunday yadrolar ushın baylanısıw energiyası 8,7 MeV qa jaqın. Yadrodaǵı nuklonlardıń sanı artıwı menen baylanısıw energiyası kemeyip baradı. Dáwirli sistemanıń aqırındaǵı elementler (máselen, uran ushın) ol 7,6 MeV átirapında boladı. Bunıń sebebi – yadrodaǵı protonlardıń sanı artıwı menen olar arasındaǵı iyterisiw kúshiniń artıwı esaplanadı.



7.7-súwret.

Elektronnıń atomǵa baylanısıw energiyası 10 eV átirapında boladı. Demek, nuklonnıń yadroǵa baylanısıw energiyası, elektronnıń atomǵa baylanısıw energiyasınan million ese úlken eken.

Dál usınday, jeńil yadrolar ushın da salıstırmalı baylanısıw energiyası bir qansha kishi. Deyteriy ushın ol bar-joǵı 1,1 MeV nı quraydı.

Sonıń ushın da yadro energiyasın ajratıp alıwdıń eki túrli usılı hám demek, yadro energetikasınıń da eki túrli baǵdarı bar. Bulardan birinshisi, jeńil yadrolardı sintezlew bolsa, ekinshisi, awır yadrolardıń ıdırawı esaplanadı.



1. Atom yadrosınıń massa sanı neni kórsetedi?
2. Yadronıń baylanısıw energiyası dep qanday energiyaǵa ayıladı?
3. Massa defekti degenimiz ne?
4. Atom massasınıń qansha bólimi yadroda jámlengen?
5. Yadronıń zaryad sanı degende neni túsinemiz?

### Másele sheshiw úgileri:

Natriy  ${}_{11}^{23}\text{Na}$  hám ftor  ${}_{9}^{19}\text{F}$ , yadrolarınıń quramı qanday?

Juwabı:  ${}_{11}^{23}\text{Na} \rightarrow Z=11; N=A-Z=23-11=12;$

${}_{9}^{19}\text{F} \rightarrow Z=9; N=A-Z=19-9=10;$

## 40-tema. RADIOAKTIV NURLANÍWDÍ HÁM BÓLEKSHELERDÍ ESAPQA ALÍW USÍLLARÍ

**Bólekshelerdi alatuđın ásbaplardıń túrleri.** Radioaktiv zatlardıń nurlanıwın úyreniwdegi tiykarǵı maqset — radioaktiv ırıdawda shıǵarılatuđın bólekshelerdiń tabiyatın, energiyasın hám nurlanıw intensivligin (radioaktiv zat bir sekunda shıǵaratuđın bóleksheler sanın) anıqlawdan ibarat. Olardı jazıwdıń eń keń tarqalǵan usılları bólekshelerdiń ionlastırılıwına hám fotoximiyalıq tásirlerine tiykarlangan. Bul wazıypanı orınlawshı ásbaplar da eki túrge bólinedi:

1. Bólekshelerdiń keńisliktiń qanday da bir bóliminen ótkenligin esapqa alıwshı hám geypara jaǵdaylarda olardıń ayırım xarakteristikaları, máseken, energiyasın anıqlawǵa imkaniyat beretuğın ásbaplar. Bunday ásbaplarǵa scintillyaciyalıq (shaqnawshı) esaplaǵısh, Cherenkov esaplaǵıshı, gaz razryadlı esaplaǵısh, yarım ótkizgishli esaplaǵısh hám impulsli ionlastırıwshı kamera mısál bola aladı.

2. Bóleksheniń zattaǵı izin baqlawǵa, máseken, súwretke túsiriwge imkaniyat beretuğın ásbaplar. Bunday ásbaplarǵa Vilson kamerası, diffuziyalı kamera, sharikli kamera, fotoemulsiya usılı mısál bola aladı. Biz tómende olardıń ayırımları menen tanısp ótemiz.

Ulıwma alǵanda, eki túrli gaz razryadlı esaplaǵısh bar. Birinshisi, *proporcional esaplaǵısh* delinip, onda gaz razryadı erkin bolmaydı. Al, *Geyger — Myuller esaplaǵıshı* dep atalatuğın ekinshi túrli esaplaǵıshtıń gaz razryadı erkin boladı. Geyger — Myuller esaplaǵıshlarınıń ajırata alıw waqtı  $10^{-3}$ – $10^{-7}$  s tı quraydı, yaǵnıy sonday waqt aralıǵında túsken bóleksheler jazıp alınadı.

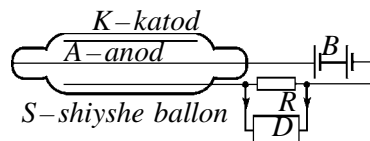
**Geyger esaplaǵıshı** — gazdıń ionlasıwına tiykarlangan.

*Ol* tek bólekshelerdiń ótiwin ǵana jazadı eken.

Geyger esaplaǵıshı ishki tárepi metall qatlamı (katod) penen qaplangan shiyshe ballon hám ballonniń kósheri boylap tartılǵan jıńishke metall tolıq (anod)tan ibarat. Shiyshe ballon *S* tómeken basın sharayatında gaz benen toltırıladı. Bunı cilindrli kondensator dep qaraw múmkin. Kondensatorǵa *B* batareyadan *R* qarsılıq arqalı kernew beriledi.

Eger kondensatorǵa zaryadlangan bóleksheni ushıp kirse, gaz molekuların ionlastırıp, gaz razryadın payda etedi.

Nátiyjede esaplag'ish arqalı tok óte baslaydı hám  $R$  qarsılıq boylap potencial kemeyedi. Kernewdiń bunday terbelisi  $D$  kúsheytkish hám mexanikalıq esaplag'ishtan ibarat jazıp alıwshı qurılmaǵa uzatıladı.



7.8-súwret.

Solay etip, Geyger esaplag'ishı hár bir ionlastırıwshı bóleksheni jazıp aladı. Onıń sezgirliǵı joqarı bolıp, sekundına 10000 bóleksheni jaza aladı.

**Sharikli kamera** – qızdırılǵan suyıqlıqtıń bólekshe traektoriyası boylap qaynawına tiykarlangan hám onıń traektoriyasın jazıp alatuǵın ásbap. Ol suyıq vodorod salınǵan, jaqtılandırıw hám súwretke alıw múmkin bolǵan shiyshe kameradan ibarat. Onıń kólemi  $3 \text{ cm}^3$  tan bir neshe metr kublarǵa shekem bolıwı múmkin. Sharikli kameranı oylap tapqanı ushın Geygerge 1960-jılı Nobel sıylıǵı berilgen.

Baslang'ish halatta kameradaǵı suyıqlıq joqarı basım astında boladı, sonıń ushın suyıqlıqtıń temperaturası atmosfıra basımındaǵı qaynaw temperaturasınan joqarı bolsa da, ol qaynap ketpeydi.

Tekserilip atırǵan bólekshe kameradan ushıp ótiwinde suyıqlıq molekuların ionlastıradı. Mine usı waqıtta suyıqlıqtıń basımı keńeytiwshı qurılma járdeminde keskin páseytiledi. Suyıqlıq júdá ıstılǵan halatqa ótedi hám qaynaydı. Bul waqıtta ionlarda júdá kishi puw sharikleri payda boladı. Sonıń ushın bóleksheniń pútkil jolı sharikler menen qaplangan boladı. Kameranı jaqtılandırıp, izlerdi baqlaw yaki fotosúwretke alıw múmkin.

Sharikli kameranıń Vilson kamerasınan abzallıǵı, onda jumısshı zat tıǵızlıǵınıń úlken bolıwı esaplanadı. Bunıń nátiyjesinde bóleksheler kúshli tormozlanadı hám biraz qısqa joldı ótip toqtaydı. Sol sebepli sharikli kamera járdeminde júdá joqarı energiyalı bólekshelerdi de tekseriw múmkin.

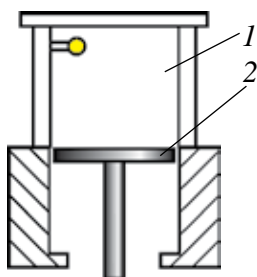
**Scintillyaciyalıq esaplag'ish.** Islew principini tez bólekshelerdiń fluoressiyalanıwshı ekrangá túsiwinde júz beretuǵın shaqnaw – scintillyaciyanıń baqlanıwına tiykarlangan. Payda bolǵan kúshsiz jaqtılıq shaqnawı elektr impulslarına aylandırıladı hám kúsheytilip, arnawlı apparatlar járdeminde jazıp alınadı.  $\alpha$ -bólekshe birinshi márte dál usınday esaplag'ish járdeminde (1903-jılı) jazıp alınǵan edi.

**Vilson kamerası** bólekshelerdiń izine qarap (*trek* – inglizshe – *iz*) jazıp alınadı.

Kamera 1911-jılı ingliz fizigi Ch. Vilson tárepinen jaratılǵan. Ol tez ushıp kiyatırǵan bólekshelerdiń puw tárizli halattaǵı zattan ótkeninde, usı zat molekuların ionlashtırıwına tiykarlangan.

Vilson kamerasının sxeması 7.9-súwrette kórsetilgen. Kameranın jumısshı kólemi ( $I$ ) suwdıń yaqı spirttıń toyınǵan puwı bolǵan hawa yaqı gaz benen toltırılǵan. Porshen (2) tómenge qarap tez qozǵalǵanda  $I$  kólemdegi gaz adiabatik ráwishte keńeyedi hám suwıydı. Nátiyjede gaz júdá toyınǵan halatqa keledi. Kameradan ushıp ótken bólekshe óz jolında ionlardı payda etedi hám kólem keńeygende kondensaciyalanǵan puwlardan tamshılar payda boladı. Solay etip, bólekshe artında jıńışke duman jol kórinisindegi iz qaladı. Bul izdi baqlaw yaqı súwretke túsiriw múmkin.

Alfa-bólekshe gazdı kúshli ionlastıradı hám sonıń ushın Vilson kamerasında qalıń iz qaldıradı (7.10-súwret). Beta-bólekshe — júdá jıńışke iz qaldıradı. Al, gamma-nurlanıw Vilson kamerasındaǵı gaz molekularınan urıp shıǵarǵan fotoelektronları járdeminde ǵana jazıp alınıwı múmkin.



7.9-súwret.



7.10-súwret.

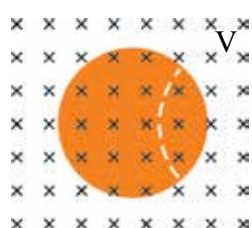
**Fotoemulsiya usılı.** 1927-jılı rus fizigi L. Misovskiy zaryadlanǵan bóleksheler izin jazıp alıwdıń ápiwayı jolın usınıs etti. Zaryadlanǵan bóleksheler fotoemulsiya arqalı ótkende, onda kórinis payda etiwshi ionizaciyanı júzege keltiredi. Súwret ashılǵannan keyin zaryadlanǵan bólekshelerdiń izleri kórinip qaladı. Emulsiya júdá qalıń bolǵanlıǵı ushın da bóleksheniń onda qaldırǵan izi júdá qısqa boladı. Sonıń ushın, fotoemulsiya usılı júdá joqarı energiyalı tezletkishlerden shıǵıp atırǵan bóleksheler hám kosmoslıq nurlar payda etetuǵın reakciyalardı úyreniw maqsetinde qollanıladı.



1. Bólekshelerdi jazıp alıwdıń tiykarǵı usılları olardıń qanday tásirlerine tiykarlanǵan?
2. Gaz razryadlı esaplaǵıstıń jumıs principı qanday?
3. Geyger — Myuller esaplaǵıshınıń jumıs principı hám ónimdarlıǵı qanday?
4. Fotoemulsiya usılı neden ibarat?

### Másele sheshiw úlgisi:

1. Eger Vilson kamerasına ushıp kirgen (7.9-súwretke qarań) elektron treki (izi)niń radiusı 4 cm, magnit maydanı indukciyası 8,5 mT bolsa, elektronniń tezligi qanday?

<p>Berilgen:</p> <p><math>R = 4 \text{ cm} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ m}</math></p> <p><math>B = 8,5 \text{ mT} = 8,5 \cdot 10^{-3} \text{ T}</math></p> <hr style="border: 0.5px solid black;"/> <p>Tabıw kerek:</p> <p><math>v = ?</math></p>	<p style="text-align: center;">Sheshiliwi:</p> <p style="text-align: center;">(1)</p> $F_{\lambda} = F_{mi}$ $e[\vec{v} \cdot \vec{B}] = \frac{mv^2}{R}, \quad evB = \frac{mv^2}{R},$ <p style="text-align: center;">(2)</p> $v = \frac{ReB}{m}$	
---	--	--

Berilgenlerden alamız  $v = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 8,5 \cdot 10^{-3} \text{ T} \cdot 4 \cdot 10^{-2} \text{ m}}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}} = 6 \cdot 10^7 \text{ m/s.}$

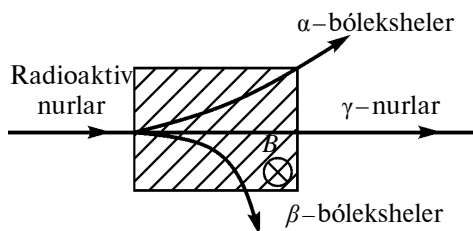
*Juwapı:*  $6 \cdot 10^7 \text{ m/s.}$

## 41-tema. RADIOAKTIV İDİRÁW NİZAMÍ

Francuz fizigi A. Bekkerel 1896-jılı uran duzlarında luminessenciya qubılısın úyrenip atırıp, tań qalarlıq hádiysege dus keldi. Uran duzın fotoplastinka ústinde qaldırğan Bekkerel plastinkanı ashqanında plastinkağa duzdıń súwreti ótip qalğanın kórdi. Tájiriybenni bir neshe máрте tákirarlağan Bekkerel, bunday duzlar qağazdan, juqa metallardan ańsat ótetuğın, hawanı ionlashtırırwshı, lyuminescenciya qubılısın payda etiwshi belgisiz nur shıǵaradı, degen juwmaqqa keldi.

Usı nurlar *radioaktiv nurlar* (latinsha *radius* – nur sózinen alınǵan), al radioaktiv nurlardı shıǵarıw *radioaktivlik* dep ataldı.

Rezerford tájiriybeler járdeminde radioaktiv nurlar bir tekli emes, al bir neshe nurlardan ibarat ekenligin anıqladı. Súwret tegisligine perpendikulyar baǵdarlangan magnit maydanınan ótkizilgen nur (7.11-súwret) úshew:  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  – nurlarǵa ajralıp ketti. Olardıń birinshisi – geliy yadrosınıń aǵımı, ekinshisi – elektronlar aǵımı, al úshinshisi  $\gamma$  – kvantlar (fotonlar) aǵımı esaplanadı.



7.11-súwret.



**Табиий радиоактивлик.** Уран радиоактив nur shıǵaratuǵın birden-bir element emes. Radioaktivlikti hár tárepleme tereń úyrengen erli-zayıp Mariya hám Pyer Kyuriler uran rudasınan eki radioaktiv element – poloniy (Po) hám radiy (Ra)lardı ajıratıp alıw húrmetine miyasar boldı. Tabiiy radioaktiv elementler jerdiń qálegen jerinde bar. Ol hawada, suwda, topıraqta, janlı organizmniń kletkalarında, azıq-awqatlarda qálegenshe tabıladı. Tabiyatta eń kóp tarqalǵan radioaktiv izotoplar  $^{40}\text{K}$ ,  $^{14}\text{C}$ , uran hám toriy izotopları tuwısı esaplanadı.

Sonı ayırıqsha atap ótiw lazım, radioaktivlik izotoptıń taza halda yaki qanday da bir birikpe quramına kiriwine, qanday agregat halatta bolıwına ulıwma baylanıslı emes. Sonıń menen birge, basım da, temperatura da, elektr maydanı da hám magnit maydanı da tabiiy radioaktivlikke tásir kórsete almaydı. Demek, radioaktivlik yadro ishindegi proceslerge ǵana baylanıslı, degen juwmaqqa keliwden basqa ilajımız joq.

**Tabiiy radioaktivlik dep, stabil emes izotoplar atomı yadrolarınıń túrli bóleksheler shıǵarıw hám energiya bólip shıǵarıw menen stabil izotoplarǵa aylanıwına aytiladı.**

Solay etip, radioaktivlik atom yadrosı hám onda bolatuǵın procesler haqqında maǵlıwmat beretuǵın dereklerden biri esaplanadı.

**Radioaktiv ıdıraw nızamı.** Yadronıń radioaktiv nur shıǵarıw menen basqa yadroǵa aylanıwı *radioaktiv ıdıraw* yaki ápiwayı ǵana ıdırawı delinedi. Radioaktiv ıdıraǵan yadro ana yadro, al payda bolǵan yadro bala yadro delinedi. Solay eken, bul ıdıraw qanday da bir nızamǵa boysına ma? Kóplegen tájiriyebelardıń kórsetiwinshe, qaralıp atırǵan kólemdegi radioaktiv atomlar sanı waqıt ótiwi menen kemeyip baradı. Ayırım elementlerde bul kemeyiw minutlar, hátte sekundlar dawamında júz berse, ayırımlarında milliardlap jil dawam etedi. Ulıwma alǵanda, yadronıń ıdırawı kútilmegen qubılıs esaplanadı. Sonıń ushın, ol yaki bul yadronıń berilgen waqıt aralıǵında ıdırawı statistika nızamlarına boysınadı. Radioaktiv elementtiń tiykarǵı xarakteristikalarından biri hár bir yadronıń bir sekund dawamında ıdıraw itimalı menen anıqlanatuǵın shama. Ol  $\lambda$  háribi menen belgilenedi hám radioaktiv ıdıraw turaqlısı delinedi.

Eger baslanǵısh moment  $t=0$  de  $N_0$  radioaktiv atom bar bolsa,  $t$  momentte qalǵan radioaktiv atomlardıń sanı

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \quad (7 - 12)$$

nizamga muvopiq aniqlanadi. Bul jerde:  $e \approx 2,72$ -natural logarifmniñ tiykari. (7–12) añlatpa radioaktiv ıdıraw nizamı delinedi.

**Yarım ıdıraw dáwiri.** Radioaktiv ıdıraw intensivligin xarakterlewshi shamalardan biri yarım ıdıraw dáwiri esaplanadi. Yarım ıdıraw dáwiri  $T$  dep, baslanğısh yadrolardıñ sanı ortasha eki ese kemeyiwi ushın zárúr bolatugın waqıtqa aytiladi.

Eger  $t=T$  bolsa, onda  $N = \frac{N_0}{2}$  hám radioaktiv ıdıraw nizamına muvopiq:

$$\frac{N_0}{2} = N = N_0 e^{-\lambda T}.$$

Usı formulanı potencirlep tóمندegini alamız:

$$\lambda T = \ln 2 \text{ yaki } T = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda} \quad (7-13)$$

nı payda etemiz.

Türli izotoplar ushın yarım ıdıraw dáwiri júdá keñ intervalda ózgeredi. Ol uran ushın 4,56 mlrd. jılga teñ bolsa, poloniy izotopı ushın bar-joğı  $1,5 \cdot 10^{-4}$  s tı quraydı.

Radioaktiv ıdıraw tóمندegishe de añlatılıwı múmkin:

$$N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}, \quad (7-14)$$

bul jerde  $T$  – yarım ıdıraw dáwiri.

**Aktivlik.** Radioaktiv derektiñ aktivligi ( $A$ ) dep, 1 s tağı ıdırawlar sanına aytiladi:

$$A = \frac{dN}{dt}, \quad (7-15)$$

Aktivliktiñ SI dağı birligi – Bekkerel (Bk): dep, 1 s ta 1 ıdıraw júz beretuğın aktivlikke aytiladi.  $1 \text{ Bk} = 1 \text{ ıdır.}/1 \text{ s} = 1 \text{ s}^{-1}$ . Házirge shekem yadro fizikasında sistemağa kirmeytuğın nuklid aktivliginiñ birligi – kyuri (Cu) qollanıladı:  $1 \text{ Cu} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bk}$ .

**Radioaktiv elementler tuwısı.** Tártip nomeri 83 ten úlken bolğan elementler izotoplarınıñ barlığı radioaktiv esaplanadi. Tabiiy radioaktiv elementler, ádette, tórt qatarğa jaylastırılıadı. Dáslepki elementten basqa barlığı aldınğısınıñ radioaktiv ıdırawı nátiyjesinde payda boladı.

${}_{92}^{238}\text{U}$  uran tuwısı qorgasınıñ stabil izotopı  ${}_{82}^{206}\text{Pb}$  menen tamamlanadi. Al, toriy  ${}_{90}^{232}\text{Th}$  diñ tuwısı qorgasınıñ basqa stabil izotopı  ${}_{82}^{208}\text{Pb}$  menen, aktiniy  ${}_{89}^{235}\text{Ac}$  nıñ tuwısı qorgasınıñ stabil izotopı  ${}_{82}^{207}\text{Pb}$  menen,

al neptuniy  ${}_{93}^{237}\text{Np}$  niñ tuwısı vismuttıñ stabil izotopı  ${}_{83}^{209}\text{Bi}$  menen tamamlanadı.

### Másele sheshiw úlgisi:

1. Uran  ${}_{92}^{233}\text{U}$  neshe  $\alpha$  bóleksheler shıǵargannan keyin vismut  ${}_{83}^{209}\text{Bi}$  ǵa aylanadı?

*Juwabi:*  ${}_{92}^{233}\text{U} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_{90}^{229}\text{Th}$ .  ${}_{90}^{229}\text{Th} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_{88}^{225}\text{Ra}$ .  ${}_{88}^{225}\text{Ra} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_{86}^{221}\text{Rn}$ .  ${}_{86}^{221}\text{Rn} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_{84}^{217}\text{Po}$ .  ${}_{84}^{217}\text{Po} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_{82}^{213}\text{Pb}$ .  ${}_{82}^{213}\text{Pb} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_{80}^{209}\text{Hg}$ .

*Juwb:* 6 ta

## 42-tema. YADROLIQ REAKCIYALAR. AWISIW NIZAMI

**I Yadrolıq reaksiyalar.** Yadrolıq reaksiyalar atom yadrolarınıñ óz ara bir-biri menen yaqi yadro bóleksheleri menen reaksiyaǵa kiriwi nátiyjesinde basqa yadrolarǵa aylanıwınan ibarat.

Yadrolıq reaksiyalarda: elektr zaryadınıñ, nuklonlar sanınıñ, energiyanıñ, impulstıñ, impuls momentiniñ saqlanıw nızamları orınlanadı. Barlıq reaksiyalar reaksiya procesinde bólinip shıǵatuǵın yaqi jutılatuǵın energiya menen xarakterlenedi. Energiya bólinip shıǵıwı menen júz beretuǵın reaksiyalarǵa **ekzotermalıq**, al energiya jutılıwı menen júz beretuǵın reaksiyalarǵa **endotermalıq** reaksiyalar delinedi.

**Yadrolıq reaksiyalardıñ túrleri.** Yadrolıq reaksiyalar tómendegi belgilerine qarap túrlerge bólinedi:

1. Onda qatnasıp atırǵan bólekshelerdiñ túrlerine qarap, neytronlar,  $\gamma$ -kvantlar, zaryadlanǵan bóleksheler (proton, deytion,  $\alpha$ -bólekshe hám t.b.) tásirinde júz beretuǵın reaksiyalar.

Reaksiyada qatnasıwshı bólekshelerdiñ energiyasına qarap, kishi energiyalı ( $\approx 100$  eV); orta energiyalı ( $\approx 1$  MeV) hám joqarı energiyalı ( $\approx 50$  MeV) reaksiyalarǵa bólinedi.

Qatnasıwshı yadrolardıñ túrine qarap, jeñil yadrolarda ( $A < 50$ ); orta yadrolarda ( $50 < A < 100$ ); awır yadrolarda ( $A > 100$ ) ótetuǵın reaksiyalar.

Yadrolıq aylanıwlardıñ xarakterine qarap, neytron shıǵarıwshı; zaryadlanǵan bóleksheler shıǵarıwshı; bólekshe jutıwshı reaksiyalar boladı.

**Reaksiyada energiya bólinip shıǵıwı.** Yadrolıq reaksiyada energiya bólinip shıǵıwı dep, reaksiyaǵa shekem hám onnan keyin yadrolar hám bólekshelerdiń tınıshlıqtaǵı energiylarınıń ayırmashılıǵına aytıladı. Sonday-aq, yadro reaksiyasında energiya bólinip shıǵıwı reaksiyada qatnasıp atırǵan hám reaksiyadan keyingi kinetikalıq energiylarınıń ayırmashılıǵına teń. Eger reaksiyadan keyin yadro hám bólekshelerdiń kinetikalıq energiyları reaksiyaǵa shekem bolǵannan úlken bolsa, onda energiya bólinip shıqqan boladı. Keri jaǵdayda energiya jutıladı. Máselen,



Reaksiyada payda bolǵan geliy yadrolarınıń kinetikalıq energiyları reaksiyaǵa kirirken protonnıń kinetikalıq energiyasınan 7,3 MeV ǵa kóp.

**Bor teoriyası.** Bor usınıs etken teoriyaǵa muwapıq, yadro reaksiyası eki basqısha júz beredi. Birinshi basqısha nıshan yadro A oǵan baǵdarlanǵan bólekshe menen qosılıp ketedi hám jańa qozıp atırǵan halattaǵı C yadronı payda etedi:  $A + a \rightarrow C$ . Al, ekinshi basqısha qozıp atırǵan yadro C yadro reaksiyası ónimlerine ıdırap ketedi:  $C \rightarrow b + B$ . Solay etip, yadro reaksiyası tómendegi sxemaǵa muwapıq júz beredi:



**Alfa-nurlanıw.** Atom yadrosındaǵı nuklonlar mudamı qozǵalısta hám óz ara aylanıwda boladı. Yadro ishinde payda bolatuǵın eń turaqlı ónim eki proton hám eki neytronnan ibarat bolǵan ónim esaplanadı. Yadro ishindegi energiya bólistirilwiinde, mine, usı yadronıń tiykarǵı energiyasın ózine alıwı hám belgili sharayatlarda  $\alpha$ -bólekshe sıpatında onı tárk etiwı múmkin.

Atom yadrosınıń  $\alpha$ -bólekshe shıǵarıw menen basqa yadroǵa aylanıwı **alfa-nurlanıw** (ıdıraw) delinedi.

Eger  ${}^A_Z\text{X}$  ana yadro bolsa,  $\alpha$ -nurlanıw nátiyjesinde bul yadronıń basqa yadroǵa aylanıwı tómendegi sxema tiykarında júz beredi:



bul jerde:  ${}^{A-4}_{Z-2}\text{Y}$  – bala yadronıń belgisi,  ${}^4_2\alpha$  – geliy ( ${}^4_2\text{He}$ ) atomınıń yadrosı ( $\alpha$ -bólekshe),  $h\nu$  – qozıp atırǵan  ${}^{A-4}_{Z-2}\text{Y}$  – yadro shıǵaratuǵın kvant.

(7-18) den kórinip turǵanıday,  $\alpha$ -nurlanıw nátiyjesinde yadronıń massa sanı 4 ke, al zaryadı 2 elementar oń zaryadqa kemeyedi. Basqasha aytqanda,  $\alpha$ -nurlanıw nátiyjesinde ximiyalıq elementtiń Mendeleev elementler dáwirli sistemasındaǵı ornı eki ketek shepke awısadı. Bul jaǵday **awısıw qaǵıydası** delinedi. Ol elektr zaryadı hám massa sanı saqlanıw nızamlarınıń nátiyjesi esaplanadı.

**Beta-nurlaniv.** Yadroda nuklonlardin bir-birlerine aylaniv menen baylanisli bolgan basqa ozgerisler de jüz beredi. Máselen, yadro elektronlar aǵımın shıǵarivı múmkin. Bul jaǵday ***β-nurlaniv*** (ıdırav) dep ataladı.

Awısv qaǵıydasına muwapıq,  $\beta$ -nurlanıwda yadronın massa sanı ózgermeydi:



Bul ańlatpadan kórinip turǵanıday,  $\beta$ -nurlanıw nátiyjesinde ximiyalıq element Mendeleev dáwirli sistemasında bir ketekke ońa awısadı.

**Radioaktiv aylanıwlar.** Joqarıdaǵı reakciyalardan kórinip turǵanıday, olardıń járdeminde bir ximiyalıq elementlerdi basqasına aylandırıw hám usı jol menen jasalma ráwishte radioaktiv elementlerdi payda etiw múmkin. Bunday reakciyalarga radioaktiv aylanıwlar delinedi.

Ulıwma alǵanda, jasalma hám tabiiy radioaktivlik ortasında hesh qanday ayırmashılıq joq. Sebebi, izotoptın qásiyetleri onın payda bolıw usılına ulıwma baylanisli emes hám jasalma izotop tabiiy izotoptan hesh qanday parıqlanbaydı.

**Gamma-nurlanıw.** Francuz fizigi P. Villar 1900-jılı qorǵasındı  $\alpha$  hám  $\beta$ -bóleksheler menen nurlandırılǵanda qanday da qaldıq nurlanıw bolatuǵının anıqlaǵan. Bul nurlanıw magnit maydanı tásirinde óz baǵıtınan awıspaǵan. Ionlastırıw qábileti bir qansha kishi, al sıǵış qábileti rentgen nurlarınikinen de bir qansha kúshli bolgan. Onı  $\gamma$ -nurlanıw dep ataǵan.

$\gamma$ -nurlanıw da rentgen nurları sıyaqlı elektromagnit tolqınlar esaplanadı. Olar tek payda bolıwı hám energiyaları menen bir-birinen parıqlanadı. Eger rentgen nurları orbital elektronlardın qozıwı hám tez elektronlardın tormozlanıwınıń nátiyjesi bolsa,  $\gamma$ -nurlanıw yadrolardıń bir-birine aylanıwında payda boladı.

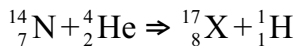
Ulıwma alǵanda, yadro radioaktiv ıdırav yaki jasalma ráwishte yadrolardıń bir-birine aylanıwı nátiyjesinde qozıp atırǵan halatqa ótedi. Ol qozıp atırǵan halattan tiykarǵı halatqa ótkeninde  $\gamma$ -nurlanıw shıǵaradı. Onın energiyası bir neshe kiloelektron-volttan, bir neshe million elektron-voltqa shekem bolıwı múmkin.  $\gamma$ -nurlanıw zattan ótkende onın dáslepki intensivligi biraz kemeyedi. Bunın sebebi – fotoeffekt, kompton effekti hám elektron-pozitron juplıǵınıń payda bolıwı.



1. Yadro reaksiyalarında qanday saqlanıw nızamları orınlanadı?
2. Alfa-nurlanıw dep nege aytiladı?
3.  $\beta$ -nurlanıw dep nege aytiladı?
4.  $\gamma$ -nurlar qanday nurlar? Ol rentgen nurlarınan nesi menen pariqlanadı?

**Másele sheshiw úlgisi:**

Tómendegi reaksiyada belgisiz ónim X tı tabıń.



Juwabi:  ${}_{8}^{17}\text{O}$ .

**43-tema. ELEMENTAR BÓLEKSHELER**

**Elementar bóleksheler.** «Elementar» sóziniń sózlik mánsi «eń ápiwayı» degen mánistı ańlatadı. Búgingi künge shekem belgili bólekshelardi elementar dep ataw onsha tuwrı bolmasa da, dáslepki payıtlarda kirgizilgen bul ibaradan elege shekem paydalanıladı. Ulıwma alganda, bóleksheler endi ǵana oylap tabıla baslaǵanda materiyanıń eń kishi bólekshesi sıpatında qabil etilgen hám haqıyqattan da elementar dep esaplangan. Biraq, olardıń ayırımlarınıń (sonıń ishinde, nuklonlardıń) quramalı dúziliske iye ekenligi keyinirek belgili bolıp qalǵan. Házirgi payıtta 300 den aslam elementar bóleksheler bar. Olardıń kópshiligi stabil emes bolıp, áste-aqırın jeńil bólekshelerge aylanadı.

**Elektron.** Birinshi oylap tabılǵan elementar bólekshe elektron esaplanadı. Katod nurlarınıń qásiyetlerin úyrenip atırǵan Dj. Tomson, bul teris zaryadlangan bólekshe elektronlar aǵımınan ibarat ekenligin anıqladı. Bul waqıya 1897-jılı 29-aprelde júz bergen edi hám usı sáne birinshi elementar bólekshe oylap tabılǵan kún esaplanadı.

**Foton.** 1900-jılı M.Plank jaqtılıqtıń foton dep atalatuǵın bóleksheler aǵımınan ibarat ekenligin kórsetti. Foton elektr zaryadına iye emes, tınıshlıqtaǵı massası nolge teń, yaǵnıy foton jaqtılıq tezligine teń tezlik penen qozǵalıw halatında ǵana bar bolıwı múmkin.

**Proton.** 1919-jılı E. Rezerford tájiriybelerinde, azottıń  $\alpha$ -bóleksheler menen bombalanıwı nátiyjesinde, vodorod atomınıń yadrosı proton oylap tabılǵan. Onıń zaryadınıń muǵdarı elektronnıń zaryadına teń bolǵan, oń zaryadlangan bóleksheler esaplanadı. Massası elektronnıń massasınan 1836 ese úlken.

**K-mezonlar.** 1950-yillardan baslap oylap tabilatuđın bólekshelerdiń sanı keskin artıp bardı. Bulardıń qatarına K-mezonlar da kiredi. Olardıń zaryadı oń, teris, nol bolıwı múmkin. Al, massaları 966–974  $m_e$  átirapında.

**Giperonlar.** Keyingi bóleksheler toparı giperonlar delinedi. Olardıń massaları 2180  $m_e$  den 3278  $m_e$  ğa shekem aralıqta boladı.

**Rezonanslar.** Keyingi payıtlarda jasaw dáwirleri júdá kishi bolğan rezonanslar dep atalatuğın bóleksheler oylap tabıldı. Olardı tikkeley jazıp alıwdıń ilajı bolmay, payda bolğanı ıdırawında payda bolğan ónimlerge qarap anıqlanadı.

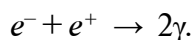
Ulıwma alğanda, dáslepki payıtlarda bar-joğı bir neshe ğana hám materiyanıń eń kishi gerbishleri dep esaplangan elementar bóleksheler keyin ala, sonshelli hár qıylı hám sonshelli quramalı bolıp shıqtı.

**Antibóleksheler.** Birinshi antibólekshe – elektronniń antibólekshesi (qarama-qarsı bólekshesi) – pozitron oylap tabılğannan soń, basqa bólekshelerdiń de antibólekshesi joq pa eken, degen soraw tuwıldı. Antiproton 1955-jılı mıs nıshananı protonlar menen bombalaw nátiyjesinde payda etildi. Al, 1956-jılı antineutron oylap tabıldı. Házirgi payıtta hár bir bóleksheniń óz antibólekshesi, yađnıy massası hám spini teń, al zaryadı qarama-qarsı bolğan bólekshe bar ekenligi anıqlangan.

Elektron hám protonlardıń antibóleksheleri zaryadınıń belgisi menen parıqlansa, neytron hám antineutron jeke magnit momentleriniń belgisi menen parıqlanadı. Zaryadsız bóleksheler foton,  $\pi^0$ -mezonlardıń ózleri hám antibóleksheleriniń fizikalıq qásiyetleri birdey.

Antibóleksheler haqqında mağlıwmatqa iye bolğannan keyin oqıwshıda bólekshe hám antibólekshe ushırasıp qalsa, ne boladı, degen soraw tuwılıwı tabiiy. Usı sorawğa juwaptı keyingi qatarlarda tabasız.

**Zat hám maydanniń bir-birine aylanıwı.** Elektronniń óz antibólekshesi – pozitron menen ushırasıwı olardıń elektromagnit nurlanıw kvantına aylanıwına hám energiya bólinip shıǵıwına alıp keledi. Bul qubılıs annigilyaciya delinedi:



Tek elektron hám pozitron emes, al barlıq bóleksheler de óz antibóleksheleri menen ushırasqanda annigilyaciyağa kirisedi. Basqasha aytqanda, olar elektromagnit maydan kvantlarına (fotonlarğa) aylanadı.

Bul jađdayda annigilyaciya sózi onsha qolaylı tańlanbağan. Sebebi ol latınsha «jođalıw» degen mánisti ańlatadı. Al, negizinde bólekshe

hám antibólekshe ushırasqanda hesh qanday joǵalıw júz bermeydi. Barlıq saqlanıw nızamları tolıq orınlanadı. Tek materiya zat kórinisinen elektromagnit maydan kvantları kórinisine ótedi.

Energiyası elektron hám pozitronnıń tınıshlıqtaǵı energiyaları jıyındısınan úlken bolǵan  $\gamma$ -kvant  $E_\gamma > 2m_0c^2 = 1,02$  MeV yadronıń janınan ótkende elektron-pozitron juplıǵına aylanıwı múmkin:

$$\gamma \rightarrow e^- + e^+.$$

Elektron-pozitron juplıǵınıń payda bolıwı hám olardıń annigilyaciyası materiyanıń eki forması (zat hám maydan) óz ara bir-birine aylanıwların kórsetedi.

**Elementar bóleksheler tásirlesiwiniń túrleri.** Zamanagóy túsiniń boyınsha, tabiyatta tórt túrli fundamental tásirlesiw bar. Bular kúshli, elektromagnitlik, kúshsiz hám gravitaciyalıq tásirlesiwler esaplanadı. Bul tásirlesiwlerdiń hár birin ámelge asıratuǵın bóleksheler hám hár birine sáykes keletuǵın óz maydanları bar. Adronlar – barlıq túrdegi fundamental tásirlesiwlerde qatnasadı. Bul klasqa barionlar hám  $\pi$ -mezonlar kiredi. Barionlar +1 barion zaryadına, al antibóleksheler –1 barion zaryadına iye. Mezonlardıń barion zaryadı nolge teń. Barionlardıń spini yarım sanlı, al mezonlardiki pütün san. Nuklonlar hám nuklonlarǵa bólinetuǵın awırırmaq bóleksheler de barionlarǵa kiredi. Massası nuklonnıń massasınan úlken bolǵan barionlarǵa giperonlar delinedi.

Leptonlar – kúshli tásirlesiwden basqa hár úsh tásirlesiwlerde de qatnasadı. Leptonlar («leptos» grekshe – jeńil) elektronlar, pozitronlar,  $\mu$ -mezonlar hám neytrinolar esaplanadı. Leptonlar +1 lepton zaryadına, al antibóleksheler –1 lepton zaryadına iye.

Fotonlar – gravitaciyalıq hám elektromagnitlik tásirlesiwlerde qatnasatuǵın bóleksheler.

Gravitonlar – tek gravitaciyalıq tásirlesiwde qatnasadı dep esaplanatuǵın bóleksheler. Sońǵı tájiriybeler gravitaciyalıq tolqınlardı esapqa alıp atırǵan bolsa da, gravitonlardıń bar bolıwı aqırına shekem bólistirilmege.

Barlıq elementar bóleksheler bir-birine aylanıp turadı hám bul aylanıwlar olardıń bar ekenliginiń tiykarǵı faktori bolıp esaplanadı.

1964-jılı amerikalı fizikler M. Gel-Man hám J. Cveygler kvarklar dep atalatuǵın qıyalıq bóleksheler bar ekenligin boljadı. Olardıń pikirinshe, adronlar kvarklardan quralǵan. Házirgi kúnde olardıń bar ekenligin tastıyıqlaytuǵın tájiriybe nátiyjeleri bar.



Kvarklar kúshli, kúshsiz hám elektromagnitlik tásirlesiwlerde qatnasadı. Barlıǵı bolıp kvarklar altaw. Olar latin háripleri menen belgilenip, úsh (u,d), (c,s), (t,b) tuwısqa bólinedi. Altı kvarktıń hár biri óz “iyisi” menen ajratıladı hám olar úsh – sarı, kók hám qızıl «reńde» boladı. Dáslep oǵan, d, s kvarklar kirgizildi. Al, keyin ala olarǵa «shıraylı» c (charm), “gózzal” b (beautn) hám «haqıyqıy» t (truth) kvarkları qosıldı. u, c, t kvarklardıń elektr zaryadı elektron bóleksheleriniń  $+2/3$  bólimine, al qalǵanlarıniki  $-1/3$  bólimine teń. Antikvarklar sáykes ráwishte qarama-qarsı elektr zaryadına iye. Kvarklardıń spini  $\hbar$  birliginde beriledi. Kvarktıń úlkenligi  $10^{-18}$  den aspaydı, yaǵnıy kvark protonnan keminde  $10^3$  (mıń) ese kishi. Protondı  $E \approx 2 \cdot 10^4$  MeV energiyalı elektronlar menen bombalaw ondaǵı zaryad proton ishinde úsh jerde sáykes ráwishte  $+2/3q_e, +2/3q_e$  hám  $-1/3q_e$  sıyaqlı jaylasqanın kórsetti.

Neytron da bir  $u(q_u = \frac{2}{3}q_e)$  hám eki  $d(q_d = -\frac{1}{3}q_e)$  kvarklardan quralǵan.

Mezonlar kvarklar hám antikvarklardan quralǵan. Máselen,  $\pi^+$ -mezon  $u\bar{d}$  sıyaqlı quralǵan. Bul jerde:  $\bar{d}-d$  – kvarktıń antibólekshesi.

### Nuklonlardıń kvarklardan dúziliwi

Nuklon	Elektron zaryad	Quramı	Kvarklardıń elektr zaryadı
Proton	$+q_e$	$u, u, d$	$+\frac{2}{3}q_e, +\frac{2}{3}q_e, -\frac{1}{3}q_e$
Neytron	0	$u, d, d$	$+\frac{2}{3}q_e, -\frac{1}{3}q_e, -\frac{1}{3}q_e$

Zamanagóy teoriyalarǵa muwapıq jeti tiykarǵı bóleksheler bar bolıp, qalǵanların olardan dúziw múmkin. Bular kvark, antikvark, glyuon, graviton hám úsh xigson.

Leptonlar hám kvarklar jáne de maydaraq bólekshelerden quralǵan degen teoriyalar da joq emes.

Házirgi payıtta alımlardıń tiykarǵı dıqqatı elementar bólekshelerdiń «Standart modeli»ne qaratılǵan. Ásirese 2012-jıl 4-iyulda Xiggs Bozoni oylap tabılǵanı haqqındaǵı maǵlıwmatlar járiyalangannan keyin bul modelge qızıǵıwshılıq jáne de kúsheydi.

Sonín menen birge «Standart model»de tek úsh: kúshli, kúshsiz hám elektromagnitlik tásirlesiwler ǵana birlestirilip, tórtinshi gravitaciyalıq reakciya qaralmaydı.



1. «Elementar» sózi qanday mánisti ańlatadı?
2. Házir neshe bólekshe bar ekenligi anıqlanǵan?
3. Bólekshe hám antibólekshe ushıraqanda qanday qubılıs jüz beredi?
4. Zat hám maydanı bir-birine aylana ma?
5. Kvarklar qanday bóleksheler?

### Másele sheshiw úlgisi:

Elementar bólekshe pi-nol-mezon ( $\pi^0$ ) eki  $\gamma$  – kvantqa ıdıraydı. Eger bul bóleksheniń tınıshlıqtaǵı massası 264,3 elektron massasına teń bolsa,  $\gamma$  – nurlanıw jiyiligin tabıń.

Berilgen:	Sheshiliwi:
$\pi^0 \rightarrow 2\gamma$ $m_\pi = 264,3 m_e$	Energiyanıń saqlanıw nızamına muwapıq $E_\pi = 2E_\gamma \Rightarrow m_\pi c^2 = 2h\nu \Rightarrow \nu = \frac{264,3 m_e c^2}{2h}$
Tabıw kerek: $\nu = ?$	$m_e c^2 = 0,511 \text{ MeV dan}$ $\nu = \frac{264,3 \cdot 0,511 \cdot 10^6 \text{ eV}}{2 \cdot 4,136 \cdot 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}} = \frac{264,3 \cdot 0,511}{8,272} \cdot 10^{21} \text{ Hz} =$ $= 16,33 \cdot 10^{21} \text{ Hz.}$
	<i>Juwabı:</i> $16,33 \cdot 10^{21} \text{ Hz.}$

## 44-tema. ATOM ENERGETIKASINIŃ FIZIKALIQ TIYKARLARI. YADRO ENERGIYASINAN PAYDALANĜANDA QAWIPSIZLIK ILAJLARI

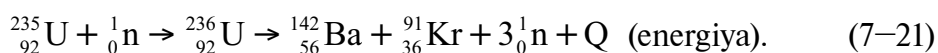
**Awır yadronıń bóliniwi.** Awır yadrolardıń bóliniw imkaniyatın, 7.12-súwrette keltirilgen salıstırmalı baylanısıw energiyasınıń massa sanına baylanıslılıq grafigi tiykarında túsindiriw múmkin. Bul grafikten kórinip turǵanıday, awır yadrolardıń salıstırmalı baylanısıw energiyası Mendeleev kesmesiniń orta bólimindegi elementlerdiń salıstırmalı baylanısıw energiyasınan 1 MeV ǵa kishi. Demek, awır yadrolar orta yadrolarǵa aylansa, onda hár bir nuklon ushın 1 MeV dan energiya bólinip shıǵadı eken.

Eger 200 nuklonli yadro bólinse, onda  $\approx 200$  MeV átirapında energiya bólinip shıǵadı hám onıń tiykarǵı bólimi ( $\approx 165$  MeV) yadro ıdırawınıń kinetikalıq energiyasına aylanadı.

**Uran yadrosınıń bóliniwi.** 1938–1939-jılları nemis fizikleri O. Gan hám F. Shtrasmanlar neytron menen bombalangán uran yadrosı eki (geyde úsh) bólekke bóliniwi hám bunda úlken muǵdarda energiya bólinip shıǵatuǵınıń anıqladı. Bul bóliniwde dáwirli sistemanıń orta elementleri esaplangán bariy, lantan hám basqalar payda boladı.

Tájiriybe nátiyjeleri tómendegishe analizlendi. Neytrondı jutqan uran yadrosı qozıp atırǵan halatqa ótedi hám eki bólekke ıdırap ketedi. Bunıń sebebi – protonlar arasındadı kulon iyterisiw kúshiniń yadro tartısıw kúshlerinen úlken bolıp qalıwı esaplanadı. Yadro bóleksheleri oń zaryadlangán bolǵanlıǵı ushın da bir-birlerin kulon kúshi tásirinde iyteredi hám joqarı tezlik penen atılıp ketedi. Bir payıttıń ózinde 2–3 ekilemshi neytron bólinip shıǵadı. Tájiriybelardıń kórsetiwinshe, ekilemshi neytronlardıń tiykarǵı bólimi ushıp shıǵıp atırǵan, qozǵan bólekshelerden ajıraladı.

Bóliniw ónimleri hár túrli bolıp, derlik 200 túrli kóriniske iye bolıwı múmkin. Massa sanı 95 ten 139 ǵa shekem bolǵan yadrolardıń payda bolıw itimalı eń joqarı boladı. Teń massalı bóliniw itimalı biraz kishi hám siyrek jaǵdaylarda ǵana júz beriwi múmkin. Bóliniw reaksiyasınıń tómendegishe jaǵdayı eń kóp júz beredi:

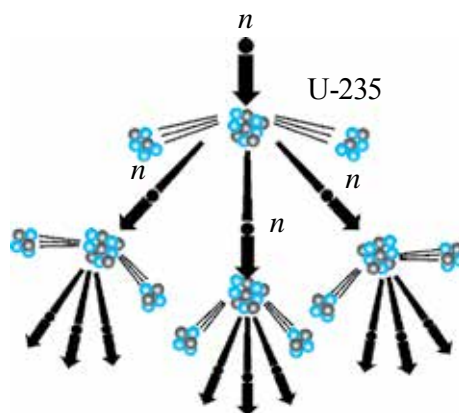


Keyingi izleniwlerdiń kórsetiwinshe, neytron tásirinde basqa awır elementlerdiń yadroları da ıdırawı múmkin eken. Bular  ${}_{92}^{238}\text{U}$ ,  ${}_{94}^{239}\text{Pu}$ ,  ${}_{90}^{232}\text{Th}$  hám basqalar.

**Úzliksiz shınjır reakciyası.** Joqarıda atap ótilgenindey, hár bir uran yadrosı bólingende yadro bóleklerinen tısqarı 2–3 neytron da ushıp shıǵadı. Óz gezeginde, bul neytronlar da basqa uran yadrosına túsiwi hám olardıń da ıdırawına alıp keliwi múmkin. Nátiyjede 4–9 neytron payda boladı hám sonsha yadronı ıdıratıp, 8 den 27 ge shekem neytronlardıń payda bolıwına sebep boladı. Solay etip, óz-óziniń ıdırawın kúsheytiwshi process payda boladı (7.12-súwret). Bul process úzliksiz *shınjır reakciyası* delinedi.

Shinjir reaksiyası ekzotermalıq reaksiya esaplanadı, yaǵnıy reaksiya joqarı muǵdardaǵı energiya bólinip shıǵıwı menen júz beredi. Biz joqarıda bir uran yadrosı bólingende 200 MeV energiya bólinip shıǵatúǵını haqqında jazǵan edik. Endi 1 kg uran ıdıraǵanda qansha energiya bólinip shıǵatúǵının esaplayıq (1 kg uranda  $2,5 \cdot 10^{24}$  yadro bar):

$$E \approx 200 \text{ MeV} \cdot 2,5 \cdot 10^{24} = 5 \cdot 10^{26} \text{ MeV} = 8 \cdot 10^{13} \text{ Dj.} \quad (7-22)$$



7.12-súwret.

Bunday energiya 1800 t benzin yaki 2500 t taskómir janganda bólinip shıǵıwı múmkin. Mine, usınshama joqarı energiyanıń bólinip shıǵıwı alımlardı shinjir reaksiyasınan ámelde (hám tınıshlıq, hám áskeriy maqsetlerde) paydalanıw jolların izlewge shaqıradı. Shinjir reaksiyasın ámelge asırıw onsha ańsat emes. Bunıń sebebi tabiyatta bar urannıń eki izotop: 99,3% —  $^{238}_{92}\text{U}$  hám 0,7% —  $^{235}_{92}\text{U}$  nan ibarat ekenligi. Shinjir reaksiyası tek Uran — 235 penen ǵana júz beredi.

Sonıń ushın uran rudasınan aldın shinjir reaksiyası júz beretuǵın Uran — 235 izotopın ajratıp alıw, sońınan reaksiya ótetuǵın sharayattı payda etiw kerek. Búgingi kúnde bul quramalı másele tabıslı sheshilgen.

**Neytronlardıń kóbeyiw koefficienti.** Shinjir reaksiyası júz beriwi ushın ekilemshi neytronlardıń keyingi yadro bóliniwlerindegi qatnası ayrıqsha áhmiyetke iye. Sonıń ushın neytronlardıń kóbeyiw koefficienti túsiniǵi kirgiziledi:

$$k = \frac{N_i}{N_{i-1}}, \quad (7-23)$$

bul jerde:  $N_i$  shama —  $i$ -etapta yadrolar bóliniwın payda etetuǵın neytronlar sanı bolsa,  $N_{i-1}$  — onnan aldınǵı etapta yadrolar bóliniwın payda etetuǵın neytronlar sanı.

Kóbeyiw koefficienti tek neytronlar sanın emes, al bólinetuǵın yadrolar sanın da kórsetedi. Eger  $k < 1$  bolsa, onda reaksiya tez sónedi.

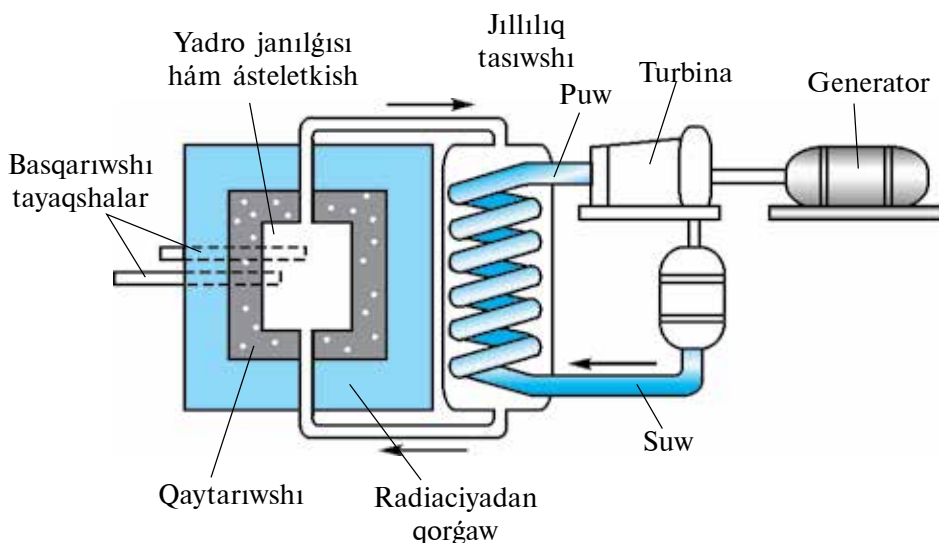
Eger  $k = 1$  bolsa, shinjir reaksiyası kritikalıq dep atalatuǵın turaqlı intensivlik penen dawam etedi.

Eger  $k > 1$  bolsa, shınjır reakciyası kóshki tárizli ósip baradı hám yadro partlawına alıp keledi.

**Yadro reaktori.** Insaniyat ushın shınjır reakciyasın ámelge asırıw emes, al bólinip shıǵatuǵın energiyadan paydalanıw ushın onı basqarıw ayrısha áhmiyetke iye. Awır yadrolardıń bóliniw shınjır reakciyasın ámelge asırıw hám basqarıw imkaniyatın beretuǵın qurılma *yadro reaktori* delinedi.

Birinshi yadro reaktori 1942-jılı E. Fermi bassılıǵında Chikago universiteti qasında qurılǵan.

Janılıǵı sıpatında 5% ke shekem uran–235 penen bayıtılǵan tábiyiy urannan paydalanatuǵın bul reaktordıń sxeması 7.13-súwrette kórsetilgen.



7.13-súwret.

Uran–235 yadrosında shınjır reakciyasın rawajlandırıw ıssı neytronlar járdemide ǵana ámelge asırılıwı múmkin (energiyası 0,005–0,5 eV aralılıǵında bolǵan neytronlar ıssı neytronlar delinedi). Al, yadro ıdırawında payda bolatuǵın neytronlardıń energiyası 2 MeV átirapında boladı. Sonıń ushın, shınjır reakciyası barısın támiyinlew ushın ekilemshi neytronlardı ıssı neytronlarǵa shekem ásteletiw gerek. Usı maqsette ásteletkish dep atalatuǵın arnawlı zattan paydalanıladı. Ásteletkish neytronlardı ásteletiw, biraq jutpawı gerek. Ásteletiw maqsetinde awır suw, ápiwayı suw, grafit hám berilliylerden paydalanıw múmkin. Awır suwdı alıw júdá qıyın bolǵanı ushın, ádette, reaktorlarda ápiwayı suw yaki grafitten paydalanıladı.

Reaktordın óz-ózin kúsheytiwshi shıńjır reakciyası júz beretuǵın aktiv zonası grafit cilindrden ibarat boladı.

**Yadro reaktorın basqarıw.** Yadro janılıǵı (uran) aktiv zonaǵa aralarında neytronlardı ásteletkish jaylastırılǵan tayaqshalar sıpatında kirgiziledi. Shıńjır reakciyası procesinde aktiv zonadaǵı temperatura 800–900 K ǵa shekem kóteriledi. Jıllıqtı alıp ketiw ushın reaktordın aktiv zonasınan truba arqalı jıllılıq tasıwshı ótkeriledi. Mısal ushın, bunday jıllılıq tasıwshı ádettegi suw yaki suyıq natriy metalı bolıwı múmkin. Shıńjır reakciyasın basqarıw bor yaki kadmiyden jasalǵan, ıssı neytronlardı jaqsı jutatuǵın tayaqshalar járdeminde ámelge asırıladı. Shıńjır reakciyasınıń rawajlanıwı bólinip atırǵan yadrolar sanınıń úziksiz artıwına, yaǵnıy reaktor quwatınıń artıwına alıp keledi. Shıńjır reakciyası sel xarakterin almawı ushın neytronlardıń kóbeyiw koefficientin birge teń etip turıwı kerek. Al, bul basqarıwshı tayaqshalar járdeminde ámelge asırıladı. Basqarıwshı tayaqshalar reaktordın aktiv zonasınan tartıp alıńanda  $k > 1$ , tolıq kirgizip qoyılǵanda  $k < 1$  boladı. Tayaqshalar járdeminde qálegen payıtta shıńjır reakciyası rawajlanıwın toqtatıw múmkin.

**Kritikalıq massa.** Óz-ózin kúsheytiwshi shıńjır reakciyası júz beriwi ushın ( $k > 1$ ) aktiv zonanıń kólemi qanday da kritikalıq mánisten kishi bolmawı kerek. Aktiv zonanıń shıńjır reakciyasın ámelge asırıw múmkin bolǵan eń kishi kólemi kritikalıq kólem delinedi. Kritikalıq kólemde jaylasqan janılıǵı massası *kritikalıq massa* delinedi.

Óz-ózinen bolatuǵın shıńjır reakciyası júz beriwi ushın zárúr bolǵan uran massasınıń minimal mánisine kritikalıq massa delinedi.

Qurılmanıń dúzilisi hám janılıǵınıń túrine qarap, kritikalıq massa bir neshe júz grammnan, bir neshe on tonnalarǵa shekem bolıwı múmkin.

$^{238}_{92}\text{U}$  uran bólegi ushın kritikalıq massa 50 kg dı quraydı. Usınday massalı urannan 9 cm radiuslı shar jasaw múmkin.

**Yadro reaktorınan qorǵanıw.** Shıńjır reakciyasında neytronlar,  $\beta$ - hám  $\gamma$ -nurlanıwlar deregi bolǵan yadro ıdırawları payda boladı. Basqasha aytqanda, uran reaktori – hár túrli nurlanıwlar deregi. Olardıń joqarı sińiw uqıbına iye bolǵan neytronları hám  $\gamma$ -nurları ásirese qáwipli esaplanadı. Sonıń ushın, reaktorda islewshi xızmetkerlerdiń qorǵanıwın shólkemlestiriw ayrıqsha áhmiyetke iye. Bul maqsette 1 m qalıńlıqtaǵı suw, 3 m ge shekem qalıńlıqtaǵı beton hám shoyınnıń qalıń qatlamınan paydalanıladı.

**Atom energetikasının qolaylıqları.** Insaniyat mudamı arzan hám qolaylı energiya dereklerine iye bolıwǵa umtılgan. Al, yadro reaktorlarının jaratılıwı yadro energetikasının sanaatta qollanılıwına, yaǵnıy onnan insan mıtajlıkları ushın paydalanıwǵa imkaniyat jarattı. Yadro janılıǵının zapasları ximiyalıq janılıǵı zapaslarınan júzlegen ese kóp. Sonın ushın elektr energiyasınıń tiykarǵı bólimi atom elektr stanciyalarında (AES) islep shıǵarılganda edi, bul – bir tárepten, elektr energiyasınıń ózine túsetuǵın bahasını kemeytse, ekinshi tárepten, insaniyattı bir neshe júz jıllar dawamında energetika mashqalalarınan qutqarǵan bolar edi. AES lardıń bir qansha kishi maydandı iyelewin de atap ótiw lazım. Dúnyada birinshi AES 1954-jılı Obninsk qalasında iske túsirilgen. Al, onnan keyin júdá kóp úlken AESlar qurıldı hám tabıslı is alıp barmaqta.



1. *Ne ushın awır yadrolar orta yadrolarǵa aylanǵanda energiya bólinip shıǵadı?*
2. *Úzliksiz shinjir reakciyası qalay júz beredi?*
3. *Basqarıw tayaqshaları reaktordıń aktiv zonasınan shıǵarıp alınsa, qanday jaǵday júz beredi?*
4. *Kritikalıq massa dep qanday massaǵa ayıladı?*

---

## **45–tema. ÓZBEKSTANDA YADRO FIZIKASÍ TARAWÍNDAGÍ IZERTLEWLER HÁM OLARDIŃ NÁTIYJELERINEN XALÍQ XOJALÍǴÍNDÁ PAYDALANIW**

Ózbekstanda yadro fizikası tarawındaǵı jumıslar ótken ásirdeń 20-jıllarında baslanǵan. Biraq, turaqlı izertlewler 1949-jılı Fizika-texnika institutında jolǵa qoyılǵan. Akademikler I.V. Kurchatov, U.O. Orifov hám S.A. Azimovlardıń baslaması menen 1956-jılı Ózbekstan Respublikası Ilimler akademiyasınıń yadro fizikası institutı shólkemlestirilgenen keyin, bul izertlewlerdi jáne de keńeytiw imkaniyatı tuwıldı. Hazirgi payıtta yadro spektroskopiyası hám yadro dúzilisi; yadro reakciyaları; maydanniń kvant teoriyası; elementar bóleksheler fizikası; relyativistlik yadro fizikası hám basqa baǵdarlar boyınsha ilimiy-izertlew jumısları alıp barılmaqta.

Radiaciyalıq fizika hám materialtanıw boyınsha ótkeriletuǵın izertlewler tek ilim hám texnika emes, al xalıq xojalıǵı ushın da áhmiyetli esaplanadı. Bul baǵdarda radioaktiv nurlardıń yarımótkizgishler, dielektrikler, keramikalar, joqarı temperaturalı júdá ótkiziwsheń

materiallardin' elektr ótkizgishligi, mexanikalıq, optikalıq hám basqa qásiyetlerine tásiri úyrenilmekte.

Ózbekstanda joqarı energiyalar fizikası tarawında alıp barılıp atırǵan jumıslar da bir talay. Bunday izleniwler «Fizika-quyash» óndislik birlespesinin' Fizika-texnika institutında, Ózbekstan Milliy universitetinde hám Samarqand mámleketlik universitetinde alıp barılmaqta.

1970-jılı Cherenkov esaplaǵıshları tiykarında bólekshelerdin' yadro menen óz ara tásirin úyrenetuǵın úlken qurılma jaratılıp, payda bolǵan bólekshelerdin' xarakteristikaları úyrenildi.

Tezlestirilgen bóleksheler hám yadrolardın' tásirlesiwın úyreniw maqsetinde shar tárizli kameralardan alınǵan filmli xabarlar dı qayta islew orayı shólkemlestirildi. Oraydın' nátiyjeli izertlewleri nátiyjesinde komulyativ izobarlar payda bolıwı úyrenildi hám massaları 1903, 1922, 1940, 1951 hám 2017 MeV bolǵan tar, eki barionlı rezonanslar bar ekenligi haqqında maǵlıwmatlar alındı.

Quyash atmosferasında bolatuǵın qubılıslar Jerdegi tirishilikke tikkeley tásir etiwı múmkinligi ushın da, onı úyreniw tarawındaǵı izertlewler ayırıqsha áhmiyetke iye esaplanadı. Mine, sonın' ushın da Ózbekstan Ilimler akademiyasınıń Astronomiya institutı 1980-jıllardın' ortalarınan baslap francuz alımları menen birgelikte, Quyashtıń global terbeliwın izertlew tarawında izleniwler alıp barǵan.

Ózbek alımlarınıń yadro fizikası tarawında alıp barıp atırǵan jumısları kólemi bir qansha úlken hám olardıń nátiyjeleri xalıq xojalıǵında da tabıslı qollanılmaqta.

Ózbekstandaǵı birinshi izertlewlerdin' ózi-aq tikkeley xalıq xojalıǵına baylanıslı bolǵan. Buǵan U. Orifov tárepinen islep shıǵılǵan «Gamma-nurlar járdeminde pille ishindegi jipek qurtın óltiriw» usılı mısal boladı. Al, keyin ala suw, topıraq, miyweli daraqlar, jabayı hám mádeniy ósimliklerdin' tábiyiy radioaktivligi úyrenildi.

Ózbekstan Respublikası Ilimler akademiyasınıń Yadro fizikası institutı radioaktiv izotoplar, sonın' ishinde, farmaceutikalıq radioaktiv preparatlar islep shıǵarıw boyınsha jetekshi shólkemlerden biri esaplanadı. Bul jerde 1995-jılı 60 tan aslam atamadaǵı ónim islep shıǵarılǵan.

Radioaktiv hám gamma-nurlardın' ósimliklerge tásirin úyreniw de awıl xojalıǵı, ásirese, tuqıngershilik tarawında ayırıqsha áhmiyetke iye. Ózbekstandaǵı ǵawasha sortlarınıń radioaktiv nurlarǵa sezgirliǵin úyreniw, ǵawasha selekciyasında bul usıldan paydalanılıp arıtǵanlıǵı – yadro fizikasınıń tikkeley óndiriske qollanılıp atırǵanlıǵınıń ayqın dálili esaplanadı.



Yadro fizikasi tarawındaǵı izertlewlerdiń medicinada keń qollanılıp atırǵanlıǵı da belgili. Buǵan, ásirese, radioaktiv nurlar hám bóleksheler aǵımı járdemide rak keselligin emlewdi de mısal sıpatında keltiriw múmkin. Rentgenologiya hám radiologiya tarawındaǵı dáslepki jumıslar da Yadro fizikasi institutınıń radioximiya laboratoriyası menen birgelikte baslanǵan. Nátiyjede radioaktiv izotoplardan paydalanılǵan halda jańa diagnoz usılları jaratıldı. Házirgi payıtta rentgeno-endovaskulyar xirurgiya, antiografiya, kompyuter tomografiyası hám yadro-magnit rezonansları ústinde izertlewler alıp barılmaqta. Jańa rentgenokonstrast zatlar («Rekon», «MM-75» preparatı hám basqalar) islep shıǵarıw jolǵa qoyıldı.



1. *Ózbekstanda yadro fizikasi tarawındaǵı jumıslar qashan baslanǵan?*
2. *Házirgi payıtta qaysı baǵdarlar boyınsha ilimiy-izertlew jumısları alıp barılmaqta?*
3. *Yadro fizikasi institutında neler islep shıǵarıladı?*
4. *Radioaktiv nurlardıń awıl xojalıǵında qollanıwına mısallar keltiriń.*

### 7-shınıǵıw

1. Bir energetikalıq halattan ekinshisine ótkende  $6,56 \cdot 10^{-17}$  m tolqın uzınlıqlı jaqtılıq shıǵarsa, atomnıń energiyası qanshaǵa kemeygen? (*Juwabı:  $E = 3 \cdot 10^{-19}$  Dj*).

2. Litiy atomı yadrosı  ${}^7_3\text{Li}$  ushın salıstırmalı baylanısıw energiyasın tabıń. (*Juwabı:  $E_{\text{bayl.}} = 5,6$  MeV*).

3. Salıstırmalı baylanısıw energiyaların esaplap, tómendegi yadrolardan  ${}^9_4\text{Be}$  hám  ${}^{27}_{13}\text{Al}$  qaysı biri stabilirek ekenligin anıqlań. (*Juwabı:  ${}^{27}_{13}\text{Al}$* ).

4.  ${}^{14}_7\text{N} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^1_1\text{H} + {}^{17}_8\text{O}$  reakciyasında energiya jutıla ma yaki bólinip shıǵa ma? (*Juwabı: Energiya jutıladı*).

5. Tómendegi  ${}^2_1\text{H}$  yadrosı ushın yadro baylanısıw energiyasın hám salıstırmalı baylanısıw energiyasın tabıń. (*Juwabı:  $E_{\text{bayl.}} = 1,7233$  MeV;  $E_{\text{sal}} = 0,8616$  MeV*).

6.  ${}^{14}_7\text{N}$  azot yadrosın protonlarǵa hám neytronlarǵa ıdıratıw ushın eń keminde qansha energiya zárúr? (*Juwabı:  $E_{\text{bayl.}} = (7 \cdot 1,00789 + 7 \cdot 1,00866 a.m.b - 14)$* ).

7. Geyger esaplaǵışına jaqın jerde radioaktiv preparat bolmasa da, ol ionlasqan bóleksheler payda bolıwın esapqa ala beredi. Bunı qalay túsindiriw múmkin? (*Juwabı: Esaplaǵış kosmoslıq nurlardı esapqa aladı*).

8. Elementtiń yarım ıdıraw dáwiri 2 sutkaǵa teń. 6 sutka ótkennen keyin radioaktiv zattıń neshe procenti qaladı? (*Juwabı: 12,5%*).

9. Radioaktiv elementtiń aktivligi 8 kúnde 4 ese kemeydi. Onıń yarım ıdıraw dáwiri qansha? (*Juwabı:  $T = 4$  kún*).

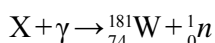
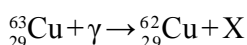
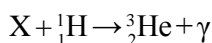
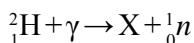
10.  $\gamma$  kvant shıǵarǵanda yadronıń massa sanı hám zaryad sanı ózgereme? (*Juwabı: Ózgermeydi*).

11. Radon yadrosı  ${}^{220}_{86}\text{Rn}$   $\alpha$ -bólekshe shıǵardı. Qanday yadro payda boladı? (*Juwabı:  ${}^{220}_{86}\text{Rn} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^{216}_{84}\text{Po}$* ).

12. Kobalt yadrosı  ${}^{60}_{27}\text{Co}$   $\beta$  bólekshe shıǵarǵannan keyin qanday elementtiń yadrosı payda boladı? (*Juwabı:  ${}^{60}_{27}\text{Co} \rightarrow {}^0_{-1}\text{e} + {}^{60}_{28}\text{Ni}$* ).

13. Ne ushın tábiyyı uran atom janılıǵı bola almaydı hám onıń saqlanıwı partlaw qáwpin salmaydı?

14. Tómenдеgi belgilerdi tolıqtırın:



15. Uglerod  ${}^{12}_6\text{C}$  proton menen nurlandırılǵanda uglerodtıń  ${}^{13}_6\text{C}$  izotopi payda boldı. Bunda qanday bólekshe shıǵarıladı?

16.  $\alpha$  bólekshe elementar bólekshe bola alama?

17. Elektron, proton hám neytronniń antibólekshelei qanday bólekshelei?

18.  ${}^{13}_7\text{N}$  azot atomı yadrosı pozitron hám neytron shıǵardı.  $\beta$  shashılıw reaksiyasın jazıń.

19. Tómenдеgi reaksiyanı tolıqtırın.  ${}^0_{-1}\text{e} + x \rightarrow 2\gamma$ .

20. Joqarı energiyalı foton awır yadro maydonında tormozlanıp, bir jup bólekshege aylandı. Olardan biri elektron. Ekinshisi ne?

## VII BAPTÍ JUWMAQLAW BOYÍNSHA TEST SORAWLARI

1. Tomson atomniń dúzilisi haqqındaǵı birinshi modeldi neshinshi jılı usınıs etken?

A) 1903-jılı;                      B) 1905-jılı;                      C) 1907-jılı;                      D) 1909-jılı.

2. Ridberg turaqlısı qaysı juwapta tuwrı kórsetilgen?

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 degende, ... tusiniledi?

A) júdá anıq baǵıtlanǵan kogerent jaqtılıq nurınıń deregi;  
B) kogerent bolmaǵan jaqtılıq nurı;  
C) ápiwayı jaqtılıq nurı;  
D) quyashtan keletuǵın hár qıylı nurlar.

- 4. Gápti toliqtirín. Atom yadrosı – ... dúzilgen.**  
 A) proton hám neytronlardan;                      B) proton hám elektronlardan;  
 C) elektron hám nuklonlardan;                      D) elektron hám fotonlardan.
- 5. Radioaktivlik neshinshi jılı kim tárepinen ashılǵan?**  
 A) 1903-jılı inglis fizigi Dj. Dj. Tomson;  
 B) 1911-jılı inglis fizigi D. Rezerford;  
 C) 1896-jılı Fransuz fizigi A. Bekkerel;  
 D) 1900-jılı nemis fizigi V. Geyzenberg.
- 6. Qaysı elementar bólekshe birinshi ashılǵan?**  
 A) Proton;                      B) Elektron;                      C) Neytron;                      D) Foton.
- 7. Uran  $^{238}_{92}\text{U}$  yadrosınıń quramın anıqlań.**  
 A) 92 proton, 238 neytron;                      B) 92 neytron, 146 proton;  
 C) 92 proton, 146 neytron;                      D) 238 proton, 92 neytron.
- 8. Erkin neytronnıń proton, pozitron hám antineytrinoǵa boliniwine qaysı saqlanıw nızamı jol qoymaydı?**  
 A) massanıń saqlanıw nızamı;                      B) zaryadtıń saqlanıw nızamı;  
 C) energiyanıń saqlanıw nızamı;                      D) impulstıń saqlanıw nızamı.
- 9. Proton qanday kvarklardan dúzilgen?**  
 A)  $u, u, d$ ;                      B)  $u, d, d$ ;                      C)  $u, d, c$ ;                      D)  $d, c, s$ .
- 10. Qanday bólekshelerge antibóleksheler delinedi?**  
 A) massaları teń, biraq zaryadı qarama-qarsı bolǵan bóleksheler;  
 B) massalar zaryadları birdey, biraq spini hár qıylı bolǵan bóleksheler;  
 C) Yadrosı teris, qabıǵı oń bólekshelerden dúzilgen atomlar;  
 D) Toliq, táriyp keltirilmegeń.

### VII bapta úyrenilgen eń áhmiyetli túsinik, qaǵıyda hám nızamlar

Atomnıń Tomson modeli	Massası tegis bólistirilgen $10^{-10}\text{m}$ shamadaǵı oń zaryadlanǵan shardan ibarat bolıp, onıń ishinde óz teńsalmaqlılıq jaǵdayı átirapında terbelmeli qozǵalıwshı teris zaryadlar bar. Oń hám teris zaryadlardıń jıyındısı óz ara teń.
Atomnıń planetar modeli	Elektronlar yadro átirapında orbitalar, atomnıń elektron qabıǵı boylap qozǵaladı hám olardıń zaryadı yadrodaǵı oń zaryadqa teń

Balmerdiń ulıwmalasqan formulası	$\nu = R \left( \frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right).$
Lazer	Lazer degende, júdá anıq bağıtlangan kogerent jaqtılıq nurınıń deregi túsiniledi. Lazer sóziniń ózi inglisshe «májbüriy terbelis nátiyjesinde jaqtılıqtıń kúsheytiliwi» sózlerindeki birinshi háriplerden alınğan («Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation»).
Bor postulatları	<i>Stacionar (turğın) halatlar haqqındağı postulat:</i> atomda stacionar halatlar bar bolıp, bul halatlarga elektronlardıń stacionar orbitaları sáykes keledi <i>Jiyilikler haqqındağı postulat:</i> elektron bir stacionar orbitadan ekinshisine ótkende ǵana energiyası usı stacionar halatlardağı energiyalardıń parqına teń bolğan bir foton shıǵaradı (yaki jutadı) $h\nu = E_n - E_m$ , bul jerde $E_n$ hám $E_m$ – sáykes ráwishte elektronnıń $n$ - hám $m$ -stacionar orbitalardağı energiyaları
Atom yadrosınıń dúzilisi	Atom yadrosı proton hám neytronnan dúzilgen. <i>Proton (p)</i> – vodorod atomınıń yadrosı. Tınıshlıқтаǵı massası: $m_p = 1,6726 \cdot 10^{-27}$ kg $\approx 1836 m_e$ bul jerde: $m_e$ – elektronnıń massası. (Proton – grekshe – «birinshi»). <i>Neytron (n)</i> . Elektrneytral bólekshe. Tınıshlıқтаǵı massası: $m_n = 1,6749 \cdot 10^{-27}$ kg $\approx 1839 m_e$ ( <i>Neytron</i> – latinsha ol da emes, bul da emes)
$\alpha$ – nurlanıw	Atom yadrosınıń $\alpha$ – bólekshe shıǵarıwı menen basqa yadroǵa aylanıwı
$\beta$ – nurlanıw	Atom yadrosınıń elektron shıǵarıwı menen basqa yadroǵa aylanıwı
$\gamma$ – nurlanıw	Atom yadrosınan shıǵatuǵın elektromagnit tolqınlar
Radioaktiv ıdıraw nızamı	$N = N_0 e^{-\lambda t}$ yaki $N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$ $T$ – yarım ıdıraw dáwiri

## PAYDALANILGAN ÁDEBIYATLAR

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.НИҒМОНХЎЖАЕВ, К.А. Турсунметов ва б. Физика III. – Т.: «Ўқитувчи», 2001. – 352 б.
7. К.А. Турсунметов ва б. Физикадан масалалар тўплами. – Т.: «Ўқитувчи», 2005. (4 та нашр) – 216 б.
8. Т.М. Оплачко, К.А. Турсунметов. Физика II – Т.: «Илм зиё», 2006–2017. – 208 б.
9. К.А. Турсунметов ва б. Физикани такрорланг. Муқобил маълумотнома. – Т.: «Turon-Iqbol», 2013. – 256 б.
10. К.А. Турсунметов ва б. Физика. Маълумотнома. – Т.: «Ўзбекистон», 2016. – 176 б.
11. А. G. Ganiyev, А. K. Avliyoqulov, 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» NMIU. – 2004.
13. М.Н. О'лмасова. Физика 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.

# MAZMUNÍ

<b>Kirisiw</b> .....	3
<b>I bap. MAGNIT MAYDANI</b> .....	4
1-tema. Magnit maydanı. Magnit maydanın sıpatlawshı shamalar.....	4
2-tema. Bir tekli magnit maydanınıń tokli ramkanı aylandırıwshı momenti .....	7
3-tema. Toklı tuwrı ótkizgishtiń, saqıyna hám katushkanıń magnit maydanı.....	10
4-tema. Tokli ótkizgishti magnit maydanında kóshiriwde atqarılğan jumıs.....	13
5-tema. Tokli ótkizgishterdiń óz ara tásir kúshi .....	15
6-tema. Bir tekli magnit maydanında zaryadlı bóleksheniń qozǵalıwı. Lorenk kúshi.....	17
<b>II bap. ELEKTROMAGNITLIK INDUKCIYA</b> .....	26
7-tema. Elektromagnitlik indukciya qubılısı. Indukciya elektr júrgiziwshı kúsh. Faradey nızamı.....	26
8-tema. Ózlik indukciya qubılısı. Ózlik indukciya EJK. Induktivlik.....	29
9-tema. Zatlardıń magnitlik qásiyetleri.....	32
10-tema. Magnit maydanınıń energiyası.....	35
<b>III bap. ELEKTROMAGNITLIK TERBELISLER</b> .....	41
11-tema. Erkin elektromagnitlik terbelisler (terbelis konturı). Terbelis konturında energiyanıń ózgeriwi .....	42
12-tema. Terbelislerdi grafikalıq ráwishte súwretlew. Sóniwshı elektromagnitlik terbelisler.....	45
13-tema. Tranzistorlı elektromagnitlik terbelisler generatorı.....	48
14-tema. Ózgermeli tok shıńjırındaǵı aktiv qarsılıq .....	51
15-tema. Ózgermeli tok shıńjırındaǵı kondensator .....	55
16-tema. Ózgermeli tok shıńjırındaǵı induktiv katushka .....	57
17-tema. Aktiv qarsılıq, induktiv katushka hám kondensator izbe-iz jalǵanǵan ózgermeli tok shıńjırı ushın Om nızamı.....	59
18-tema. Ózgermeli tok shıńjırında rezonans qubılısı.....	62
19-tema. Laboratoriyalıq jumıs: Ózgermeli tok shıńjırında rezonans qubılısın úyreniw .....	65
20-tema. Ózgermeli toktıń jumısı hám quwatlılıǵı. Quwatlılıq koefficienti .....	66
<b>IV bap. ELEKTROMAGNITLIK TOLQINLAR HÁM TOLQIN OPTIKASI</b> .....	76
21-tema. Elektromagnitlik terbelislerdiń tarqalıwı. Elektromagnitlik tolqın tezligi..	76
22-tema. Elektromagnitlik tolqınlardıń ulıwma qásiyetleri (eki ortalıq shegarasında qaytıwı hám sınıwı). Tolqındı xarakterlewshı tiykarǵı túsiniq hám shamalar.....	79
23-tema. Radiobaylanıstıń fizikalıq tiykarları. Eń ápiwayı radionıń dúzilisi hám islewi. Radiolokaciya.....	83

24-tema. Telekórsetiwlerdiń fizikalıq tiykarları. Tashkent – televidenie Watanı.....	87
25-tema. Jaqtılıq interferenciyası hám difrakciyası.....	91
26-tema. Laboratoriyalıq jumıs: Difrakciyalıq reshıyotka járdeminde jaqtılıqtıń tolqın uzınlıgın anıqlaw.....	96
27-tema. Jaqtılıq dispersiyası. Spektral analiz.....	98
28-tema. Jaqtılıqtıń polyarizaciyanıwı.....	103
29-tema. Infraqızıl nurlanıw. Ultrafiolet nurlanıw. Rentgen nurlanıw hám onıń engiziliwi.....	107
30-tema. Jaqtılıq ağımı. Jaqtılıq kúshi. Jaqtılanganlıq nızamı.....	110
31-tema. Laboratoriyalıq jumıs: Jaqtılanganlıqtıń jaqtılıq kúshine baylanıslılıgı ....	115
<b>V bap. SALÍSTÍRMALÍLÍQ TEORIYASÍ</b> .....	124
32-tema. Arnawlı salıstırmalılıq teoriiyası tiykarları. Tezliklerdi qosıwdıń relyativistlik nızamı.....	124
33-tema. Massanıń tezlikke baylanıslılıgı. Relyativistlik dinamika. Massa menen energiyanıń óz ara baylanıslılıq nızamı.....	128
<b>VI bob. KVANT FIZIKASÍ</b> .....	135
34-tema. Kvant fizikasınıń payda bolıwı.....	135
35-tema. Fotoelektrlik effekt. Fotonlar.....	137
36-tema. Fotonnıń impulsı. Jaqtılıq basımı. Fotoeffektıń texnikada qollanıwı.....	142
<b>VII bob. ATOM HÁM YADRO FIZIKASÍ.</b> <b>ATOM ENERGETIKASÍNÍN FIZIKALÍQ TIYKARLARÍ</b> .....	151
37-tema. Atomnıń Bor modeli. Bor postulatları.....	151
38-tema. Lazer hám olardıń túrleri.....	156
39-tema. Atom yadrosınıń quramı. Baylanıs energiyası. Massa defekti.....	160
40-tema. Radioaktiv nurlanıwdı hám bólekshelerdi esapqa alıw usılları.....	164
41-tema. Radioaktiv ıdıraw nızamı.....	167
42-tema. Yadro reakciyaları. Awısıw nızamı.....	170
43-tema. Elementar bóleksheler.....	173
44-tema. Atom energetikasınıń fizikalıq tiykarları. Yadro energiyasınan paydalanıwda qáwıpsizlik ilajları.....	177
45-tema. Ózbekstanda yadro fizikası tarawındağı izertlewler hám olardıń nátıyjelerinen xalıq xojalıgında paydalanıw.....	182
<b>PAYDALANÍLGÁN ÁDEBIYATLAR</b> .....	188

Ф63 Физика. Орта bilim beriw mákemeleriniń 11-klası hám orta arnawlı, kásip-óner bilimlendiriw mákemeleriniń oqıwshıları ushın sabaqlıq /N. Sh. Turdiev, K. A. Tursunmetov, A. G. Ganiev, K. T. Suyarov, J. E. Usarov, A. K. Avliyoqulov. – T.: «Niso Poligraf» baspası, 2018. – 192 b.

ISBN 978-9943-45083-5-4

UO‘K: 53(075.32)

KBK22.3ya721

*O‘quv nashri*

**Narziqul Sheronovich Turdiyev, Komiljon Axmetovich Tursunmetov,  
Abduqahhor Gadoyevich Ganiyev, Kusharbay Tashbayevich Suyarov,  
Jabbor Eshbekovich Usarov, Abdurashit Karimovich Avliyoqulov**

## FIZIKA

*1-nashri*

*O‘rta ta‘lim muassasalarining 11-sinf o‘quvchilari uchun darslik*

Ózbek tilinen awdarǵan *R. Abbazov*

Redaktor *G. Pirnazarova*

Kórkem. redaktor *J. Gurova*

Tex. redaktor *D. Salixova*

Kompyuterde tayarlawshı *E. Kim*

Original-maket “NISO POLIGRAF” baspasında tayarlandı.

Tashkent wálayatı, Orta Shirshıq rayonı, «Oq-Ota» APJ,  
Mash‘al máhállesi, Markaziy kóshesi, 1-úy.

Licenziya nomeri AI №265.24.04.2015.

Basıwǵa 2018-jıl 11-iyunda ruqsat etildi. Formatı 70×100<sup>1/16</sup>.

Ofset qaǵazı. «Times KRKP» garniturası. Kegli 12,0.

Shártli baspa tabaǵı 12,0. Baspa tabaǵı 15,6.

Tirajı 10452 nusqa. 358-sanlı buyırtpa.

«Niso Poligraf» JSHJde basi‘p shi‘g‘arildi‘.

Tashkent wa‘layatı‘, Orta Shi‘rshi‘q rayoni‘ «Aq ata» APJ,  
p. Mashal, Markaz ko‘shesi, 1.



### Ijaraga berilgen sabaqlıqtın awhalın kórsetetuğın keste

T/q	Oqıwshı ismi, familiyası	Oqıw jılı	Sabaqlıqtın alıńandağı awhalı	Klass basshısı qolı	Sabaqlıqtı tapsırǵandağı awhalı	Klass basshısı qolı
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Sabaqlıq ijaraga berilip, oqıw jılı juwmağında qaytarıp alıńanda joqarıdağı keste klass basshısı tárepinen tómendegi bahalaw ólshemlerine tiykarlanıp toltırıladı:

Jańa	Sabaqlıqtın birinshi márte paydalanıwǵa berilgende awhalı
Jaqsı	Qabı pütün, sabaqlıqtın tiykarǵı bóleginen ajıralmağan. Barlıq betleri bar, jırtılmağan, túspegen, betlerinde jazıw hám sızıqlar joq.
Qanaatlandırarlı	Qabına jazılǵan, biraz sızılıp shetleri jelingan, sabaqlıqtın tiykarǵı bóleginen ajıralıw halı bar. Paydalanıwshı tárepinen qanaatlandırarlı ońlangan. Túsken betleri qayta ońlangan, ayırım betlerine jazılǵan.
Qanaatlan-dırarsız	Qabına sızilǵan, jırtılǵan tiykarǵı bóleginen ajıralǵan yaki joq, qanaatlanarsız ońlangan. Betleri jırtılǵan, betleri jetispeydi, sızıp, boyap taslangan. Sabaqlıqtı tiklep bolmaydı.