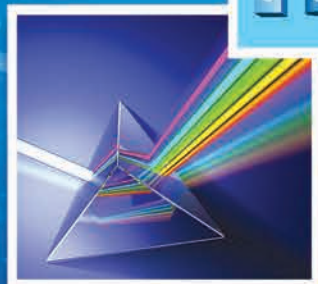


FIZIKA

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 makemeleriniñ 11-klaslari ushtn sabaqlıq

Ózbekstan Respublikasi Xalıq bilimlendiriw ministrliqi tastıyqlagan

TASHKENT – «NISO POLIGRAF» – 2018

UOK: 53(075.32)

КБК 22.3 Короколпок

Ф63



Avtorlar:

- N. Sh. Turdiev** – III bap. «Elektromagnitlik terbelisler», IV bap. «Elektromagnitlik tolqınlar hám tolqın 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. Avliyoxulov** – VII bap. «Atom hám yadro fizikasi. Atom energetikasınıń fizikalıq tiykarları».

Pikir bildiriwshiler:

- B. Nurillaev** – Nizamiy atındaǵı TPU 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 pání oqıtıwshısı, Ózbekstanda xızmet kórsetken Xalıq bilimlendiriw xızmetkeri;
- M. Saidoripova** – Tashkent qalası, Yunusabad rayonu, 63-mekteptiń fizika pání oqıtıwshısı;
- M. Yuldasheva** – Tashkent qalası, Sergeli rayonu, 6-DIUO‘T mektep, joqarı karegoriyalı fizika pání 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 umtılıwları, 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 basqısha 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 basqısha, 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.

Qolınıздаǵı 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 qollanıwı 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 ǵúwa 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 jaqınlastırılsa, 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 sıyıqları boylap baǵıtlanǵan boladı.



1.1-súwret.

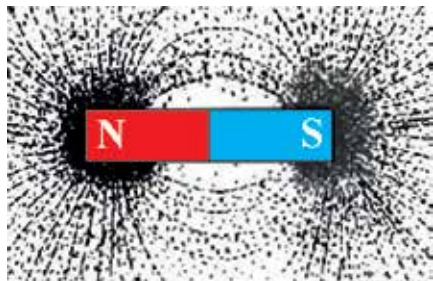


1.2-súwret.

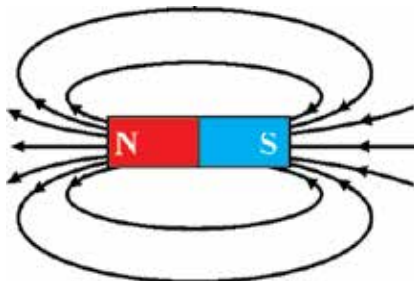
Magnit maydanı kúsh sızıqların tikkeley kóre almaymız. Biraq, tóمندegi tájiriye járdeminde biz magnit kúsh sızıqlarınıń jaylasıwı (bağıtı) haqqında túsinikke iye bola alamız. Bunıń uchin karton qaǵazǵa temir untaqların bir tegis sewip, onı tegis magnit ózeginiń ústine qoyamız. Qaǵaz betin bir-eki shertip 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.

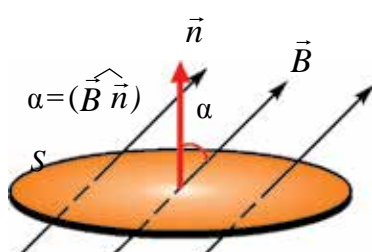
Magnit maydanı indukciyasınıń birligi etip XBSda Serbiya fizigi Nikola Teslanıń húrmetine Tesla (T) dep ataw qabıl etilgen.

Magnit ağımı. Qanday da bir betti kesip ótip atırǵan magnit maydanı kúsh sızıqların sıpatlawda magnit maydanı aǵımı degen túsiniq kirgizilgen. S maydandan ótip atırǵan magnit indukciya aǵımı dep, magnit indukciya vektordıń maydanǵa kóbeymesine aytıladı: Magnit aǵımı skalyar shama bolıp Φ 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 α múyeshke baylanıslı boladı, yaǵnıy:

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



1.4-súwret.

Bunda α 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 m² 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 nege teń?

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



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

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 múmkin (1.5-súwret). Konturdaǵı toktiń baǵıtı kerisinshe ózgergende konturdıń kerı baǵıtında burılǵanlıǵın kóremiz.

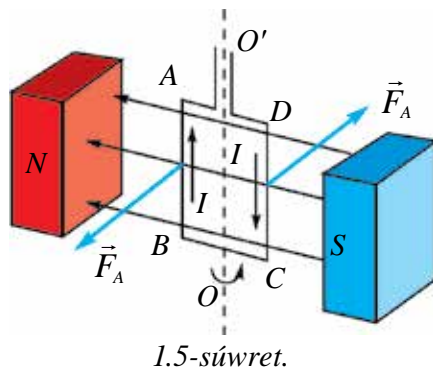
Magnit maydanında jaylasqan tokli ramkanıń burılıw sebebin anıqlayıq. Magnit maydanına tik jaylasqan ramkanıń uzınlıǵı l bolǵan AB hám CD táreplerinen I tok ótip atırǵan bolsın. Ol jaǵdayda ramkanıń usı l bólimine magnit maydanı tárepinen tásir etip atırǵan Amper kúshiniń mánisi tómendegige teń boladı:

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

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 kúshitiń iyni $\frac{d}{2}\sin\alpha$ ǵa teń. Bunda, α – 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 etiwshi kúshitiń momentti (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:

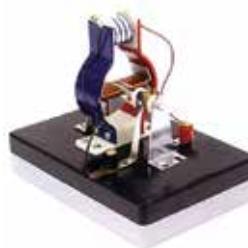
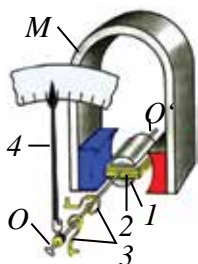
$$B = \frac{M_{\max}}{IS}$$

arqalı ańlatıw múmkin.

Kóplegen elektr ásbaplarınıń islewi toklı ótkizgish penen turaqlı magnittiń óz ara tásirlewiwne 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 jalǵanǵanda, 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 momentini 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

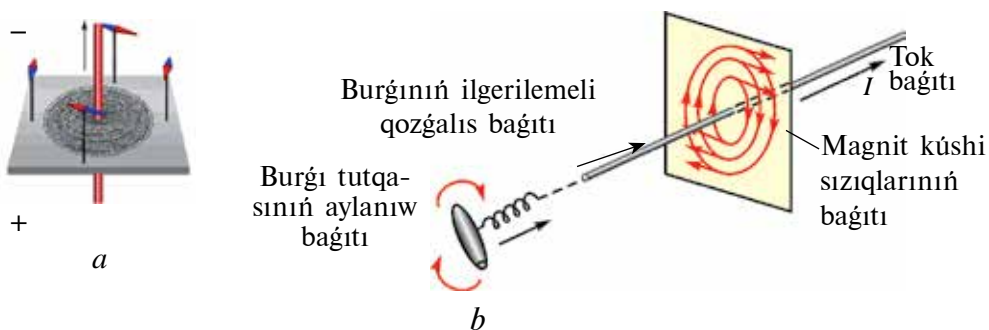
Maydanı 20 cm^2 , oramlar sanı 100 bolǵan sımlı ramka magnit maydanına jaylastırılǵan. Ramkadan 2A tok ótkende onda $0,5 \text{ mN}\cdot\text{m}$ maksimal aylandırıwshı moment payda boladı. Magnit maydanınıń indukciyasın anıqlañ.

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 ÓTKIZGISHTIŇ, SAQIYNA HÁM KATUSHKANÍŇ MAGNIT MAYDANI

Tokli ótkizgish átirapında payda bolatuǵın magnit maydanı kúsh sızıqların baqlaw ushın qalıń karton qaǵaz alınıp, onıń ortasınan tesip, tuwrı ótkizgishti ótkeremiz. Karton beti ústine mayda temir untaqların sebemiz. Ótkizgish ushları tokqa jalǵanıp, karton jeńil silkitiledi. Temir untaqları toktıń magnit maydanı tásirinde magnitlenip, ózin kishi magnit strelkaları sıyaqlı tutadı hám olar magnit indukciya sızıqları boylap jaylasadı (1.7-*a* súwret).

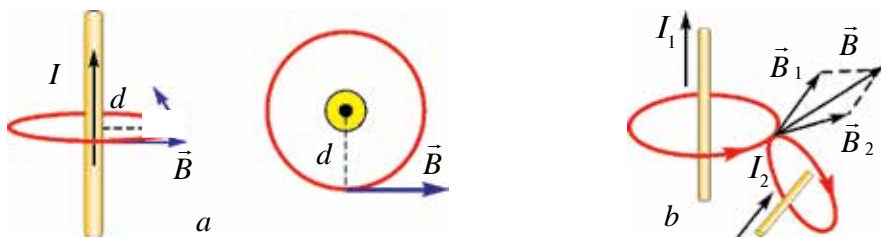
Tuwrı tok magnit maydanınıń kúsh sızıqları, orayı ótkizgish kósherinde jaylasqan sheńberlerden ibarat bolıp, bul sheńberler ótkizgish kósherine tik tegislikte jatadı (1.7-*b* súwret). Magnit maydanı kúsh sızıqlarınıń baǵıtı oń burǵı qaǵıydasınan paydalanıp anıqlanadı: *eger burǵınıń ilgerilemeli qozǵalıstı tok baǵıtı menen birdey bolsa, ol jaǵdayda burǵı tutqasınıń aylanıw baǵıtı magnitlik indukciya sızıqlarınıń baǵıtın kórsetedi.*



1.7-súwret.

Magnit maydanı indukciya vektorı (\vec{B}) kúsh sızıqlarına urınba boylap baǵdarlangan boladı. Jeke halda tokli ótkizgishten d aralıqta jatırǵan noqattaǵı magnit maydanı indukciyası baǵıtı 1.8-*a* súwrette kórsetilgen.

Kópshilik jaǵdaylarda magnit maydanın bir ótkizgish emes, tokli ótkizgishler sisteması payda etedi (1.8-*b* súwret). Bunday jaǵdayda keńisliktiń qanday da bir noqatındaǵı natiyjeli maydanniń indukciyası hár bir tokli ótkizgishtiń usı noqatta payda etken magnit maydanı indukciyalarınıń vektor jıyındısına teń boladı, yaǵnıy:



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.

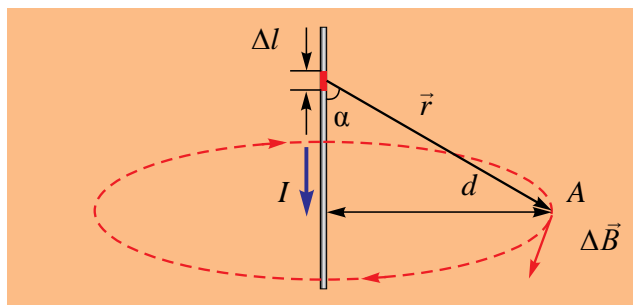
Fransuz alımları J. Bio, F. Savar hám P. Laplaslar erkli formadaǵı tokli ótkizgishlerdiń átirapında payda bolǵan magnit maydanı indukciyasın esaplawǵa imkaniyat beretuǵın ulıwma nızamdı anıqladı. Bul nızam boyınsha tokli ótkizgishniń erkli Δl elementin, tokli ótkizgish átirapındaǵı A noqatında payda etken magnit indukciyasın tómendegishe anıqlaw múmkin:

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

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

1. Tuwrı tokniń magnit maydanı indukciyası. Bio–Savar–Laplas nızamı boyınsha, sheksiz uzın tuwrı toktan d uzaqlıqtaǵı A noqatta payda bolǵan magnit maydanı indukciyası tómendegi anlatpa járdeminde anıqlanadı:

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



1.9-súwret.

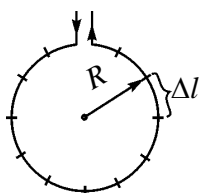
Demek, tuwrı sızıqlı sheksiz uzın tokli ótkizgishniń qanday da bir noqatta payda etken magnit maydanı indukciyası ótkizgishтен ótip atırǵan

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

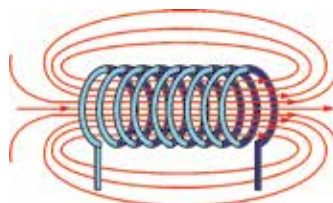
2. Aylanba tok orayındaǵı magnit maydanı indukciyası. Radiusı R bolǵan sheńberden I turaqlı tok ótip atırǵan bolsın (1.10-súwret). Bio–Savar–Laplas nızamı boyınsha, aylanba toktıń orayında payda bolǵan magnit maydanı indukciyası sheńber uzınlıǵı Δl bóleksheleriniń sheńber orayında payda etken indukciyalarınıń 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: μ_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: $B=12,5 \cdot 10^{-6} \text{ T.}$

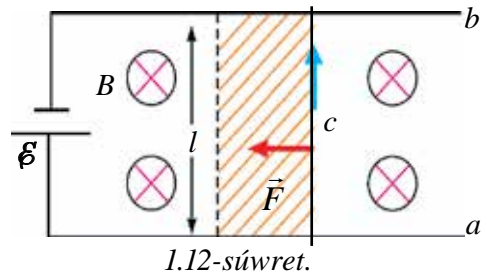
4-tema. TOKLI ÓTKIZGISHTI MAGNIT MAYDANÍNDÁ KÓSHIRIWDE ATQARÍLGÁN JUMÍS

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° 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 shıńırdı 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 mısál 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

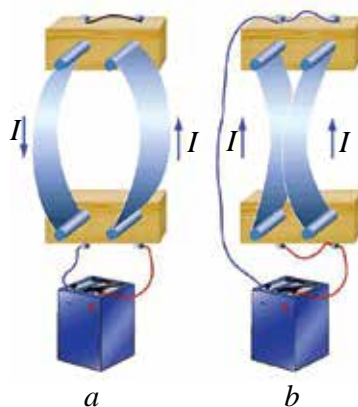
Uzınlıǵı 30 cm bolǵan ótkizgishten 2 A tok ótpekte. Ótkizgish indukciyası 1,5 T bolǵan bir tekli magnit maydanınıń indukciya sızıqlarına 30° múyesh astında jaylasqan. Ótkizgish Amper kúshi baǵıtında 4 cm ge kóshkende qanday jumıs atqarıladı?

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

5-tema. TOKLI ÓTKIZGISHLERDİŇ 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 tayanışqa bekkemleybiz.

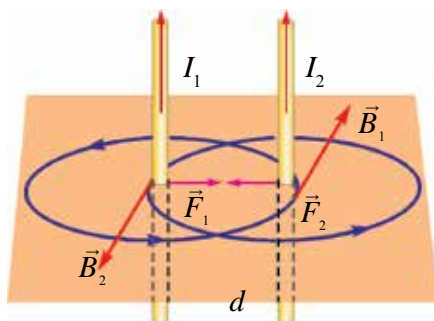
Eger ótkizgishlerdiń joqarǵı bólimin sım arqalı jalǵasaq, ótkizgishlerden qarama-qarsı baǵıtta tok ótedi (1.13-*a* súwret). Nátiyjede ótkizgishler bir-birinen jılısıp, arasındaǵı aralıq uzaqlasadı. Eger ótkizgishlerden birdey baǵıtta tok ótiwin támiyinlesek, ótkizgishler bir-birine tartıladı (1.13-*b*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



1.13-súwret.

Amper nızamınan paydalanıp, vakuumdǵı 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 toklardıń magnit maydanı indukciya vektorınıń sıziqları koncentrlı sheńberden ibarat boladı. Eger I_1 tok tómennen 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 toqtıń 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: Δl —ekinshi ótkizgishtiń magnit maydanında jaylasqan bóliminiń uzınlıǵı. Bul formulaǵa tuwrı toqtıń 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 uzınlıǵına 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 uzınlıǵında $2 \cdot 10^{-7}$ 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 uzınlıǵına 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: $F = ?$		<i>Juwabi:</i> $F = 2 \cdot 10^{-4} \text{ N}$.

6-tema. BIR TEKLI MAGNIT MAYDANÍDA ZARYADLÍ BÓLEKSHENÍŇ QOZĞALÍSÍ. 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:

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

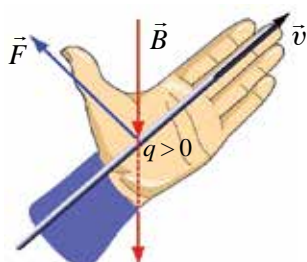
bunda: e – elektron zaryadı; v – bóleksheniń tartipli qozǵalıw tezligi; n – zaryadlar koncentraciyası; S – ótkizgishtiń kese kesim beti.

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 arasındaqı múyesh sinusınıń kóbeymesine teń boladı.

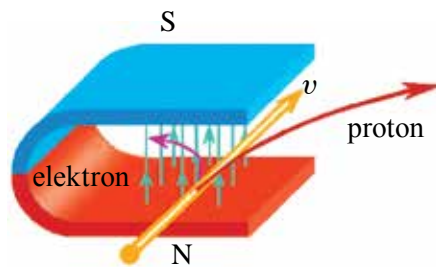
Lorenc kúshi baǵıtı shep qol qaǵıydası járdeminde anıqlanadı (1.15-súwret). **Eger shep qoldıń alaqańına magnit indukciyası vektorı tik túsetuǵın hám kórsetkish barmaqqlar baǵıtı onıń zaryad qozǵalıwın baǵıtı menen birdey bolsa, ol jaǵdayda 90° qa ashılǵan bas barmaq Lorenc kúshiniń baǵıtın kórsetedi.**

Magnit maydanına ushıp kelip atırǵan protonǵa tásir etip atırǵan Lorenc kúshi, shep qol qaǵıydası boyınsha, onıń 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

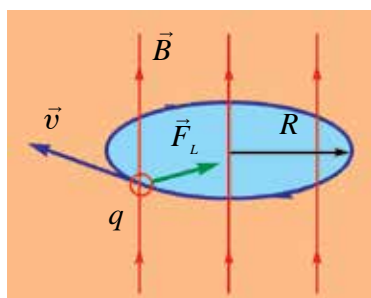
bağdarlangan boladı (1.16-súwret). Eger zaryadlı bólekshe magnit indukciya sızıqları boylap qozǵalsa, oǵan magnit maydanı tárepinen kúsh tásir etpeydi.



1.15-súwret.



1.16-súwret.



1.17-súwret.

Endi zaryadlı bóleksheniń qozǵalıısına **Lorenc** kúshiniń tásirin 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 arasındǵı múyesh 90° 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 keri proporcional eken.

Bóleksheniń tolıq bir máрте aylanıwı ushın ketken waqıttı, yaǵnıy aylanıw dáwirin anıqlayıq. Bunıń ushın bólekshe bir máрте 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: $v = ?$	$[v] = \frac{C \cdot T \cdot m}{\text{kg}} = \frac{\text{m}}{\text{s}}$	$\text{Juwabi: } v = 8,4 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$

1-shinóiw.

1. Radiusı 4 cm bolǵan saqıyna indukciyası 0,5 T bolǵan bir tekli magnit maydanı indukciya sıziqlarına tik jaylastırılǵan. Saqıynadan ótip atırǵan magnit aǵımı qanday? (*Juwabı: 25,12 mWb*).

2. Magnit indukciyası 4 T bolǵan bir tekli magnit maydanında jaylasqan maydanı 250 cm² bolǵan sımli ramkadan ótip atırǵan magnit aǵımı 87 mWb qa teń. Magnit maydan indukciya sıziqları betke qanday múyesh astında túspekte? (*Juwabı: 30°*).

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

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

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

6. Radiusı 10 cm, oramlar sanı 500 bolǵan 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 bolǵan óz ara tik baǵdarlangan eki bir tekli maydanlar qosılǵanda, nátiyjeli maydannıń indukciyası qanday boladı? (*Juwabı: 5 mT*).

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

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

10. Magnit maydanında turǵan beti 80 cm² bolǵan ramkaǵa tásir etetuǵın maksimal kúsh momenti 7,2 mN·m ǵa teń. Eger ramkadan 0,2 A tok ótip atırǵan bolsa, maydan indukciyası nege teń? (*Juwabı: 1,2 T*).

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

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

13. Uzunluğu 25 cm bolğan ótkizgishten 4 A tok ótpekte. Ótkizgish indukciyası 1,2 T bolğan bir tekli magnit maydanınıń indukciya sızıqlarına 45° múyesh astında jaylasqan. Ótkizgish Amper kúshi bağıtında 3 cm ge kóshkende qanday jumıs atqaradı? (*Juwabı*: 25,4 mDj).

14. Uzunluğu 40 cm bolğan ótkizgishten 2,5 A tok ótpekte. Ótkizgish bir tekli magnit maydanınıń indukciya sızıqlarına perpendikulyar bağıtta 8 cm awısqanda, 32 mDj jumıs atqarılğan. Magnit maydanı indukciyası nege teń? (*Juwabı*: 0,4 T).

15. Uzunluğu 40 cm bolğan ótkizgish indukciyası 2,5 T bolğan bir tekli magnit maydanında 12 cm/s tezlik penen qozǵalmaqta. Eger ótkizgish 3 s ishinde indukciya sızıqlarına perpendikulyar bağıtta 8 cm awısqanda, 144 mDj jumıs atqarılğan bolsa, ótkizgishtegi tok kúshi nege teń? Magnit maydanı indukciyası sızıqları hám tok bağıtı arasındagı múyeshti 90° dep alıń. (*Juwabı*: 0,4 A).

16. Eki sımlı turaqlı elektr toki uzatıw liniyası sımlarınıń hár bir metr uzunlıǵına tuwrı keletuǵın óz ara tásir kúshin esaplań. Sımlar arasındagı aralıq 2 m, tok kúshi 50 A ge teń dep alıń. (*Juwabı*: 0,25 mN).

17. Eki parallel tokli ótkizgishlerdiń hár birinen bir tárepke baǵdarlangan 2 A tok ótpekte. Tokli ótkizgishler arasındagı aralıq 4 cm. Tokli ótkizgishler ortasındagı noqatta magnit maydanı indukciyası nege teń? (*Juwabı*: nolge teń).

18. $4 \cdot 10^7$ m/s tezlik penen qozǵalıp atırǵan proton indukciyası 5 T bolğan bir tekli magnit maydanına ushıp kirkende oǵan qanday kúsh tásir etedi? Bóleksheniń tezlik bağıtı hám maydan indukciya kúsh sızıqları arasındagı múyeshti 45° qa teń dep alıń. (*Juwabı*: 22,4 pN).

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

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

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

I BAPTÍ JUWMAQLAW BOYÍNSHA TEST SORAWLARI

- Elektr tokiniń magnit tásiri tok qaysı ortalıqlardan ótkende baqlanadı?**
A) elektrolitlerden; B) metallardan;
C) vakuumda; D) qálegen ortalıqtan.
- Magnit aǵımınıń birligin kórsetiń.**
A) Tesla; B) Veber; C) Amper; D) Ersted.
- Ótkizgishten turaqlı tok ótkende onıń átirapında qanday maydan payda boladı?**
A) elektr maydanı; B) magnit maydanı;
C) elektromagnit maydanı; D) gravitaciyalıq maydan.
- Súwrette 4 jup tok ótiw baǵıtları kórsetilgen. Qaysı halatta olar óz ara tartısağı?**
A) \updownarrow ; B) $\rightarrow\leftarrow$; C) $\downarrow\downarrow$; D) $\rightarrow\downarrow$.
- Súwrette 4 jup tok ótiw baǵıtları kórsetilgen. Qaysı halatta olar óz ara iyterisedi?**
A) \updownarrow ; B) $\rightarrow\rightarrow$; C) $\downarrow\downarrow$; D) $\rightarrow\downarrow$.
- Magnit maydanına jaylastırılǵan maydanı $0,05 \text{ m}^2$ bolǵan toklı ramkadan 2 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) $8\pi \cdot 10^{-6} \text{ T}$.
- Radiusı 4 cm bolǵan sım saqıynadan $0,8 \text{ A}$ tok ótpekte. Saqıyna orayındaǵı magnit indukciyasın anıqlań.**
A) 2 T ; B) $0,4 \text{ T}$; C) $0,5 \text{ T}$; D) $0,2 \text{ T}$.
- Indukciyası $0,1 \text{ T}$ bolǵan magnit maydanı sızıqlarına tik jaylasqan 25 cm uzınlıqtaǵı ótkizgishten ótip atırǵan tok 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. Tómendegi 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 túsiniń, qaǵıyda hám nızamlar

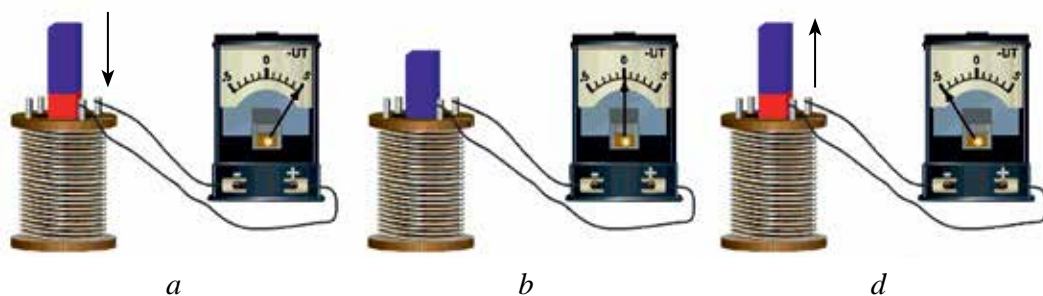
Magnit kúsh sızıqları	Magnit kúsh sızıqları magnittiń arqa polyusinen shıǵıp, qubla polyusine kiriwshi jabıq sızıqtan ibarat.
Magnit indukciya aǵımı	ΔS —betten ótip atırǵan magnit indukciya aǵımı Φ dep, magnit indukciya B vektorınıń, usı betke kóbeymesine aytıladı $\Phi = B \cdot \Delta S$.
Magnit aǵımı birligi	Magnit maydan indukciyası 1 T ǵa teń bolǵan magnit maydanınıń indukciya sızıqlarına tik qoyılǵan 1 m ² betti kesip ótip atırǵan magnit aǵımı 1 Wb ǵa teń 1 Wb = 1 T · m ² .
Bio – Savar – Laplas formulası	Tokli ótkizgishtiń erkin Δl 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 principini	$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3 + \dots + \vec{B}_n$. 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.

Toklı 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 toklı parallel ótkizgishlerdiń arasındaǵı tásir kúshi	$F = \mu_0 \frac{I_1 \cdot I_2}{2\pi \cdot d} \cdot \Delta l$ – parallel toklı ótkizgishlerdiń birlik uzınlıqlarına tuwrı kelgen óz ara tásir kúshi olardan ótip atırǵan tok kúshleriniń kóbeymesine tuwrı, al arasındaǵı aralıqqa kerı proporcional esaplanadı.
Tok kúshi birliǵi 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.
Lorenc 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° qa kerilgen bas barmaq Lorenc 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 bap. ELEKTROMAGNITLIK INDUKCIYA

7-tema. ELEKTROMAGNITLIK INDUKCIYA QUBİLISI. INDUKCIYA ELEKTR JÚRGIZIWSHI KÚSH. FARADEY NÍZAMÍ

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



2.1-súwret.

Kórgizbeli ásbaplardan paydalanǵan halda Faradey tárepinen ótkizilgen tájiriýbeni 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 ózgertilgende katushkada elektr júrgiziwshi kúsh 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.

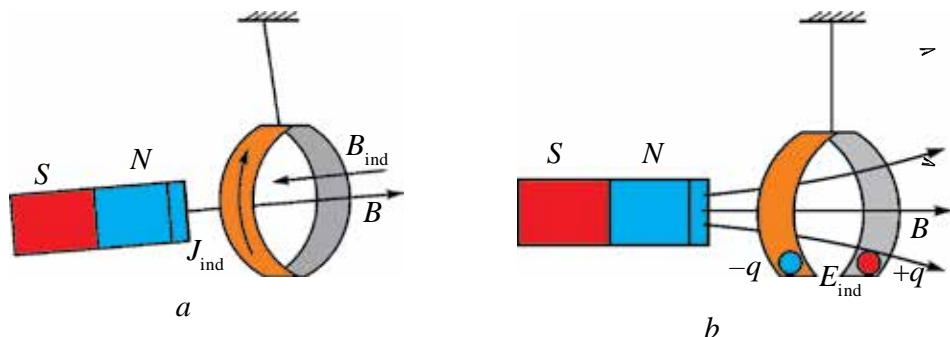
(2–1) ańlatpasındaǵı (–) belgi konturda payda bolatuǵın indukciyalıq toktıń baǵıtı menen baylanıslı bolıp, ol Lenc qaǵıydası boyınsha túsindiriledi.

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 bağıtın anıqlaw maqsetinde tómenдегі tájiriybeni 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 yaqı onnan uzaqlastırılǵanda magnittiń saqıynaǵa táseri baqlanbaydı. Bunıń sebebi kontur tuyıq bolmaǵanlıǵı ushın saqıynada indukciyalıq tok payda bolmawı esaplanadı (2.2-b súwret). Tájiriybe nátiyjeleri boyınsha Lenc indukciyalıq tok bağıtın 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 sıpatlañ.
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 Ω elektr qarsılıǵına iye bolsa, saqıynada qanday indukciyalıq tok payda boladı?

Berilgen:
 $\Delta t = 0,2 \text{ s}$
 $\Delta \Phi = 5 \text{ m Wb} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ Wb}$
 $R = 0,25 \text{ } \Omega$

Tabıw kerek:
 $I = ?$

Formulası:

$$\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

$$I = \frac{\mathcal{E}_i}{R} = -\frac{\Delta \Phi}{R \cdot \Delta t}$$

$$[I] = \frac{\text{Wb}}{\Omega \cdot \text{s}} = \text{A}$$

Sheshiliwi:

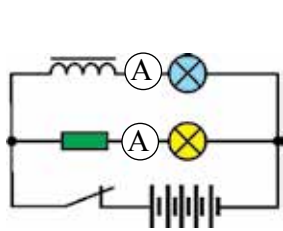
$$I = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{0,25 \cdot 0,2} \text{ A} = 0,1 \text{ A.}$$

Juwabi: $I = 0,1 \text{ A.}$

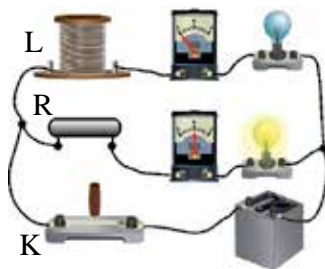
8-tema. ÖZLIK INDUKCIYA QUBİLİSİ. ÖZLIK INDUKCIYA EJK. INDUKTIVLIK

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.

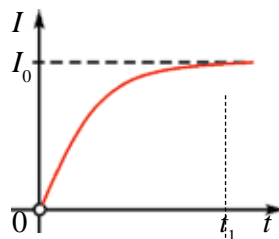
Özlik indukciya qubılısın baqlaw múmkin bolǵan elektr shınjırı 2.3-a súwrette keltirilgen. Shınjır eki birdey lampa, R qarsılıq, kóp oramlı katushka, gilt hám tok dereginen ibarat. Lampalardıń biri ishinde temir yadrosı bolǵan katushka arqalı, ekinshisi R qarsılıq arqalı tok deregine jalǵanǵan. Gilt jalǵanǵanda katushka arqalı shınjırǵa jalǵanǵan lampa biraz keshigip, al R qarsılıq arqalı jalǵanǵan ekinshi lampa, gilt jalǵanıwdan janǵanlıǵın kóremiz (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).



a



b



d

2.3-súwret.

Bul dáwirde katushkada tok deregin payda etken tokqa kerı baǵdarlanǵan 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:

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

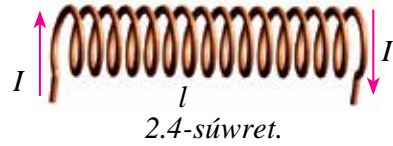
bul ańlatpadan tómendegi juwmaq kelip shıǵadı: **ózlik indukciya elektr júritiwshi kúshiniń shaması konturdaǵı tok kúshiniń ózgeriw tezligine ($\frac{\Delta I}{\Delta t}$) tuwrı proporcional boladı.**

(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, konturdıń induktivligi 1 H qa teń boladı, yaǵnıy:

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

Uzunluğu l , kese kesim maydanı S , oramlar sanı N bolğan uzun katushka yaki solenoid (2.4-súwret) delinedi. Onıń induktivligi tómendegi añlatpa járdeminde anıqlanadı:



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

Bunda: μ_0 – coefficient vakuumnıń magnit turaqlısı bolıp, onıń san mánisi $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{N}}{\text{A}^2}$ ğa teń. μ – solenoid ishindegi ortalıqtıń magnit síndiriwsheńligi (zattıń magnit síndiriwsheńligi 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 mısaldağı katushkaǵa izbe-iz jalǵanǵan lampanıń janıwı hám óshiwiniń áste-aqırın júz beriw procesin, inertlirek deneniń ornınan áste qozǵalıwı hám onıń 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 EJKnıń añlatpasın jazıń hám onı túsindirih.

Másele sheshiw úlgisi

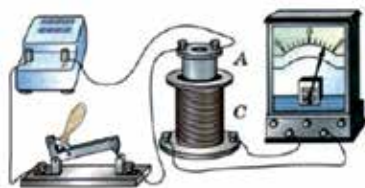
Katushkadağı tok 0,2 s dawamında nolden 3 A ға shekem tegis ózgergende 1,5 V ózlik indukciya EJK payda bolsa, katushkanıń induktivligi qanshaǵa teń?

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}$	<i>Juwabi:</i> $L = 0,1 \text{ H.}$

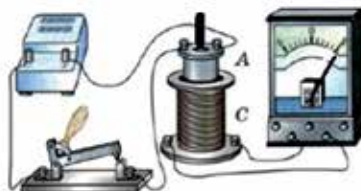
9-tema. ZATLARDIŃ MAGNITLIK QÁSIYETLERI

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 qalatuǵın bunday zatlarǵa **magnetikler** delinedi.

Biz 2-temada katushka ishinde payda bolǵan magnit maydanı katushkadan ótip atırǵan 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 jasalǵan yadrolar, ampermetr hám giltten ibarat.



a



b

2.5-súwret

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

Katushka ishinde payda bolıp atırǵan magnit maydanı indukciyası oǵan kirgizilgen zattıń tábiyatına baylanıslı eken, yaǵnıy:

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

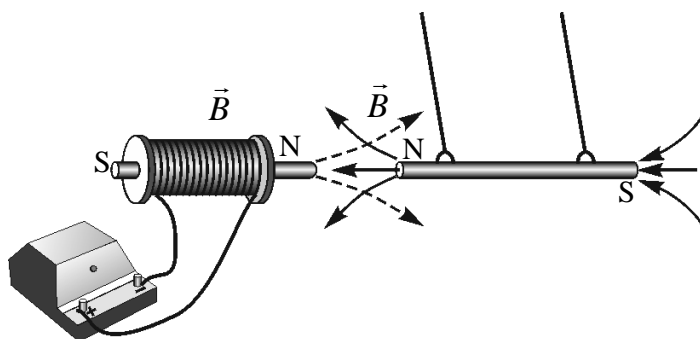
Demek, tokli katushkanıń qanday da bir ortalıqta payda etken magnit maydanınıń indukciyası (B), onıń vakuumda payda etken magnit maydanı indukciyası (B_0) na tuwrı proporcional bolıp, ortalıqtıń túrine (μ) de baylanıslı boladı. (2-6) ańlatpadan μ di tapsaq:

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

Bul teńliktegi μ – ortalıqtıń magnit sińdiriwsheńligi dep ataladı. Ol tek ortalıqtıń tábiyatına baylanıslı bolıp, ortalıқтаǵı maydan indukciyası, vakuumdaǵı magnit maydanı indukciyasınan neshe ese pariqlanatuǵının bildiredi.

Tabiyatta ushırasatuǵın barlıq zatlar magnit sińdiriwsheńligine qarap ush túрге bólinedi. Bular: **diamagnetikler, paramagnetikler hám ferromagnetikler.**

Magnit sińdiriwsheńligi birden kishi ($\mu < 1$) bolǵan zatlarǵa diamagnetikler delinedi. Altın, gúmis, mıs, cink hám ayırım gazlar diamagnetikler esaplanadı. Magnit maydanına kirgizilgen diamagnetikler onı páseytedi. Bunday zatlarǵa magnit maydanı jaqınlastırılǵanda maydandan uzaqlasadı (2.6-súwret).



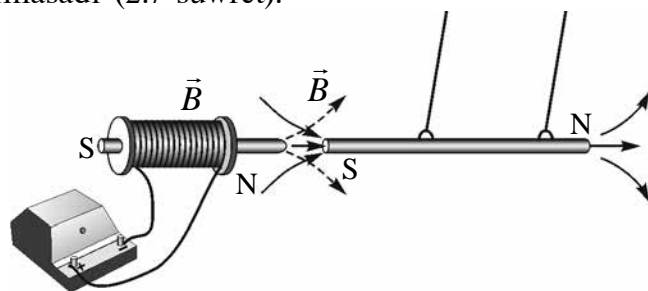
2.6-súwret.

Magnit sińdiriwsheńligi birden biraz úlken ($\mu > 1$) bolǵan zatlarǵa **paramagnetikler** delinedi.

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

Magnit siñdiriwsheñligi birden jüdá joqarı ($\mu \gg 1$) bolğan zatlar **ferromagnetikler** delinedi. Temir, nikel, kobalt hám olardıñ 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 keñ qullanıladı. Máselen, transformator, tok generatore, elektrodvigatel hám basqa qurılımlardıñ yadroları ferromagnit materiallardan jasaladı. Keyingi waqıtları turaqlı magnitler medicinada da keñ qullanılıp kelmekte. Olardan qan basımın túsiriwshi maslama sıpatında qolğa tağılatuğın bilezik tayarlanbaqta.



1. Magnetikler dep nege ayıladı?
2. Magnit siñdiriwsheñliktiñ fizikalıq mánisin túsindirih.
3. Tabiyattağı zatlar magnit siñdiriwsheñligine qarap qanday túrlerge bölinedi?
4. Ferromagnetiklerdiñ texnikada qullanılıwına baylanış mısallar keltirih.

Másele sheshiw úlgisi

Magnit maydanı indukciyası 0,50 T bolğan yadrosız katushkağa magnit siñdiriwsheñligi 60 qa teñ 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:	$\Delta B = \mu \cdot B_0 - B_0$	Juwabi: $\Delta B = 29,5 \text{ T}$
$\Delta B = ?$		

10-tema. MAGNIT MAYDANININ ENERGIYASI

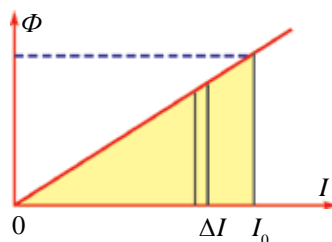
Zaryadlangan dene elektr maydanı energiyasına iye bolğan sıyaqlı, tokli ótkizgishtin átirapında payda bolğan magnit maydanı da energiyağa iye boladı. Magnit maydanının energiyasın esaplawdı tómendegi mısalda kórip shıǵamız. Induktivligi L bolğan katushka tok dereğine reostat arqalı izbe-iz jalǵanǵan bolsın (2.8-súwret).

Katushkadan ótip atırǵan tok energiyasının bir bólimi onda magnit maydanın payda etiwge jumsaladı. Energiyanın saqlanıw nızamı boyınsha, tok payda etken energiya magnit indukciya aǵımın payda etiw ushın jumsalǵan jumısına teń bolatuǵının bildiredi, yaǵnıy:

$$W = A.$$



2.8-súwret.



2.9-súwret.

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

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

Ol jaǵdayda tokli ótkizgish átirapında payda bolğan magnit maydanı energiyasın esaplaw formulası tómendegi kóriniske keledi:

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

Demek, tokli konturdań magnit maydanı energiyası onıń induktivligi menen konturdan ótip atırǵan tok kúshi kvadratı kóbeymesiniń yarımına teń eken.

(2-9)den kórinip turǵanıday, toktıń magnit maydan energiyasının 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 qurılımalardı bilesiz?

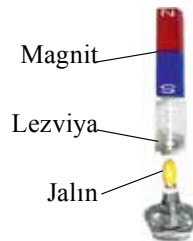
Másele sheshiw úlgisi

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

Berilgen:	Formulası:	Sheshiliwi:
$W=4 \text{ mDj}=4 \cdot 10^{-3} \text{ Dj}$ $L=0,2 \text{ H}$	$W = \frac{L \cdot I^2}{2}$	$I = \sqrt{\frac{2 \cdot 4 \cdot 10^{-3}}{0,2}} = 0,2 \text{ A.}$ <i>Juwabı: I=0,2 A.</i>
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. (*Juwabı: 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. (*Juwabı: 1250 V*).

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

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

5. Induktivligi 0,8 H hám kese kesim maydanı 200 cm² bolǵan katushka arqalı 2 A tok ótpekte. Eger katushka 50 oramnann quralǵan bolsa, onıń ishindegi magnit maydanı indukciyası qanday? (*Juwabı: 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? (*Juwabı: 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? (*Juwabı: 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? (*Juwabı: 10*).

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

ishindeki magnit maydanı indukciyası qanday boladı? Katushkadağı oramlar sanı 150 ge teń. (*Juwabı: 0,28 T*).

10. Solenoidtan 2,5 A tok ótkende, onda 0,8 mWb magnit aǵımı payda bolsa, magnit maydanı energiyasın anıqlań (*Juwabı: 2,5 mDj*).

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

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

II BAPTÍ JUWMAQLAW BOYINSHA TEST SORAWLARI

- 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 baǵıtı kim tárepinen anıqlanǵan?**
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 atırǵan magnit aǵımı 0,3 s dawamında 15 ten 12 Wb qa shekem tegis kemeygen bolsa, konturda payda bolǵan indukciya EJK nı tabıń (V).**
A) 10; B) 9; C) 4,5; D) 5.
- 6. 150 oramǵa iye bolǵan katushkadağı magnit aǵımı 0,5 s da 15 mWb qa ózgergen bolsa, onda indukciyalanǵan EJKin anıqlań (V).**
A) 10; B) 5; C) 9; D) 4,5.
- 7. Magnit aǵımınıń ózgeriw tezligi 120 mWb/s bolǵanda, 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 bolǵanda katushkada payda bolǵan magnit aǵımı 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 sińdiriwshenligi qanday boladı?
 A) $\mu > 1$; B) $\mu \gg 1$; C) $\mu < 1$; D) $\mu = 1$.
11. Katushkaǵa 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 bolǵan yadrosız katushkaǵa magnit sińdiriwshenligi 25 ke teń bolǵan ferromagnit yadrosı kirgizildi. Katushkada magnit maydanı indukciyası qansha boladı (T)?
 A) 1,2; B) 4; C) 2; D) 3,6.
13. Qarsılıǵı 0,04 Ω bolǵan kontur arqalı ótiwshi magnit aǵımı 0,6 s ta 0,012 Wb ǵa ózgergende, konturda payda bolǵan tok kúshin tabıń (A).
 A) 0,5; B) 1,5; C) 3; D) 0,4.
14. Induktivligi 30 mH bolǵan 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 (Φ) 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	$\mathcal{E}=-\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=-L\frac{\Delta I}{\Delta t}$ ózlik indukciya elektr júritiwshi kúshiniń shaması konturdaǵı ($\frac{\Delta I}{\Delta t}$) tok kúshiniń ózgeriw tezligine tuwrı proporcional boladı.
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	$W = \frac{L \cdot I^2}{2}$ toktıń magnit maydanı energiyası, konturdıń induktivligi menen onnan ótip atırǵan tok kúshi kvadratı kóbeymesiniń yarımına teń.

III bap.

ELEKTROMAGNITLIK TERBELISLER

KIRISIW

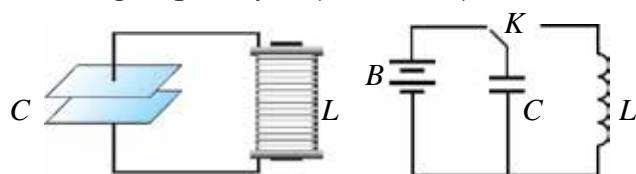
Biz janajan respublikamızdın túrli qala hám awıllarında jasaymız. Olar paytaxttan júzlegen hám mińlağan kilometr uzaqlıqta jaylasqan. Olar bir-birinen sonshelli uzaqta jaylasqanlıǵına qaramastan bir-birimizdın tabıslarımızdan mudamı xabardarmız. Sonıń menen birge pútkil dúnyada bolıp atırǵan waqıyalardan 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 waqıttın 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.

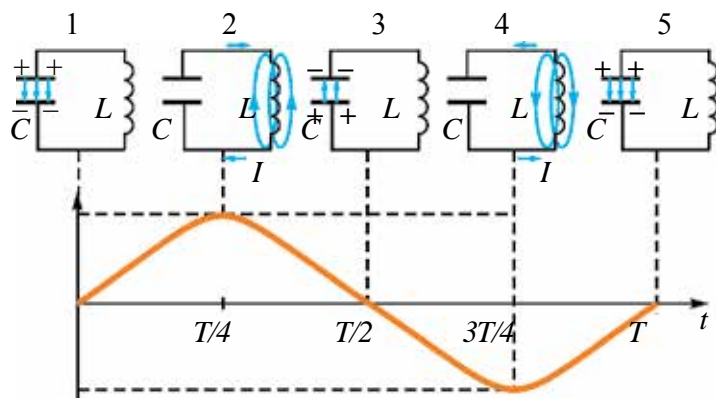
Xabarlar arqalı kelgen kórinis hám sesler televizor, radiopriyomnik hám qol telefonlarımızda qalay payda boladı? Bul sorawlarǵa usı bapta Siz áziz oqıwshılar juwap tabasız.

11-tema. ERKIN ELEKTROMAGNITLIK TERBELISLER (TERBELIS KONTURÍ). TERBELIS KONTURÍNDA ENERGIYANÍŇ 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 tolǵıraǵ 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,

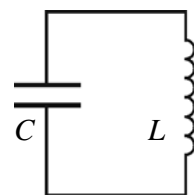
katushkanıń induktivligi sebepli áste-aqırın kóbeyip, óziniń maksimal mánisine erisedi (súwrettegi grafikke qarań). Katushkadan ótip atırǵan tok átirapında payda bolǵan magnit maydanı da ósiwshi boladı (2-halat). Bul jaǵdayda kondensator qaplamaları arasındaǵı elektr maydanı energiyası nolge shekem kemeyedi. 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 aldındıday izbe-izlikte dawam etedi.

Kórip ótilgen proceslerden tómendegi juwmaqlardı shıǵaramız:

1. Kondensator hám induktiv katushkadan ibarat shıńjırda, bir márte turaqlı tok dereginen kondensatorǵa berilgen zaryad, tuyıq shıńjırda 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 shıńjırdaǵı proces te terbelmeli xarakterge iye. Ol **elektromagnit terbelisler** delinedi. Elektromagnit terbelisler payda bolıp atırǵan katushka (L) hám kondensator (C)dan ibarat tuyıq shıńjır **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 sekundlarda, ν – 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 salıstırıp mümkin. 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} F , katushkanıń induktivligi $0,4 \text{ H}$. Kondensatordaǵı maksimal kernew 2 V qa teń. Terbelis konturı jeke terbelisleri dáwiri hám konturdaǵı maksimal energiyanı tabıń.

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



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

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

Biz kórip shıqqan terbelis konturında payda bolatuǵın elektromagnitlik terbelisler payda etiw ushın dáslepki $t_0=0$ waqıt momentinde kondensatorǵa q_m zaryad berildi hám onnan keyin sistemaǵa sırttan hesh qanday tásir kórsetilmedi. *Sırtqı tásir bolmaǵan halda payda bolatuǵın terbelisler | erkin terbelisler* dep ataladı.

10-klasta úyrenilgen mexanikalıq terbelisler hám elektromagnitlik terbelisler teńlemeleriniń uqsashlıǵınan kondensatordağı zaryadtıń ózgeriwin 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.

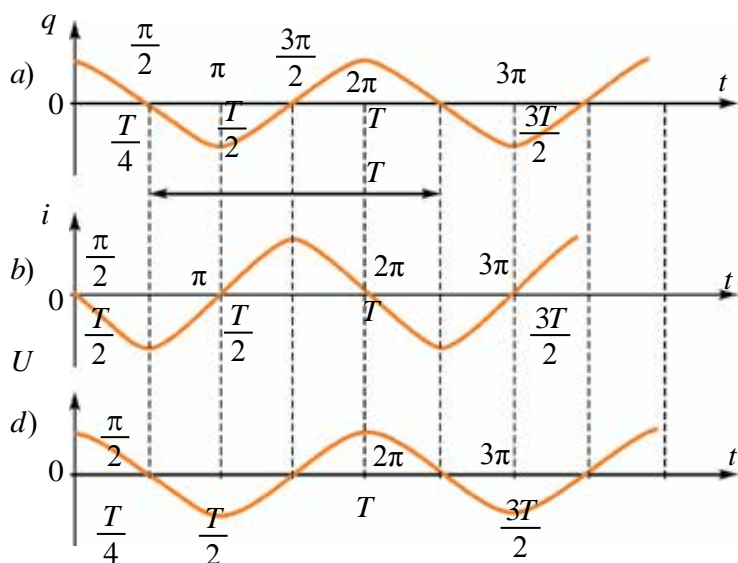
Terbelip atırǵan shamanıń eń úlken mánisi moduli **terbelis amplitudası** yaki **amplitudalı mánis** dep ataladı.

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 awıswına 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).

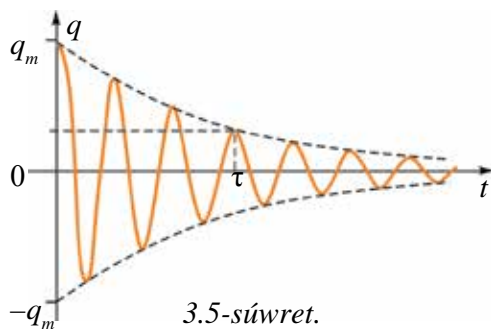


3.4-súwret.

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 awıswıların 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 $\frac{\pi}{2}$ aldında ótip ketedi. Zaryad penen kernew birdey fazada ózgeredi.

Joqarıda ayılğanınday, ideal terbelis konturında payda bolğan terbelisler sónbeydi. Real konturda R nolge teń bolmağanlıqtan 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.

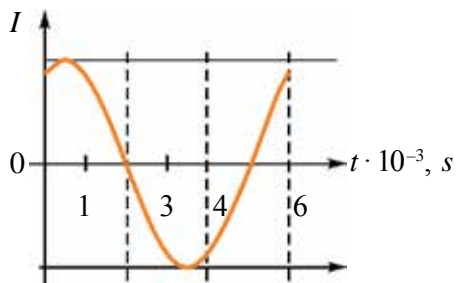
Sóniwshi terbelisler dáwirli bolmağan terbelislerge kiredi. Olardıń teńlemeleri differencial teńlemeler arqalı ańlatılǵanlıǵı sebepli quramalı másele esaplanadı. Sol sebepli olardıń sheshimi keltirilместen, grafigin keltiriw menen sheklenemiz.

Másele sheshiw úlgisi

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

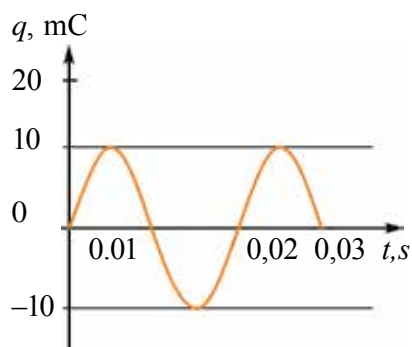
Sheshiliwi: Keltirilgen grafik boyınsha waqıttıń $2 \cdot 10^{-3}$ s hám $3,5 \cdot 10^{-3}$ s aralığında katushkadan ótetuǵın tok kúshi artıp, óziniń maksimal mánisine erisedi.

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



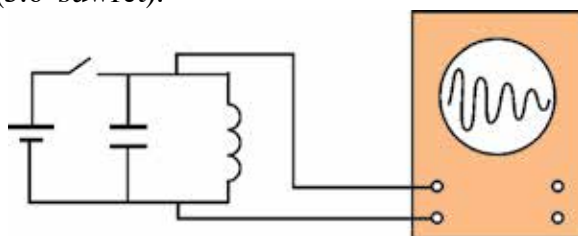


1. Terbelis konturındağı magnet hám elektr maydanı energiyalarınń waqtqa baylanıslıq grafiklerin sızın.
2. Konturdağı terbelislerdiń sóniwi katushkadağı oramlar sanına qalay baylanıshı?
3. Súwrette kontur kondensatorındağı zaryadtıń waqtqa baylanıslıq grafigi keltirilgen. Kontur induktivlik katushkasındağı tok kúshiniń $t=1/300$ s tağı mánisin anıqlañ.



13-tema. TRANZISTORLÍ ELEKTROMAGNIT TERBELISLER GENERATORÍ

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



3.6-súwret.

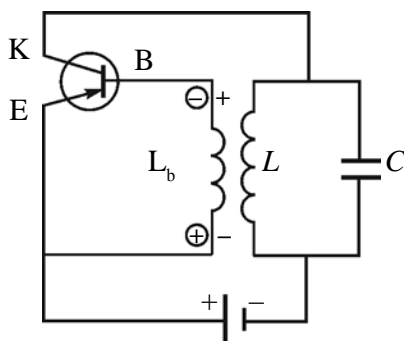
Bunıń sebebi, joqarıda kórip ótilgenindey, konturda katushkanı qurağan hám jalǵawshı ótkizgishlerdiń elektr qarsılıǵı esaplanadı. Belgili bolǵanıday, ótkizgish elektr qarsılıǵı sebepli tok ótkende qızadı. Elektr energiyası jıllıq energiyasına aylanadı. Sonlıqtan konturda payda bolǵan erkin elektromagnit 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 esleñ.* Sol boyınsha úzip-jalǵaǵısh kondensator qaplamalarınıń qayta zaryadlanıwı dáwirinde batareya polyuslerindegi kernew belgisi menen sáykes kelgende jalǵanıwı kerek.

Bunıń 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 yaqı 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 aralıǵına bólek, kollektor–emitter aralıǵına 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-súwret.

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 qoyladı 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 toqtıń hám shaması, ham baǵıtı ózgerip turadı. Demek, L_b da payda bolǵan elektr júrgiziwshi kúshin 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

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 *kiriw-degi* (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° 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?

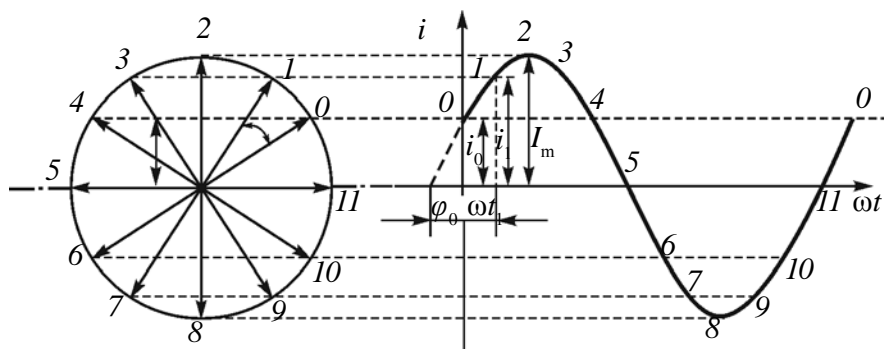
14-tema. ÓZGERMELI TOK SHINJIRINDAǴI AKTIV QARSILIQ

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

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

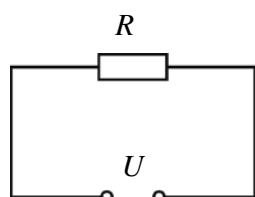
teńleme menen berilgen bolsın.

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 turmısta 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 (jıllılıq, jaqtılıq hám basqa) energiyaǵa tolıq aylanadı.

Ótkizgish sımalar 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

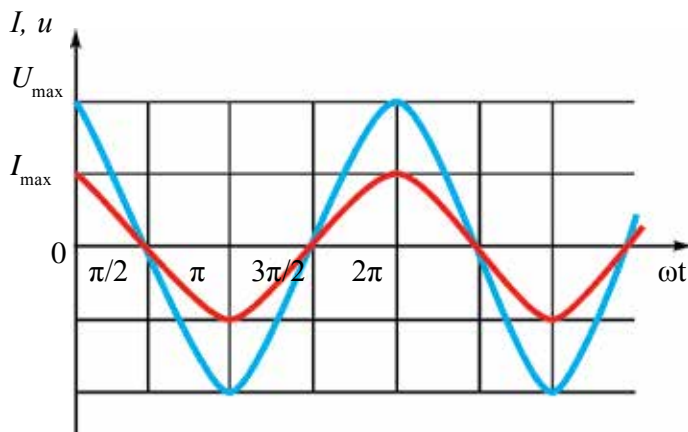
$$i = \frac{u}{R} = \frac{U_m \cos \omega t}{R} = I_m \cos \omega t.$$

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.

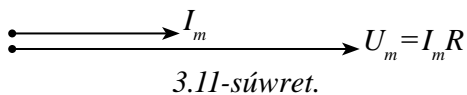
Kernewdiń (3-6) ózgeriw teńlemesi tok kúshi ushın alınǵan (3-7) teńleme menen salıstırılса, aktiv qarsılıqtaǵı kernew hám tok kúshiniń terbelisleri birdey fazada boladı degen juwmaqqa kelinedi. Kernew hám tok kúshi terbelisleriniń grafikleri 3.10-súwrette keltirilgen.



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 jıyiligi 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.

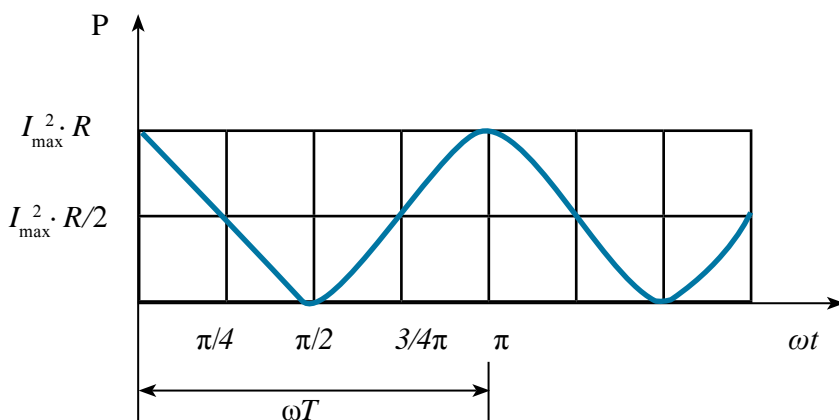
Bunda: $P_m = I_m \cdot U_m$ bolıp, ózgermeli toktıń maksimal mánisi delinedi. $\cos^2 \omega t$ ańlatpa mudamı oń bolǵanlıqtan ózgermeli tok quwatlılıǵınıń bir zamatlıq mánisi de oń belgide boladı (3.12-súwret).

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 túsiniǵin kirgizemiz.

Ózgermeli toktıń I_{ef} effektiv mánisi dep, birdey waqt ishinde aktiv qarсылıqtan ózgermeli tok ótkende bólinip shıǵatuǵın jıllılıqqa teń jıllılıq muǵdarın bólip 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 jalǵanǵanda onnan 2 A tok ótti. Rezistorda bólinip shıqqan ortasha quwatlılıqtı tabıń.

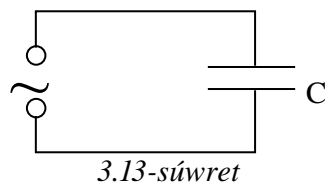
Berilgen: $U_m = 30 \text{ V}$ $I_m = 2 \text{ A}$	Formulası: $P = \frac{I_m U_m}{2}$	Sheshiliwi: $P = \frac{2 \text{ A} \cdot 30 \text{ V}}{2} = 30 \text{ W}.$
Tabıw kerek: $P = ?$		Juwabr: 30 W.



1. Aktiv qarsılıq dep nege ayıladı?
2. Aktiv qarsılıqta kernew hám tok kúshi arasındaǵı 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 SHINJIRINDAĞI 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 tártpi 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:

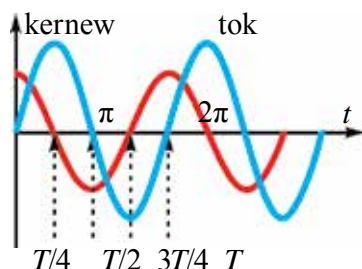
$$X_c = \frac{1}{\omega C}. \quad (3-13)$$

Ol jaǵdayda tok kúshiniń amplituda mánisi tómendegishe boladı:

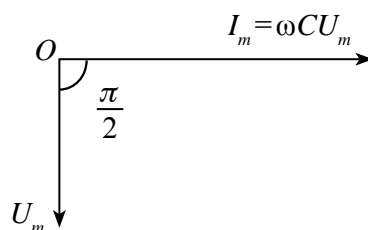
$$I_m = \frac{U_m}{X_c}.$$

Bul ańlatpa shıńjırdıń bir bólimi ushın Om nızamı bolıp, aktiv qarsılıq ornında X_C shama tur. Sonıń ushın ol **sıymılıq qarsılıq (reaktiv qarsılıq)** delinedi. Sıymılıq qarsılıq ta Ω (Om) larda ólshenedi.

Bunnan kondensatordan ótiwshi tok kúshi kondensator sıymılıǵı hám ózgermeli tok jiyiligine baylanıslı bolatuǵını kelip shıǵadı. Sıymılıq hám jiyilik qansha úlken bolsa, shıńjır qarsılıǵı sonsha kishi boladı hám sáykes ráwishte tok kúshi joqarı boladı.



3.14-súwret.



3.15-súwret.

Másele sheshiw úlgisi

Jiyiligi 50 Hz bolǵan ózgermeli tok shıńjırına sıymılıǵı 50 μF bolǵan kondensator jalǵanǵan. Shıńjırdıń sıymılıq qarsılıǵı 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:

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

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

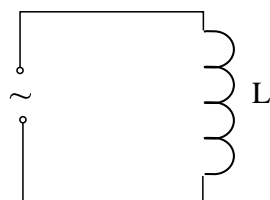
Juwabı: 63,69 Ω .



1. Ne sebepten kondensator arqalı turaqlı tok ótpeydi, lekin ózgermeli tok ótedi?
2. Sıymılıq qarsılıq qanday shamalarǵa baylanıslı?
3. Ózgermeli tok shıńjırına tek kondensator jalǵanǵan halda ózgermeli tok kúshi hám kernewdiń arasındaǵı fazalar ayırmashılıǵı nege teń?
4. $X_c = \frac{1}{2\pi\nu C}$ ańlatpadan qarsılıq birligi Ω nı keltirip shıǵarıń.

16-tema. ÓZGERMELI TOK SHÍNJÍRÍNDAGÍ INDUKTIV KATUSHKA

Mınaday tájiriye ótkereyik. Turaqlı tok dereğine izbe-iz halda elektr lampochkası hám induktiv katushkanı jalǵayıq. 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 shıńjırına 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. Shıńjırdaǵı 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

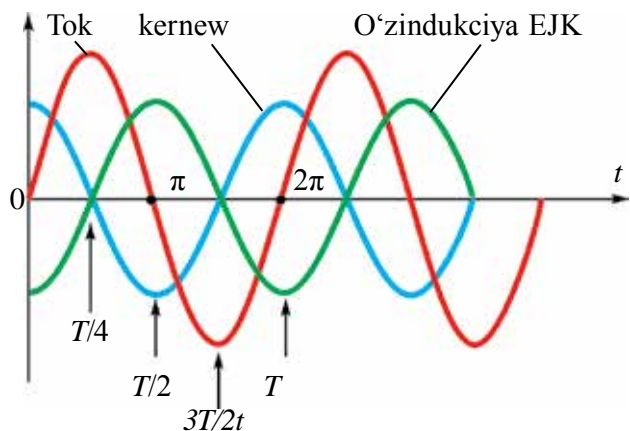
amplituda mánisi. Ol jaǵdayda katushka ushlarına qoyılǵan kernew teńlemesi tómendegishe boladı:

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

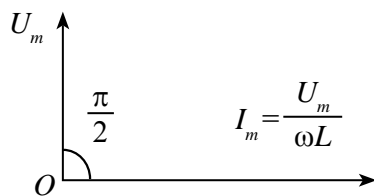
Bul teńleme katushkadan ótip atırǵan tok kúshi ańlatpası (3-14) menen salıstırılса, katushka ushlarına qoyılǵan kernew terbelisleri, tok kúshi terbelislerinen faza boyınsha $\frac{\pi}{2}$ ǵa aldınǵa baratuǵının kóremiz (3.17-súwret). 3.18-súwrette ózgermeli tok shıńjırına tek induktiv katushka jalǵanǵan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

Katushkadaǵı kernewdiń amplituda mánisin, shıńjırdıń bir bólimi ushın jazılatuǵın Om nızamı menen salıstırılса, ωL 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 Ω (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 kernewdiń 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 Ω nı keltirip shıǵarıń.

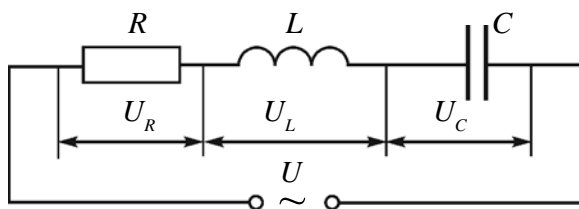
17-tema. AKTIV QARSILIQ, INDUKTIV KATUSHKA HÁM KONDENSATOR IZBE-IZ JALǴANǴAN ÓZGERMELI TOK SHÍNJIRI USHÍN OM NIZAMI

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

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

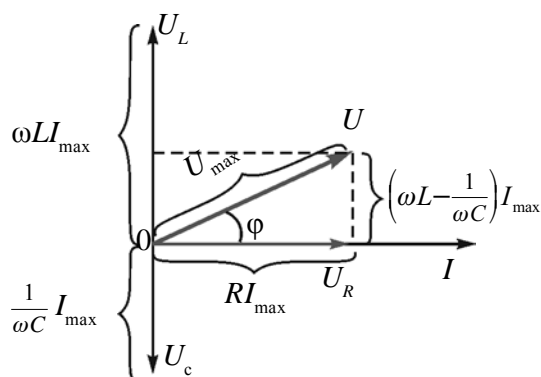
nızamı boyınsha ózgersin. Al, ulıwma kernew tutınıwshılardaǵı kernewler túsıw vektorları jıyındısına teń:

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



3.19-súwret.

Bunda: \vec{U} – shıńjırdaǵı ulıwma kernew, \vec{U}_R – rezistordaqı kernew, \vec{U}_C – kondensatordaqı kernew hám \vec{U}_L – katushkadaǵı 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 qarsılıqtaǵı 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 katushkadaǵı 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 toktıń 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 ayırmaşılıǵın 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, generatordan 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. Dáwirdiń birinshi shereginde, kondensator zaryadlanıp atırǵanda, energiya shıńjırǵa beriledi hám elektr maydanı enegiyası tárizinde toplanadı. Dáwirdiń keyingi shereginde bul energiya magnit maydanı energiyası kórinisinde qaytadan derekke beriledi.

Másele sheshiw úlgisi

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

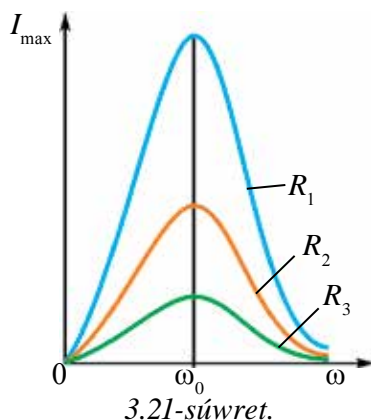
lip shıǵadı. Bunda shınjır qarsılıǵı óziniń minimal mánisine erisedi. Shınjırdaǵı tok kúshi amplitudası

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

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

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

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 máni 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 yaqı induktivlik máni 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 yaqı kondensator da kernewdiń artıp ketiwi onda *elektr tesiliwleri (proboı)* 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:
$\nu = 50 \text{ Hz}$	$\omega L = \frac{1}{\omega C}$	$C = \frac{1}{4 \cdot 3,14^2 \cdot 50^2 \cdot 100 \cdot 10^{-3}} \text{ F} = \frac{10}{98596} \text{ F} \approx$
$L = 100 \text{ mH} = 0,1 \text{ H}$	$4\pi^2 \nu^2 L = \frac{1}{C}$	$\approx 0,0001 \text{ F} \approx 101,4 \text{ } \mu\text{F}.$
Tabıw kerek:	$C = \frac{1}{4\nu^2\pi^2L}$	<i>Juwabı: $\approx 100 \text{ } \mu\text{F}.$</i>
$C = ?$		



1. Kernewler rezonansına sáykes keletuǵın vektor diagramma sıızın.
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 máni nege teń boladı?

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

Jumistñ maqseti. Ózgermeli tok shınjırında 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.

Jumistñ orınlanıwı. 3.22-súwrettegi sızılma boyınsha ásbapları jalǵap shınjır jıynaladı.

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

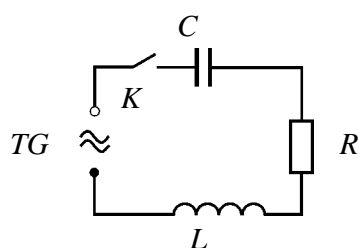
2. Multimetrler ózgermeli kernewdi ólsheytuǵın hám ólshew diapazonı 20 V bolǵan halatqa ótkeriledi hám olar parallel halda kondensatorǵa hám katushkaǵa jalǵanadı.

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 shınjırdań rezonans jiyiligi esaplanadı: $\nu_r = \frac{1}{\sqrt{4\pi^2 LC}}$. Esaplap tabılǵan jiyiliktñ mánisi tájiriybede anıqlanǵan jiyilik mánisi menen salıstırıladı.



3.22-súwret.

Tájiriybe №	TG jiyiligi, Hz	U_C , V	U_L , V
1.			
2.			

7*. Tájiriybe jáne jiyilik arttırılıp tákirarlanadı.

8. Kondensatordaqı U_C hám induktiv katushkadağı U_L kernewlerdiń generator jiyiligine baylanıslıq grafigi sıızladı.



1. Induktivlik artqanda shınjirdaqı tok kúshi aldın artıp, keyin kemeydi. Bunday ózgeristiń sebebi nede?
2. Sıyımlılıq artqanda shınjirdaqı tok kúshi aldın artıp, keyin kemeydi. Bunday ózgeristiń sebebi nede?
3. Eger induktiv katushka ishine yadro kirgizile baslağanda kondensatordaqı, 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 waqt kóbeymesi sıpatında anıqlanadı:

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

Ózgermeli toktıń atqarğan jumısın anıqlaw ushın júdá kishi waqt 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, ondaqı tok kúshi de garmonikalıq nızam boyınsha faza jağınan parıqlanğan halda ózgeredi:

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

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

| *Waqt 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 quwattı biliw ayırıqsha 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:

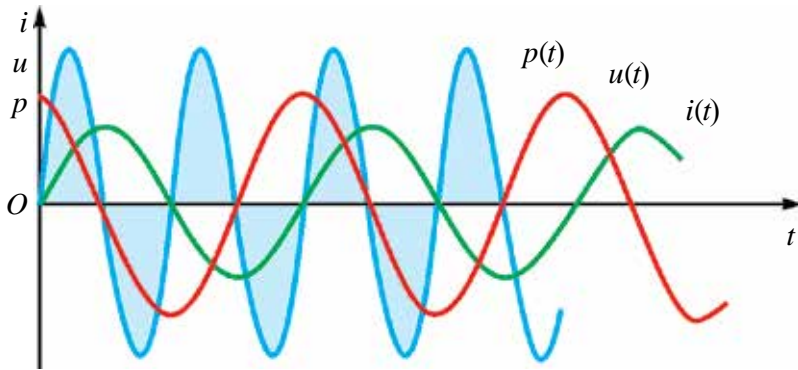
$$P = U \cdot I \cos\varphi. \quad (3-32)$$

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 alıńǵan 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 kerek. 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 kerek:	
$\cos\varphi=?$	
$P=?$	

Sheshiliwi:

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

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

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



1. Ózgermeli tok quwatlılıǵı hám atqarǵan jumısı qalay anıqlanadı?
2. Quwatlılıq koefficienti degende neni túsinesiz?
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 cm², 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. $q=0,03 \cos (100 \pi t + \frac{\pi}{3})$ teńlemeniniń grafigin sızıń.

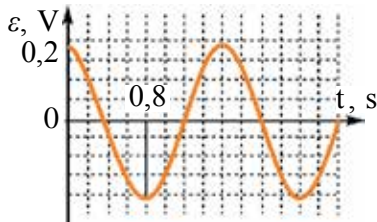
8. Aktiv qarsılıǵı 50 Ω bolǵan ózgermeli tok shıńjırındaǵı kernewdiń amplituda mánisi 100 V, terbeliw jiyiligi 100 Hz. Shıńjırdaǵı tok terbelisleri teńlemesin jazıń. (*Juwabı:* $2 \cos 200\pi t$).

9. Shıńjırdaǵı 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).

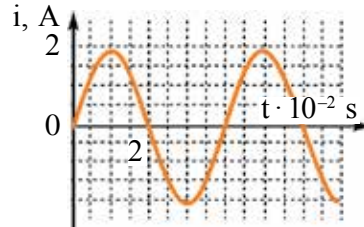
10. Ózgermeli tok shıńjırına jalǵanǵan kondensatordaǵı tok kúshi $0,03 \cos (314 t + 1,57)$ nızamı boyınsha ózgeredi. Kondensatordaǵı maksimal kernew 60 V bolsa, onıń sıyımlılıǵın anıqlań. (*Juwabı:* 5,3 μF).

11. Ózgermeli tok shınjırına jalǵanǵan katushkanıń 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. Kernewdiń effektiv mánisi 127 V bolǵan shınjırǵa induktivligi 0,16 H, aktiv qarsılıǵı 2Ω hám sıyımlılıǵı $64 \mu\text{F}$ bolǵan kondensator izbe-iz jalǵanǵan. Toktıń jiyiligi 200 Hz. Tok kúshiniń effektiv mánisin tabıń.



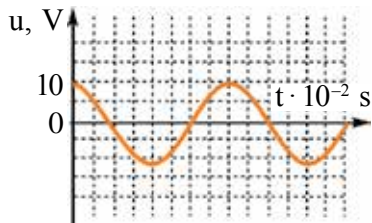
3.24-súwret.



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.



3.26-súwret.

15. 3.26-súwrette shınjırdaǵı kernewdiń 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. Katushkanıń 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).

III BAPTÍ JUWMAQLAW BOYINSHA TEST SORAWLARI

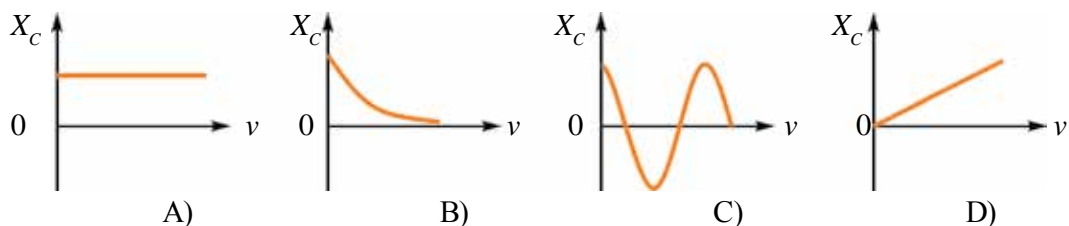
1. Terbelis konturındaǵı kondensatordaǵı elektr zaryadı $q = 10^{-3} \cdot \cos 100\pi t$ (C) nızamı boyınsha ózgermekte. Konturda payda bolıp atırǵan elektromagnit terbelisleri jıyiligin tabıń.

A) 100 Hz; B) 100π Hz; C) 50 Hz; D) 50π 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.

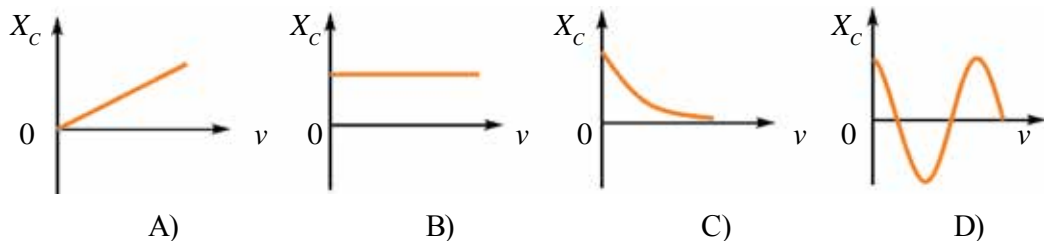
A) 10^{-3} A; B) 1 A; C) 10 A; D) π A.
3. Ideal terbelis konturında kondensator sıyımlılıǵı 9 ese kemeytilse, konturdıń terbelis jıyiligi qalay ózgeredi?

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 kondensatordaǵı 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 jıyilikke baylanışılıǵı keltirilgen?



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



7. Rezistor, induktiv katushka hám sıyımlılıq izbe-iz jalǵanǵan shıńjırdıń tolıq qarsılıǵı rezonans dáwirinde qanday boladı?

- A) aktiv qarsılıqtan úlken boladı;
- B) aktiv qarsılıqqa teń boladı;
- C) aktiv qarsılıqtan kishi boladı;
- D) aktiv qarsılıqtan kóp ese kishi boladı.

8. Tómede keltirilgen qásiyetlerden qaysıları sóniwshi terbelislerge tiyisli?

1. Garmonikalıq terbelisler. 2. Ideal terbelis konturındaǵı terbelisler.
3. Real terbelis konturındaǵı terbelisler.

- A) 1;
- B) 2;
- C) 3;
- D) 1 hám 3.

9. Terbelis konturında payda bolatuǵın elektromagnit terbelislerdiń 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. Tómedegilerden qaysı biri terbelis konturı tolıq 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 hám 4.

11. Mexanikalıq terbelisler menen elektromagnit terbelisler analogiyası boyınsha, prujinalı mayatniktegi júk massası, elektromagnit terbelislerdegi qaysı fizikalıq shamaǵa sáykes keledi?

- A) zaryad;
- B) tok kúshi;
- C) induktivlik;
- D) sıyımlılıqqa kerı bolǵan shama.

12. Mexanikalıq terbelisler menen elektromagnit terbelisler analogiyası boyınsha, terbelis konturındaǵı tok kúshi, mexanikalıq terbelislerdegi qaysı fizikalıq shamaǵa sáykes keledi?

- A) koordinata;
- B) tezlik;
- C) massa;
- D) prujinanıń bekkemligi.

13. Tranzistorlı generatorda terbelislerdiń sónbewin támiyinlew ushın kiriw hám shıǵıw shıńjırındaǵı kernewler faza jaǵınan qanshaǵa pariqlanıwı kerek?

- A) 60°;
- B) 90°;
- C) 180°;
- D) 270°.

14. Tranzistorli generatorda keri baylanisiw qaysı element arqalı ámelge asırıladi?

- A) L katushka arqalı; B) C kondensator arqalı;
D) L_0 katushka arqalı; D) tranzistor arqalı.

15. Gápti tolıqtırın. Shınjırǵa tek induktiv katushka jalǵanǵan bolsa, katushkadan ótip atırǵan tok kúshi terbelisleri, katushka ushlarına qoyılǵan kernew terbelislerinen faza jaǵınan ... boladı.

- A) ... $\frac{\pi}{2}$ ǵa aldında ... ; B) ... $\frac{\pi}{2}$ ǵa arqada ... ;
C) ... π ǵa aldında ... ; D) ... π ǵa arqada

III bapta úyrenilgen eń áhmiyetli túsinik, qaǵıyda hám nızamlar

Erkin elektromagnit terbelisler	Terbelis konturında bir márte zaryad berilgennen soń payda bolatuǵın elektr hám magnit maydanı terbelisleri.
Terbelis konturı	Induktiv katushka hám kondensatoradan ibarat shınjır. Terbelis dáwiri $T=2\pi\sqrt{LC}$.
Sóniwshi terbelisler	Terbelis konturında kondensatorǵa bir márte energiya berilgende payda bolatuǵın terbelisler. Bunda terbelisler amplitudası waqıttıń ótiwi menen kemeyip baradı.
Terbelis konturındaǵı tolıq energiya	$W = \frac{q^2}{2C} + \frac{Li^2}{2}$.
Garmonikalıq terbelisler	Fizikalıq shamalardıń waqıt ótiwi menen sinus yaki kosinus nızamı boyınsha dáwirli ózgeriwi.
Terbelis amplitudası	Terbelip atırǵan shamanıń eń úlken mánisi moduli.
Avtoterbelisler	Terbeliwshi sistemanıń ishindegi derektiń esesine sónbeytuǵın terbelisler payda bolıwı.
Joqarı jiyilikli generator	Energiya deregi, terbelis sisteması hám elektron gılten ibarat sistemada sónbeytuǵın terbelisler payda bolatuǵın qurılma.

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 yaki 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	$\text{tg}\varphi = \frac{U_L - U_C}{U_m}$ yaki $\text{tg}\varphi = \frac{X_L - X_C}{R}$.
Rezonans qubılısı	Sırtqı májbúrlewshi kúsh jiyiligi, sistemanıń jeke jiyiligine teń bolıp qalǵanda terbelisler amplitudasınıń artıp ketiwi.
Izbe-iz rezonans yaki kernewler rezonansı	Ózgermeli tok shınjırında sırtqı elektr deregi jiyiligi, shınjırınıń 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.

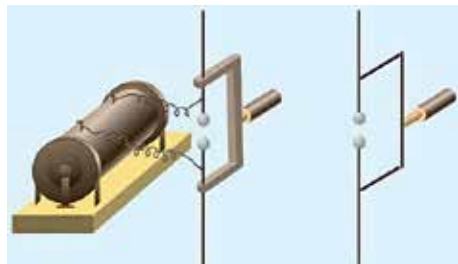
21-tema. ELEKTROMAGNITLIK TERBELISLERDİŇ TARQALÍWÍ. ELEKTROMAGNITLIK TOLQÍN TEZLIGI

1831-jılı M.Faradey tárepinen oylap tabılǵan elektromagnit indukciya qubılısın tereń úyrengen Maksvell tómenдеgi juwmaqqa 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 vibrator da joqarı jiyilikli sóniwshi terbelisler payda boladı. Eger elektromagnit terbelisler tarqalıp, tolqın payda etse, ekinshi vibrator da EJK payda bolıwı hám aqıbette sharlar arasında ushqın payda bolıwı kerek. Hertz usı qubılıstı baqlap, elektromagnit tolqınlar bar ekenligin tastıyıqladı.



4.1-súwret.

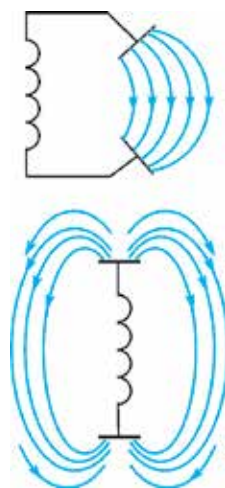
Aldıńǵı bapta kórilgen terbelis konturı jabıq bolǵanlıǵı sebepli onnan terbelisler az tarqaladı.

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.

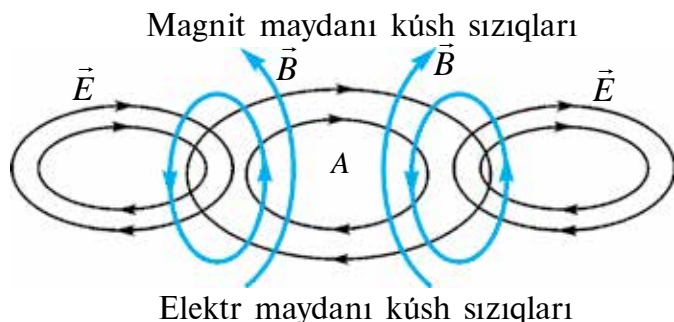
Bunday kórinistegi kontur **ashıq terbelis konturı** delinedi.

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 tájiriybelerinde tolqın uzınlığı bir neshe on santimetrdi 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 λ nı anıqlań.

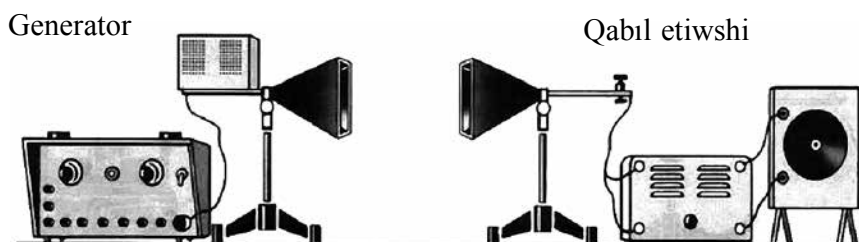
Berilgen:	Formulası:	Sheshiliwi:
$\omega = 5 \cdot 10^5 \pi \cdot \text{s}^{-1}$ $v = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$	$\omega = 2\pi\nu \Leftrightarrow \nu = \frac{\omega}{2\pi}$	$\nu = \frac{5 \cdot 10^5 \cdot \pi \cdot \text{s}^{-1}}{2\pi} = 2,5 \cdot 10^5 \text{ Hz.}$
Tabıw kerek: $\lambda = ?$	$\lambda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



1. Ashıq terbelis konturı degende neni túsınemiz?
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

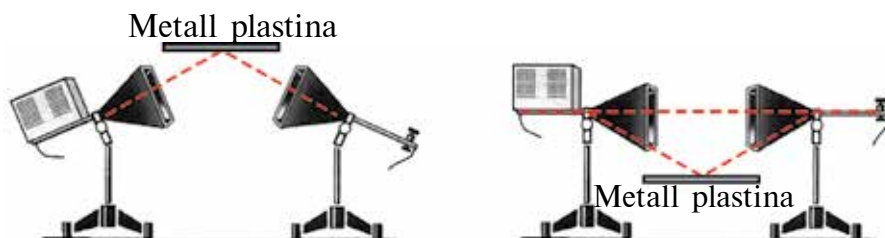
Elektromagnitlik tolqınların qásiyetlerin elektromagnitlik tolqın shıǵaratuǵın arnawlı generator járdeminde úyreniw múmkin. Generatorda payda bolǵan joqarı jiyilikli elektromagnitlik tolqın *generator ruportı* dep atalatuǵın tarqatıwshı antennadan tarqatıladı (4.4-súwret).



4.4-súwret.

Qabıl etiwshi antennenıń forması da dál tarqatıwshı antennaga uqsas boladı. Antennada qabıl etilgen elektromagnit tolqın payda etken EJK kristall diod járdeminde pulsacıyalanıwshı tokqa aylanadı. Tok kúsheytilgenen soń galvanometrge beriledi hám jazıp alınadı.

Elektromagnitlik tolqınlardıń qaytıwı. Tarqatıwshı hám qabıl 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 qabıl etiwshi antenna, túsiw múyeshine teń bolǵan múyeshte jaylastırılǵanda jaqsı qabıl etiletuǵının seziw múmkin.



4.5-súwret.

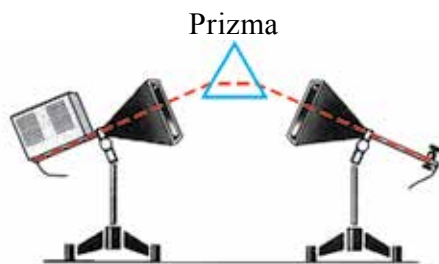
Elektromagnitlik tolqınlarıń metall plastinadan qaytıwın tómendegishe túsindiriw múmkin. Metallğa kelip túsken elektromagnit tolqın metall betinde erkin elektronlardıń májbúriy terbelislerin payda etedi. Bul májbúriy terbelislerdiń jiyiligi elektromagnit tolqınıń jiyiligine teń boladı. Tolqın metalldan óte almaydı, biraq metall betiniń ózi ekilemshi tolqınlar deregi bolıp qaladı, yaǵnıy tolqın betten qaytadı. Tájiriybeler elektromagnit tolqınlardıń eki ortalıq shegarasınan qaytıwında qaytıw nızamı orınlanıwın kórsetedi.

Metall plastina ornına dielektrik alınsa, onnan elektromagnitlik tolqınlar júdá az qaytadı eken. Sebebi, olarda erkin elektronlar júdá az boladı.

Elektromagnitlik tolqınlardıń qaytıwınan radiobaylanıs hám radiolokaciya keń qollanıladı (4.6-súwret).



4.6-súwret.



4.7-súwret.

Elektromagnit tolqınlardıń sınırı. Onı úyreniw ushın metall plastina ornına parafin menen toltırılǵan úshmúyeshli prizmadan paydalanıladı (4.7-súwret). Qabıl etiwshi antenna tolqındı jazıp aladı. Demek, elektromagnit tolqın eki ortalıq hawa-parafin hám parafin-hawa shegarasınan ótkende sınadı. Tájiriybeler elektromagnitlik tolqın bir ortalıqtan ekinshisine ótkende **sınıw nızamınıń** orınlanıwın kórsetedi:

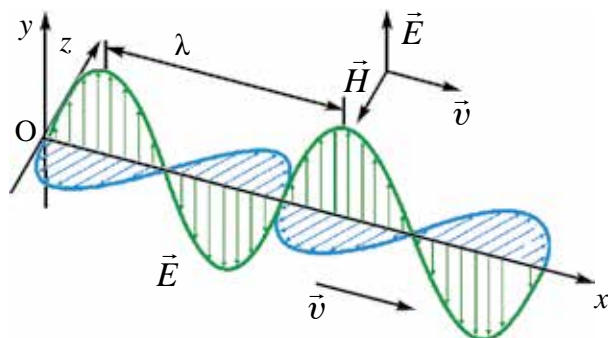
$$n_{21} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon_1}} \frac{\sqrt{\varepsilon_2}}{c} = \sqrt{\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}}; \quad (4-1)$$

bunda: ε_1 hám ε_2 – sáykes ráwishte birinshi hám ekinshi ortalıqlardıń dielektrli síndiriwsheńlikleri.

Terbelisler fazası birdey bolǵan, bir-birine eń jaqın turǵan eki noqat arasındaqı qashıqlıq elektromagnit tolqın uzınlıǵı delinedi: $\lambda = \frac{c}{\nu}$.

Elektromagnitlik tolqınıń tiykarǵı xarakteristikası onıń jiyiligi ν (dáviri T) esaplanadı. Sebebi, elektromagnitlik tolqın bir ortalıqtan ekinshisine ótkende onıń tolqın uzınlıǵı ózgeredi, jiyiligi ózgermesten qaladı.

Elektr maydanı kernewliligi hám magnit maydanı indukciya vektorlarınıń terbelis baǵıtları tolqınıń tarqalıw baǵıtına perpendikulyar boladı (4.8-súwret). Demek, elektromagnit tolqınlar kóndeleń tolqınlar eken.



4.8-súwret.

Elektromagnitlik tolqınıń tarqalıw tezligi \vec{v} elektr maydanı kernew vektorı \vec{E} hám magnit maydanı indukciya vektorı \vec{B} na perpendikulyar baǵdarlangan.

Elektromagnitlik tolqınıń tiykarǵı energetikalıq xarakteristikalarınan biri *elektromagnit tolqın nurlanıwınıń aǵım tıǵızlıǵı* esaplanadı.

Elektromagnitlik tolqın nurlanıwınıń aǵım tıǵızlıǵı dep, tolqınıń tarqalıw baǵıtına perpendikulyar baǵıtta jaylasqan S maydanlı betten Δt waqıtta ótiwshi W elektromagnit energiyaǵa aytiladı:

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

Tolqın nurlanıwınıń aǵım tıǵızlıǵı betiniń birlik maydanınan bir dávirde ótiwshi elektromagnit tolqın nurlanıwınıń ortasha quwatlılıǵınan ibarat. Ol *tolqın intensivligi* dep ataladı.

$P_{\text{ort}} = \frac{W_{\text{ort}}}{t}$ nı (4-2) ǵa qoyılsa, $I = \frac{P_{\text{ort}}}{S}$ boladı. Nurlanıwdıń aǵım tıǵızlıǵı yaki tolqın intensivliginiń birligi $\frac{W}{m^2}$.

Nurlanıw aǵımı baǵıtına perpendikulyar jaylasqan baǵıtta maydanı S , jasawshısı $c\Delta t$ ǵa teń bolǵan cilindr sızayıq. Cilindrdiń kólemi $\Delta V = S \cdot c\Delta t$

ğa teń. Cilindr ishindegi elektromagnit maydan energiyası, energiya tıǵızlıǵınıń kóbeymesine teń:

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

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

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

Elektromagnit tolqın aǵımınıń tıǵızlıǵı, elektromagnit energiyasınıń tıǵızlıǵı menen tolqınınıń tarqalıw tezliginiń kóbeymesine teń.

Noqatlı derekten shıǵatuǵın elektromagnit tolqınlar barlıq tárepke tarqaladı. Sonlıqtan, derektiń átirapında onı orap turǵan 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 shıǵatuǵın tolqınınıń intensivligi aralıqtıń kvadratına proporcional ráwishte kemeyip baradı eken.

Elektromagnit maydanınıń elektr maydanı kernewliligi \vec{E} hám magnit maydanı indukciyası \vec{B} terbelip atırǵan bólekshelerdiń tezleniwi \vec{a} ǵa proporcional. Al, tezleniw garmonikalıq terbelislerde jiyiliktıń kvadratına proporcional. Sonlıqtan $E \sim \omega^2$ hám $B \sim \omega^2$ ekenligi itibarǵa alınsa, maydanlar energiyasınıń tıǵızlıqları jiyiliktıń tórtinshi dárejesine proporcional bolıwı kelip shıǵadı:

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

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 uzınlıǵı 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 jaqtilandırw tarmaqlarındaǵı ózgermeli 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 tabiyattaǵı 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 tájiriyesinde 100000 Ω dan 1000 Ω 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 ornatqan bolsa, 1901-jılı 150 km ge jetkeredi.

Usıǵan uqsaq qurılmalardı italyan injeneri G. Markoni da parallel ráwishte 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.

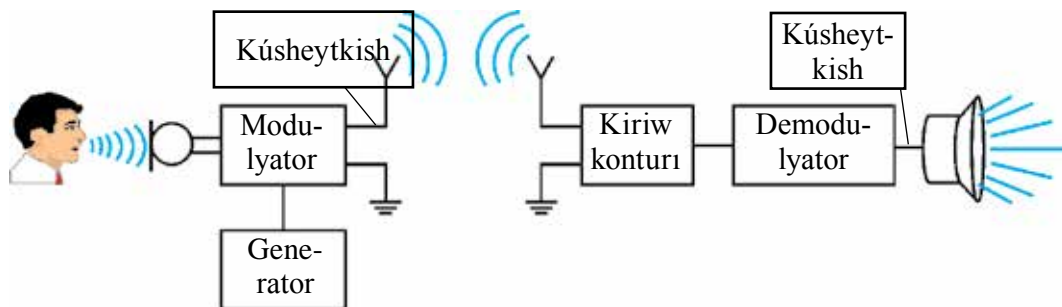
1913-jılı sónbeytuǵın elektromagnit terbelisler payda etiwshi generator oylap tabılıwı áhmiyetli qádem boldı.

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 aylandırıladı.

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

Modulyaciyalangan terbelisler antenna járdeminde keńislikke tarqatıladı. Radiobaylanıstıń qabıl etiwshi bóliminde de antenna boladı. Oǵan kelip urılǵan elektromagnit tolqınlar, elektromagnit terbelislerdi payda etedi. Radiopriyomnikte kóplegen radiostanciyalar ishinen kereklinis tańlap alıw **kiriw konturi** arqalı ámelge asırıladı. 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.

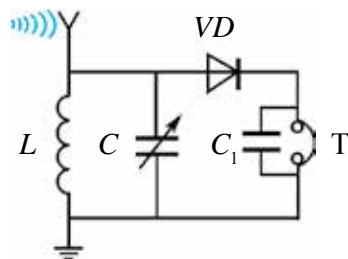


4.9-súwret.

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.

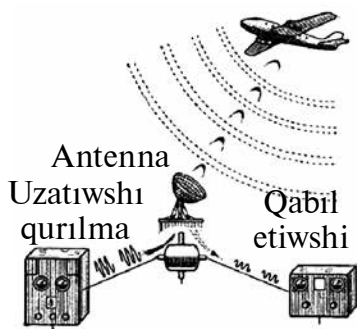
Belgili bolǵanıday, jiberilgen xabar joqarı jiyilikli terbelislerge qosılǵan halda keledi. Joqarıda ayılǵanıday, olardı bir-birinen ajratıp beriwdi demodulyator qurılıması ámelge asıradı. Ol kóbinese **detektorlaw** delinedi. Bul wazıypanı yarım ótkizgishli diod atqaradı. Kiriw konturında payda bolǵan 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 qollanılmaǵanlıǵı 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 qısqqa waqıt ishinde óshirip jaǵılsa, samolyotqa urılıp qaytıp kelgen radiotolqındı jazıp alıw múmkin.

Elektroapparatura járdeminde tolqın jónetilgen hám qaytıp kelgen waqıt aralıǵı Δt 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 jıńışke 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 sekunda 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:
$\lambda = 15 \text{ cm}$	$N = \frac{t \cdot c}{\lambda} = \nu T$	$N = \left(\frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot 3 \cdot 10^8}{15 \cdot 10^{-2}} \right) = 4 \cdot 10^3.$
$n = 4000$		
$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$	$L_{\max} = \frac{1}{2} c \left(\frac{1}{n} - t \right)$	$N = \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot 10^8 \left(\frac{1}{4000} - 2 \cdot 10^{-6} \right) \text{ km} \approx$
$t = 2 \mu\text{s} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ s}$		
Tabıw kerek:		$\approx 37,5 \text{ km}$
$N = ?$		
$L_{\max} = ?$		Juwabı: 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 kemeysse, radiopriyomnik qabıl etetuǵın elektromagnit tolqın uzınlıǵı qalay ózgeredi?

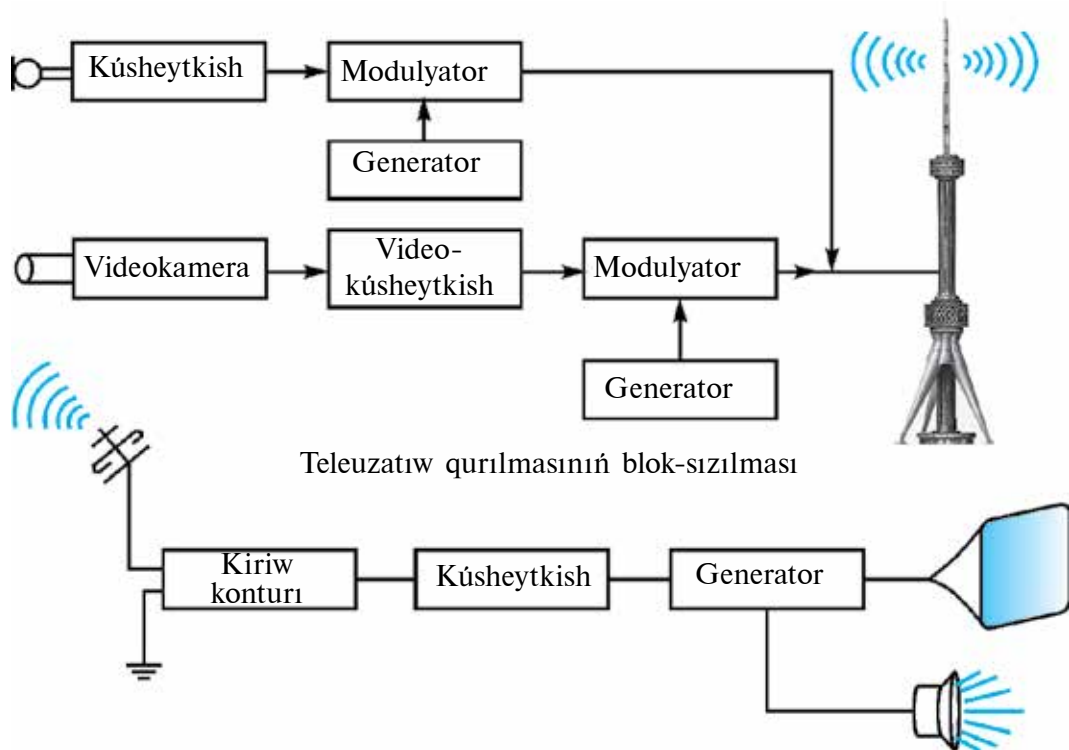


4.10-súwrette keltirilgen detektorlı priyomnikti jasap, qollanıp kórin.

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 ornatılǵan telekameralar 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 asırılatuǵın qurılmanıń ápiwayı blok-sızılması 4.12-súwrette keltirilgen.



4.12-súwret.

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

Modulyatorında, generatorında 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 reńgli, sestı túrlishe ırǵaqtı shıǵatúǵın, aralıqtan basqarılatúǵın 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 reshlyotkanıń 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 apparatı jaratıw menen shuǵıllanadı. Injenerler V.I. Popov hám N.G. Piskunovlar menen birgelikte «radiotelefot» apparatınıń 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 orınlandı.

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 ayta 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 «Birinchi (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 televideniesi 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?*

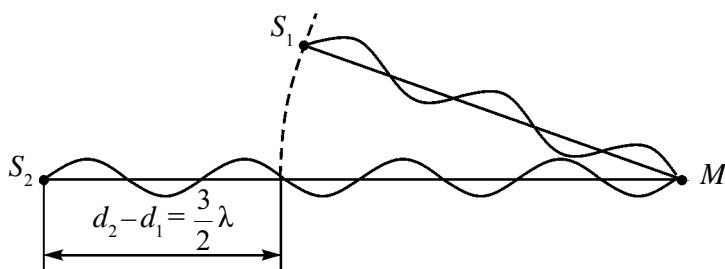


Úyińizdegi televizordı islep turǵanında bir baǵdarlamadan, ekinshi baǵdarlamaǵa almastırıń, ses bálentligin ózgeritiń. Pult járdeminde olar ne sebepten ózgeriwi múmkinligi haqqında oylap kóriń.

25-tema. JAQTILIQ INTERFERENCIYASI HÁM DIFRAKCIYASI

Báhár payıtında jawınnan keyin aspanda payda bolatuǵın ayqulaq, sabın kóbigi yaki asfaltqa tógilgen mayda kórinetuǵın reńgli dóniwlerdi kórip zawıqlanamız. Biraq, onıń payda bolıw sebepleri haqqında oylap kórmeymiz. Bunıń sebebi jaqtılıq interferenciyası esaplanadı. Interferenciya qubılısı qálegen tabiyatqa iye bolǵan 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) principini* delinedi. Ortalıqtaǵı bóleksheniń qálegen waqıttaǵı nátiyjeli awısıwı bólekshe qatnasqan tolqın procesleri awısıwınıń *geometriyalıq jiyindısına* 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 bolǵan 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 tolqınınıń M noqatqa shekem basıp ótken aralıǵı d_1 , S_2 derekten shıqqan tolqınınıń M noqatqa shekem basıp ótken aralıǵı

d_2 bolsın. 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 shárti delinedi.

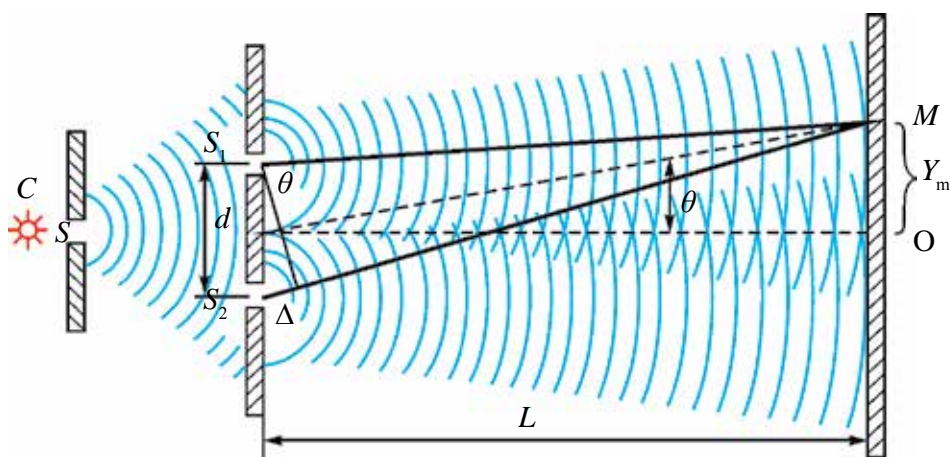
Jol ayırmashılıǵı yarım tolqın uzınlıǵınıń taq sanına eselengen bolsa:

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

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 ushırastırw kerek. 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.

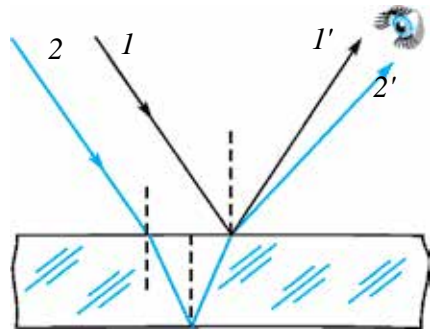
1. Yung metodu (1801-jıl). Onıń metodu 4.14-súwrette keltirilgen. Qu-yash nurı qarańǵı xanaǵa kishi S sańlaqtan kiredi. Bul nur eki S_1 hám S_2 sańlaqtan ótip, eki nurǵa ajraladı. Olar ekranda ushırasqanda oraylıq bólimde aq polosanı, shetki bólimlerinde reńgli polosalardı payda etedi. Yung óz tájiriybelerinde 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 plyonkalardağı reñler.

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



4.15-súwret.

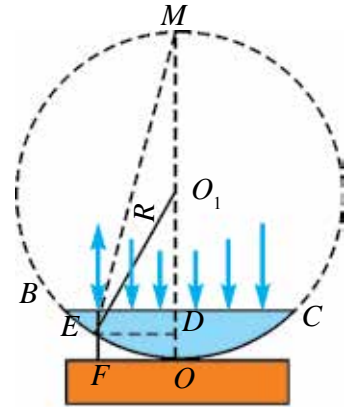
Eki qaytqan tolqınlar da (1' hám 2') júrgen jolları menen pariqlanadı. Olar kózde ushırasqanında interferenciya kórinisi kórinedi. Aq jaqtılıq tolqın uzınlıǵı 400 den 760 nm aralıqta bolǵan tolqınlardan ibarat bolǵanlıqtan qabil etiwsiniń túrli noqatlarında birin-biri kúsheytedi hám reñli kórinis kórinedi.

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 reñli saqıynalar jaylasadı. Tiyisli sanlardağı 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

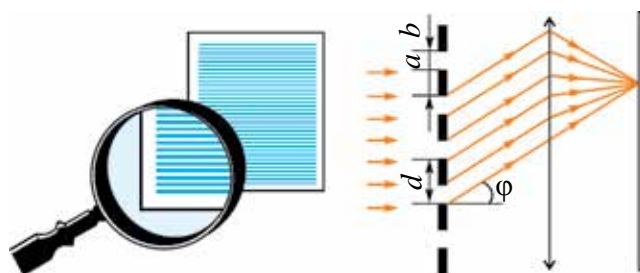
Jaqtılıq difrakciyası. Jaqtılıqtıń óz jolında ushırasqan tosıqtıń shetki bólimine kiretuǵının adamlar biraz burın sezgen. Bul qubılıstıń ilimiy túsindirmesin birinshi bolıp F.Grimaldi bergen. Ol nárseler artında payda bolatuǵın sayanıń gúńgirtlew shıǵatuǵının túsindiredi. Ol bul qubılıstı difrakciya dep ataydı. Solay etip, *tolqınń óz jolında ushırasqan tosıqtı aylanıp ótiwine tolqınlar difrakciyası delinedi.* Bunda jaqtılıqtıń tuwrı sızıq boylap tarqalıw nızamı orınlanbaydı. Difrakciya qubılısı baqlanıwı ushın tosıqtıń 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 reshıyotkadan paydalanıladı. Difrakciyalı reshıyotka—jaqtılıq difrakciyası baqlanatuǵın kóp sanlı tosıq hám sańlaqlar jıyındısınan ibarat. Difrakciyalı reshıyotka sańlaqlarınıń jaylasıwına qarap eki túрге bólinedi: *tartıpli (turaqlı) hám tartıpsız difrakciyalıq reshıyotkalar.*

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

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

Jaqtılıqtıń difrakciyalı reshıyotkadan ótiwin kóreyik (4.17-súwret).



4.17-súwret.

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

Bunda reshlyotka turaqlısı d , jaqtılıqtıń tolqın uzınlığı λ , nurdıń reshlyotkada burılıw múyeshi φ tómendegi formula járdeminde baylanısqan 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 uzınlığın anıqlaw, kishkene kesindilerdiń uzınlığın anıqlaw, hár qıylı zatlardıń nur sındırıw kórsetkishin anıqlaw, betiniń gedir-budırlıǵın tekseriw hám jaltıraw dárejesin anıqlaw múmkin.

Másele sheshiw úlgisi

1. Difrakciyalı reshlyotqaǵa tolqın uzınlığı 500 nm bolǵan monoxromatik jaqtılıq túspekte. Ekinshi tártipli spektr 30° múyesh astında kórinse, usı reshlyotkanıń turaqlısı nege teń?

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



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 reshlyotkada baqlanatuǵın spektrdiń tártip nomeri sheklengenbe?
4. Interferenciya qubılısı baqlanǵanda jol ayırmashılıǵı $3,5 \lambda$ ǵa teń bolsa, ne baqlanadı?

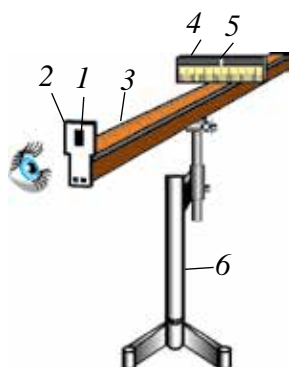


Kompyuter diski hám lazer menen interferenciya hám difrakciyaǵa tiyisli tájiriybe ótkeriń.

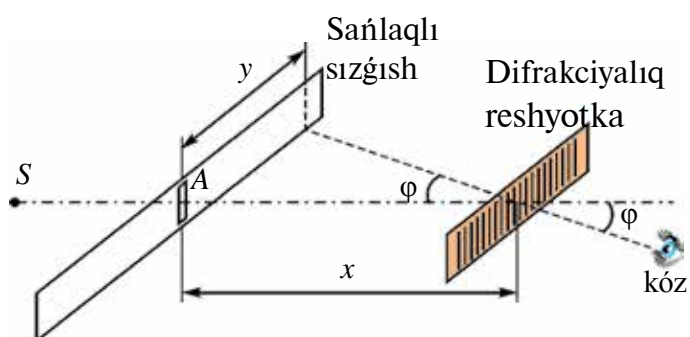
26-tema. LABORATORIYALÍQ JUMÍS: DIFRAKCIYALÍQ RESHYOTKA JÁRDEMINDE JAQTÍLÍQTÍN TOLQÍN UZÍNLÍGÍN ANÍQLAW

Jumístiń maqseti. Jaqtılıqtıń tolqın uzınlıgın difrakciyalıq reshıyotka járdeminde anıqlawdı úyreniw.

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



4.18-súwret.



4.19-súwret.

Jumístiń orınlanıwı. Ásbaplar ornatılatuǵın qurılma (6) ústine millimetrli masshtabqa iye bolǵan uzın sızǵısh (3) ornatıladı. Onıń bir ushına ortasında sańlaǵı (5) bolǵan qara ekran (4) jaylastırıladı. Qara ekranda millimetrli masshtablı qısqa shızǵısh bekkemlengen. Qara ekran uzın sızǵısh boylap jılısa alatuǵın jaǵdayda ornatıladı. Uzın sızǵıshıń ekinshi ushındaǵı 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 sızǵıshtı yaki difrakciyalı reshıyotkanı uzın sızǵısh boylap jilıstırıp, birinshi tártiptegi qızıl nur shkaladaǵı pütün sannıń tuwrısına keltiriledi. Sańlaqtan tańlangan nurǵa shekem bolǵan aralıq y anıqlap alınadı (4.19-súwret). Sońınan difrakciyalı reshıyotkadan sańlaqlı sızǵıshqa shekem bolǵan aralıq x ólshap alınadı. Bunda $y \ll x$

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

formuladan jaqtılıqtıń tolqın uzınlığı esaplanadı:

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

bunda: λ – jaqtılıq nurı tolqın uzınlığı, d – reshıyotka turaqlısı.

Tájiriybe ekinshi hám úshinshi 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	λ , nm	λ_{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.

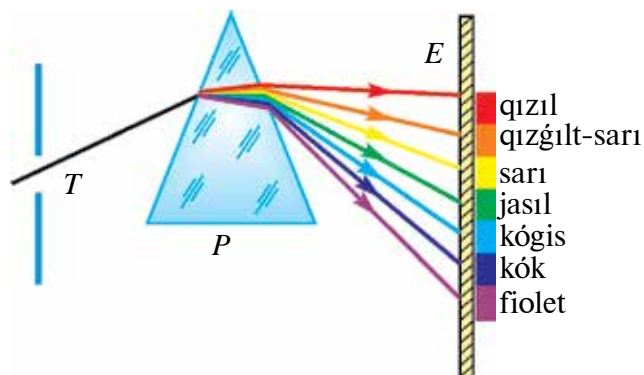
Nátiyjeler oń hám shep tárepler ushın salıstırıladı.



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 shiyshelege 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,

qızgılt-sarı, sarı, jasil, aspan kók, kók hám fiolet. Aq renniń quramalı ekenligin dálillewshi Nyutonniń jáne basqa tájiriybeleri bar. I. Nyuton sheńber alıp, onı sektor tárizinde tiykargı 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° 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 λ hám jiyiligi ν 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 vakuumdaǵı tarqalıw tezligi c hám ortalıqtaǵı 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 ortalıqtaǵı 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 kombinaciyalap, aq reńdi alıw múmkin ekenligin dálilleydi. Sonday-aq, qızıl, jasıl hám kógis reńlerdi kombinaciyalap, 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 kombinaciyasınan 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 reńli kartina, mine, usı úsh reńniń 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.

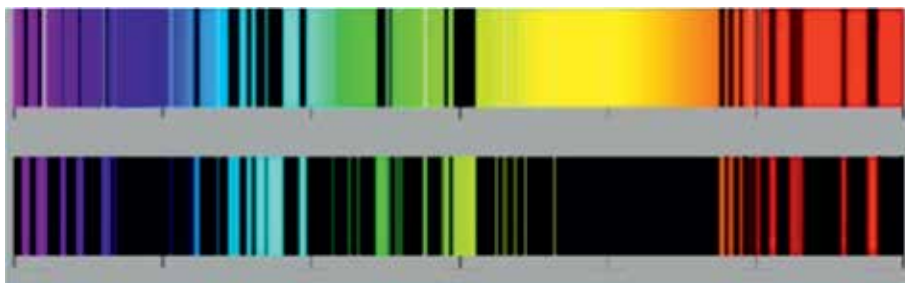
Jutılıw spektrleri. Lampochkadan shıǵıp atırǵan jaqtılıq jolına qızıl shiyshe qoyılsa, onnan tek qızıl jaqtılıq ótedi hám qalǵan nurlar jutılıp qaladı. Eger aq nur, nurlanbay atırǵan gaz arqalı ótkizilse, derektiń úzliksiz spektri fonında qara sızıqlar payda boladı. Buǵan sebep, gaz belgili bir jiyilikli 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.

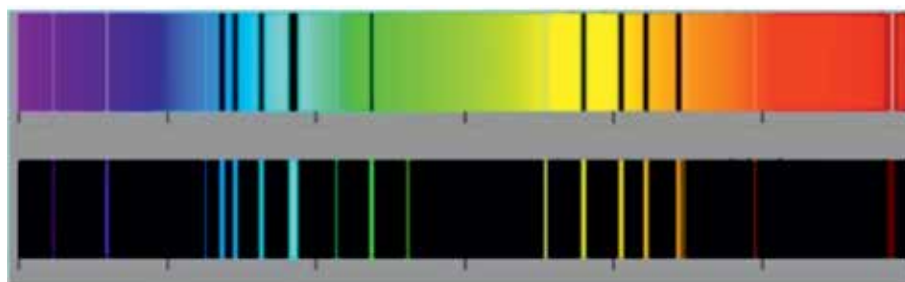
Mine, usı qásiyet boyınsha, zattıń ximiyalıq quramın anıqlawǵa **spektral analiz** delinedi. Bul júdá sezgir usıl bolıp, tekseriw ushın zárúr bolǵan zattıń massası 10^{-10} g nan aspaydı.

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.

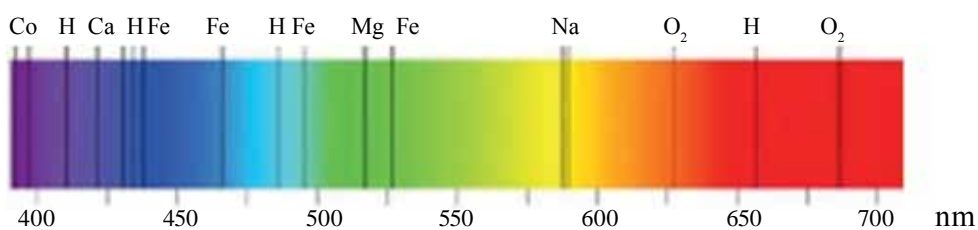
Házirgi dáwirde barlıq atomlardıń spektri anıqlanǵan bolıp, keste dúzip qoyılǵan (4.23-súwret). Spektral analiz usılı menen rubidiy, ceziy hám basqa kóplegen elementler ashılǵan. Ceziy sózi «aspan kók» degen mánini bildiredi.



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. Linzanıń nur sındırıw kórsetkishi qızıl nur ushın 1,5 ke, fiolet nur ushın 1,52 ge teń. Linzanıń eki tárepi birdey iymek radiusqa teń bolıp, 1 m ge teń. Qızıl hám fiolet nurlar ushın linzanıń fokus aralıqları arasındaqı 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: $\Delta F = ?$	$F = \frac{R}{2(n-1)}$ $\Delta F = F_q - F_f$	$F_f = \frac{1}{2(1,52-1)} \text{ m} = 0,961 \text{ m}.$ $\Delta F = 1 \text{ m} - 0,961 \text{ m} = 0,039 \text{ m}$
		Juwabı: 3,9 cm.



1. Ne sebep aq nur prizmadan ótkende reńli nurlarğa 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 anıqlawğa bola ma?
5. Difrakciya sebepli payda bolğan spektr menen dispersiya spektri arasında qanday parıq bar?

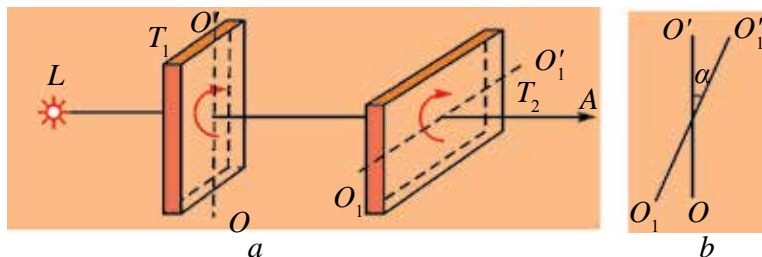
28-tema. JAQTILIQTIN POLYARIZACIYALANIWI

Jaqtılıq interferenciyası hám difrakciyası qubılısları jaqtılıqtıń tolqın tábiyatına iye ekenligin tastıyıqladı. 10-klastan tolqınlardıń eki túrde: boylama hám kóldeneń tolqınlarğa 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 kemeydi 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).

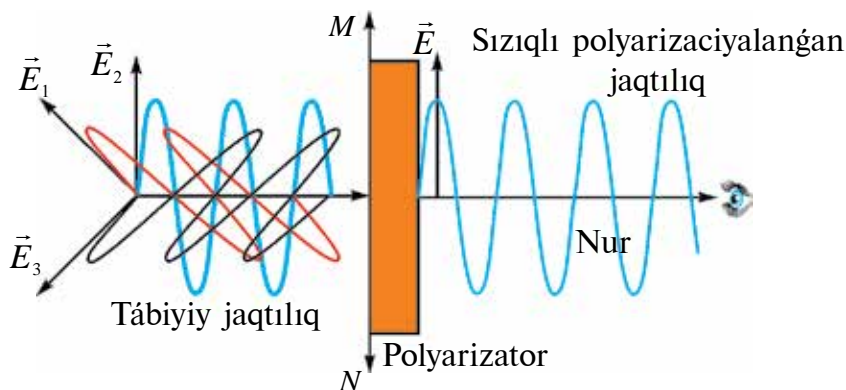
Jip alıp, onıń bir ushın bekkemleymiz. Ekinshi ushın eki reshlyotka sańlaqları arasınan ótkerip silkitemiz. Bunda jip boylap kóldeneń tolqınlar payda boladı. Birinshi jaǵdayda reshlyotka aǵashları parallel bolǵanlıǵı sebepli jiptegi tolqınlar eki reshlyotkadan biymálep ótedi. Eger ekinshi reshlyotka kesesine ornalastırılsa, 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 túsedі. 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 túskenде 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 túsedі. Onnan ótken jaqtılıq inten sivligi Malyus nızamı menen anıqlanadı:

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

Joqarıda ayılğanınday, jaqtılıq eki óz ara perpendikulyar terbelislerdiń birge tarqalıwınan maydanǵa 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 polaroid, 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 polaroidtan ótken jaqtılıqtıń intensivligi kemeyedi?*
5. *Analizatorдан ótken jaqtılıq intensivligi onıń optikalıq kósherge salıstırǵanda burılıw múyeshine qanday baylanıslı?*

29-tema. INFRAQIZIL NURLANIW. ULTRAFIOLET NURLANIW. RENTGEN NURLANIW HÁM ONIŇ 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 sezgirliǵi 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 sorıydı.

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 pulıtları) hám usı sıyaqlılarda infraqızıl nurlardan paydalanıladı.

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

Infraqızıl nurlardıń zıyanlı tárepi de bar. Temperaturası joqarı bolǵan dereklerde 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 úyreniwde 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 qaraytıadı. 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 maqalasın járiyalaydı. Bunnan 8 jil aldın 1887-jılı Nikola Tesla rentgen nurların baqlaǵan bolsa da, buǵan Teslanıń ózi de, onıń átirapındaǵılar da shıntlap itibar bermedi.

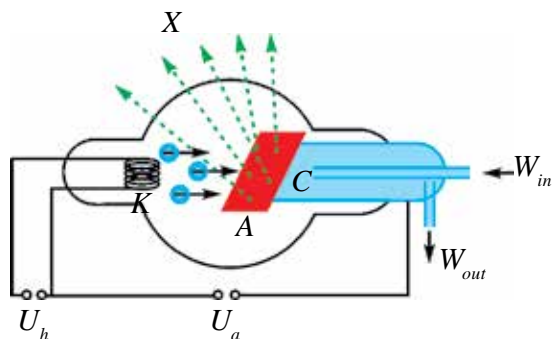
Rentgen paydalanǵan katod-nurlı trubka Yi.Xittorf hám U.Kruks tárepinen islep shıǵılǵan edi. Onı isletiw procesinde rentgen nurları payda bolǵan. Bunı H.Hertz hám onıń shákirtleri ótkizgen tájiriyelerde fotoplastinkanıń qarayıwı arqalı sezgen. Biraq, olardan hesh qaysısı oǵan itibar bermegen. Sonlıqtan, 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 kólemlı 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 nárselerdi 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 qásiyetlerin túsindirih. Olardan qanday maqsetlerde paydalanıladı.*
3. *Rentgen trubkasınıń dúziliwin hám onda rentgen nurları qalay payda bolatuǵının túsindirih.*
4. *Rentgen nurları qanday qásiyetlerge iye? Olardan qanday maqsetlerde paydalanıladı.*

30-tema. JAQTILIQ AĞIMI. JAQTILIQ KÚSHI. JAQTILANĠANLIQ NİZAMI

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

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

1. Jaqtılıq energiyasınıń aǵımı. Jaqtılıq dereginiń ólshemlerin júdá kishi dep alayıq. Sonda onnan belgili aralıqta jaylasqan noqatlardıń ornı sferalıq betti quraydı dep qaraw mümkin. Mısalı, diametri 10 cm bolǵan lampa 100 m uzaqlıqtaǵı maydandı jaqtırtıp atırǵan bolsa, bul lampanı

noqatlıq jaqtılıq dep qaraw mümkin. Biraq, jaqtırtılıp atırğan maydanğa shekemgi aralıq 50 cm bolsa, derekti noqatlıq dep bolmaydı. Olarğa tipli mısıl retinde juldızlardı alıw mümkin. qanday da bir S betke t waqıtta túsip atırğan jaqtılıq energiyası W bolsın.

Waqt birligi ishinde qanday da bir maydanğa túsip atırğan energiya muğdarına jaqtılıq energiyasınıń aǵımı yamasa nurlanıw aǵımı delinedi. Onı Φ háribi menen belgilesek,

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

bunda: t jaqtılıq terbelisleri dáwirine salıstırǵanda bir qansha úlken bolǵan waqt 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 maydanğa 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 $1 \frac{W}{m^2}$.

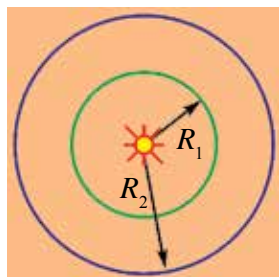
Geometriya kursınan keńislik múyesh túsiniǵın esleyik. Buǵan mısıl etip konustıń tóbesindegi múyeshti alıw mümkin. Keńisliktegi múyesh dep shar segmentiniń beti (S_0)niń, orayı konus tóbesinde bolǵan sfera radiusınıń kvadratı (R^2)na qatnası menen ólshenetuǵın shamaǵa aytıladı:

$\Omega = \frac{S_0}{R^2}$. 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 mümkin:

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

Nurlanıw intensivliginiń derekten uzaqlıǵına hám nur túsip atırğan maydan menen payda etken múyeshine baylanıslılıǵın kórip shıǵayıq. Nur shıǵıp atırğan 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.

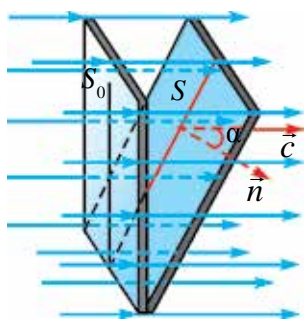
$$I_1 = \frac{W}{4\pi R_1^2 t} \text{ hám } I_2 = \frac{W}{4\pi R_2^2 t};$$

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 maydannıń qıyalıǵına baylanıslılıǵın anıqlaw ushın 4.30-súwrettegi jaǵdaydı qarayıq. Bunda tolqın S_0 hám S maydannan 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 Φ háribi menen belgilenedi. Onıń SI birlikler sistemasındaǵı birligi **lyumen** (lm).

Qálegen jaqtılıq dereginiń áhmiyetli xarakteristikası—bul jaqtılıq kúshi I esaplanadı. Ol jaqtılıq aǵımı Φ diń, keńislik múyesh Ω 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 vakuumdaǵı tolqın uzınlıǵı 555 nm ge teń bolıp, insan kóziniń maksimal sezgirliğine tuwrı keledi.

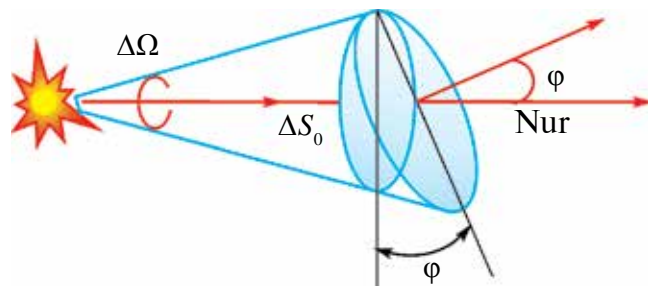
Qalğan barlıq fotometriyalıq birlikler kandela arqalı ańlatıladı. Mısalı, 1 lyumen, jaqtılıq kúshi 1 cd bolğan noqatlıq derekten 1 sr keńislik múyesh ishinde shıqqan jaqtılıq aǵımına teń.

Maydan birliğine túsken jaqtılıq aǵımına jaqtılğanlıq delinedi:

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

Jaqtılğanlıq SI birlikler sistemasında **lyuks** (lx) te ólshenedi. 1 m² 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 ΔS maydanǵa φ múyesh astında túsip atırǵan bolsın. ΔS

maydan, ΔS_0 maydan menen tómendegishe baylanısqan: $\Delta S_0 = \Delta S \cos \varphi$. Ol jaǵdayda keńisliktegi múyesh

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

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

menen anıqlanadı.

Maydanniń jaqtılǵanlıǵı, 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 jaqtılandırılǵan bolsa, ulıwma jaqtılǵanlıq hár bir derek tárepinen jaqtılǵanlıqlardıń jıyındısına teń boladı.

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

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

Ráwshanlıqtıń birliǵi — $\frac{\text{cd}}{\text{m}^2}$. 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 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.

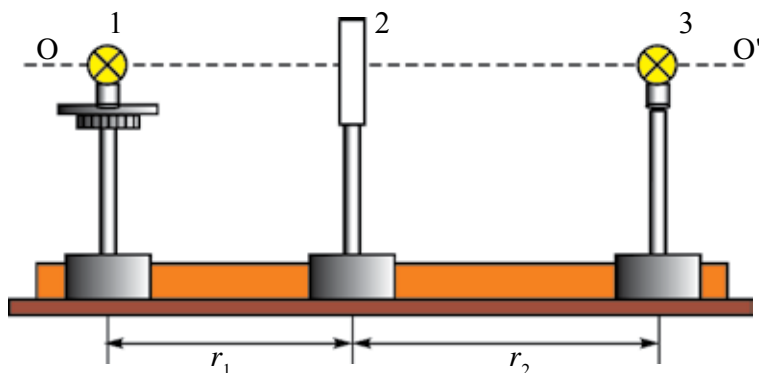


1. Energetikalıq va fotometriyalıq shamalar arasında qanday parıq bar?
2. Nurlanıw intensivligi degende neni túsınemiz?
3. Fotometriyağa tiyisli qaysı birlik SI birlikler sistemasınıń tiykarǵı birliǵi esaplanadı?
4. Ráwshanlıqqa tiyisli SI sistemasına kirmegen birliklerdi bilesiz be?
5. Maydanniń jaqtılanǵanlıǵı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

31-tema. LABORATORIYALIQ JUMIS: JAQTILANGANLIQTIN JAQTILIQ KUSHINE BAYLANISLILIGI

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

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



4.32-súwret.

Jumistın orınlanıwı. Jumıstı 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 jaǵıladı. Lyuksmetr 2-lampochkaǵa qaratıladı r_2 qashıqlıq ózgeritilip, lyuksmetr kórsetiwi 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-lampochkaǵa 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-lampochkaǵa 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 μ s tan soń qayıtıp kelse, obyekt radiolokatorдан qanday qashılıqta jaylasqan? (Juwabı: 30 km).

3. Elektromagnit tolqinnıń terbeliw jiyiligi 15 MHz. Elektromagnit tolqın óziniń elektr hám magnit vektorları terbeliwiniń 30 dáwirine teń waqıt aralıǵında qanday qashıqlıqqa tarqaladı? (*Juwabı*: 600 m).

4. Keńislikte terbeliw jiyiligi 5 Hz bolǵan tolqın 3 m/s tezlik penen tarqalmaqta. Bir sıziq boylap bir-birinen 20 cm uzaqlıqta jatqan eki noqattıń fazalar parqın tabıń. (*Juwabı*: 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 cm², plastinalar arasındaqı qashıqlıq 3 mm bolsa, bul terbelis konturı qanday tolqın uzınlıǵına sáykeslengen? (*Juwabı*: 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 tolqın uzınlıǵına sáykeslengen? (*Juwabı*: 712 m).

7. Vakuumda tolqın uzınlıǵı 0,76 μm bolǵan jaqtılıq nurı menen suwdıń nur sındırıw kórsetkishi ólshengende 1,329 ǵa teń boldı, al tolqın 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 tolqın uzınlıǵı, jasıl nurdıń hawadaǵı tolqın 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 tolqın uzınlıǵı kemeytilse, interferenciyalıq kórinis qalay ózgeredi?

11. Eki kogerent tolqın ushırasqanda bir-birin ázziletiwi múmkin. Bul tolqınlardıń energiyası qayaqqa «joǵaladı»?

12. Tolqın uzınlıǵı λ bolǵan jaqtılıq, dáwiri d bolǵan difraksiyalıq reshoytkaqá α múyesh astında túspekte. Bunday jaǵday ushın difrakciya formulası qanday boladı? (*Juwabı*: $d(\sin\varphi - \sin\alpha) = k\lambda$).

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° múyesh astında túsip, 141 lx jaqtılğanlıqtı payda etedi. Jaqtılıq deregi stoldan qanday biyiklikte jaylasqan? (*Juwabı: 0,7 m.*).

15. Quyashtıń gorizonttan biyikligi 30° dan 45° 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 aǵımın tabıń. (*Juwabı: 1,6 klm.*).

17. Maydanı 25 m^2 bolğan kvadrat formadaǵı ójireniń ortasına lampa ildirilgen. Lampa poldan qanday biyiklikte ildirilse, ójire múyeshlerindegi jaqtılğanlıq maksimum boladı?

18. Onsha tereń bolmaǵan hawızdaǵı 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 iymeklik 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 jegennen keyin chay ishkende me yamasa jep bolıp, soń qaymaqtı chayǵa qosıp ishkende me? Jawabıńızdı tiykarlań.

23. Yung qurılmasında interferenciya maksimumları aralıǵın tabıń. S_1 hám S_2 sańlaqlar arasındagı qashılıq d , sańlaqlardan ekrangá shekem bolğan qashılıq L . Túsip atırǵan jaqtılıqtıń tolqın uzınlığı λ .

IV BAPTÍ JUWMAQLAW BOYÍNSHA TEST SORAWLARI

- 1. Elektromagnit tolqın nurlanıwınıń 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 tolıqtırın. Nur sındırw kórsetkishiniń jaqtılıq tolqın uzınlıǵına baylanıslılıǵına ... delinedi.**
A) difrakciya; B) interferenciya;
C) dispersiya; D) polyarizaciya.
- 3. Jaqtılğanlıq 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 tolıqtırın. 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 sıızqlı spektrge iye boladı?**
A) qattı halında; B) suyıq halında;
C) siyreklesken gaz halında; D) hár úsh halında.
- 6. Tómendegi nurlanıwlardıń qaysı biri eń kishi tolqın uzınlıǵına iye?**
A) infraqızıl nurlar; B) kórinetuǵın nurlar;
C) ultrafiolet nurlar; D) rentgen nurları.
- 7. Tómendegi qubılıslardan qaysı biri jaqtılıqtıń kóldeneń tolqınlar ekenligin tastıyıqlaydı?**
A) jaqtılıq difrakciyası; B) jaqtılıq dispersiyası;
C) jaqtılıq interferenciyası; D) jaqtılıqtıń polyarizaciyalanıwı.
- 8. 1 mm de 1000 shtrixi bar bolǵan difrakciyalıq reshıotkanıń turaqlılıǵın anıqlań.**
A) 10; B) 2; C) 0,1; D) 1.
- 9. Suwdıń nur sındırw 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 sekunda 2000 impuls jiberedi. Radiolokatordıń 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 λ ge teń. Jaqtılıq nur sıdırıw kórsetkishi n boǵan ortalıqqa ótse, bul parametrler qalay ózgeredi?
 A) nc hám $n\lambda$; B) c/n hám $n\lambda$; C) c/n hám λ/n ; D) nc hám λ/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) jaqtılanǵanlıq; D) ráwshanlıq.
15. Reshyotka turaqlılıǵı $1,1 \mu m$ bolǵan difrakciyalıq reshyotkaǵa tolqın uzınlığı $0,5 \mu m$ bolǵan jazıq monoxromatlıq tolqın normal túspekte. Baqlaw múmkin bolǵan maksimumlar sanın tabıń.
 A) 4; B) 5; C) 7; D) 9.
16. Aq reń payda etiw ushın qanday reńlerdi kombinacijalap 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 kombinacijalap 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 cm^2 bolǵan betke $0,02 \text{ lm}$ jaqtılıq aǵımı perpendikulyar túspekte. Bettıń jaqtılanǵanlıǵı qancha?
 A) 20 lx; B) 30 lx; C) 40 lx; D) 50 lx.

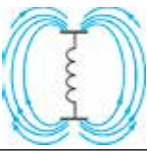
19. Qızıl reń menen kógis reń qosılǵanda qanday reń payda boladı?

- A) qaraltım; B) sarı; C) hawareń; D) kók.

20. Qızıl hám jasıl reń qosılǵanda qanday reń payda boladı?

- A) qaraltım; B) sarı; C) hava reń; D) kók.

IV bapta úyrenilgen eń áhmiyetli túsiniń, 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. $n_{21} = \frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}}$. ε_1 hám ε_2 –sáykes ráwishte birinshi hám ekinshi ortalıqlardıń dielektrik sińirgishlikleri.
Elektromagnit tolqın uzınlıǵı	Terbelisler fazası birdey bolǵan, bir-birine eń 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 Δt 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 aylandırıwshı ásbap.
Modulyaciya	Tómen jiyilikli elektr terbelislerin joqarı jiyilikli elektr terbelislerine qosıp jiberiw.
Kiriw konturı	Kóplegen radiostanciyalar ishinen kereklesin tańlap alıwshı terbelis konturı.
Detektorlaw	Joqarı jiyilikli terbelislerge qosıp jiberilgen tómen jiyilikli terbelislerdi ajıratıp alıw.
Videokamera	Jaqtılıq signalların (kórinis) elektr signallarına aylandırıwshı qurılma.
Kogerent tolqınlar	Jiyilikleri teń hám fazalar parqı ózgermes bolğan tolqınlar.
Tolqınlar interferenciyası	Kogerent tolqınlardıń ushırasqanda bir-birin kúsheytiwshı yamasa ázziletiwshı qubılısı. $\Delta d = 2k \frac{\lambda}{2}$ ($k=0, 1, 2, \dots$) de kúsheytidi, $\Delta d = (2k+1) \frac{\lambda}{2}$ de ázziletedi.
Tolqınlar difrakciyası	Tolqınnıń óz jolında ushırasqan tosıqtı aylanıp ótiwi. Bunda tosıqtıń ólshemi oğan túsip atırğan tolqın uzınlıǵınan kishi bolıwı kerek.
Difrakciyalıq reshlyotka	Jaqtılıq difrakciyası baqlanatuǵın kóp sanlı tosıq hám sańlaqlar jıyındısı.
Difrakciyalıq reshlyotkada difrakciya qubılısı	$d \sin \varphi = n \lambda$ d – reshlyotka turaqlısı; φ – difrakciyalanğan nur múyeshi; n – spektr tártibi; λ – tolqın uzınlıǵı.
Jaqtılıq dispersiyası	Aq jaqtılıqtıń prizmadan ótip, jeti reńge ajıralıwı: <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 toplamaı.
Shıǵarıw spektrleri	Zatlar qızdırılǵanda shıǵatuǵın spektr. Tutas, polosalı hám sıızıqlı 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 polyarizaciyanıwı	Jaqtılıqtıń turmalin plastinasınan ótkende elektr hám magnit maydan kernewlilik vektorlarınıń baǵıtları tártiplengen halǵa ótiwi.
Malyus nızamı	$I = I_0 \cos^2 \varphi$. Polyarizaciyalanǵan jaqtılıqtıń analizatordan ótkendegi intensivligi.
Analizator	Jaqtılıqtıń polyarizaciyalanǵanlıǵın anıqlawshı ásbap.
Polyarizator	Tábiyiy jaqtılıqtı polyarizaciyalap beriwsh ásbap.
Infraqızıl nurlar	Vakuumda tolqın uzınlıǵı 700 nm – 1 mm aralıqta bolǵan elektromagnit tolqınlar.
Ultrafiolet nurlar	Vakuumda tolqın uzınlıǵı 122 nm – 400 nm aralıqta bolǵan elektromagnit terbelisler.
Rentgen nurları	Vakuumda tolqın uzınlıǵı 0,005 nm ÷ 100 nm aralıqta bolǵan elektromagnit tolqınları.
Nurlanıw aǵımı	Waqt birligi ishinde qanday da bir maydangá túsip atırǵan energiya muǵdarı: $\Phi = \frac{W}{t}$.
Nurlanıw intensivligi	Nurlanıw aǵımınıń usı aǵım ótetuǵın maydangá qatnası. $I = \frac{\Phi}{S}$. Birliǵı – $\frac{W}{m^2}$.
Jaqtılıq kúshi	Jaqtılıq aǵımı Φ diń, usı jaqtılıq shıǵıp atırǵan keńisliktegi múyesh Ω 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 bolǵan halda, tolıq nurlandıırǵısthan perpendikulyar baǵıtta shıǵıp atırǵan 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 atırǵan maydan birligine tuwrı keletuǵın jaqtılıq kúshi. $B = \frac{I}{S}$. Birliǵı – $\frac{\text{cd}}{\text{m}^2}$.

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 qozǵalıstı 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 principini 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 Nyutonniñ ekinshi nızamı $\vec{F} = m\vec{a}$ bir inercial sanaq sistemasınan ekinshi sanaq sistemasına ótkende óz formasın saqlaydı.

Maksvell teoriyasına muwapıq 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) qozǵalı tezliklerine baylanıslı emesligi A. Maykelson hám E. Morli tárepinen de tájiriybede dálillendi.

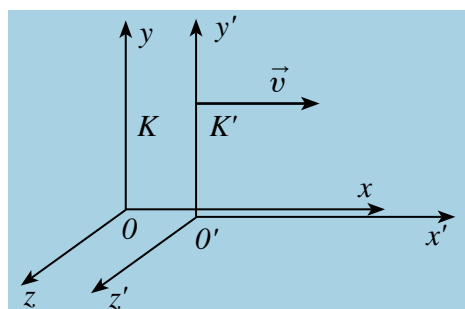
Bunnan elektromagnit tolqınlardıñ (jeke halda jaqtılıqtıñ) tarqalıw tezligi Galilay almasıruwlarına salıstırǵandan invariant boladı. Eger elektromagnit tolqın joqarıda ayılǵan K' sanaq sistemasında c tezlik penen tarqalıp atırǵan bolsa, onıñ K sanaq sistemasındaǵı tezligi $v+c$ bolıwı kerek, biraq c emes!

Bunday qarama-qarsılıqqa A.Eynshteyn shek qoydı. Ol keńislik hám waqıt haqqındaǵı klassikalıq pikirden waz keshti. Relyativistlik emes (klassikalıq) fizikada absolyut dep esaplangan fizikalıq shamalardı, sonıñ ishinde waqıtı relyativistlik (inglisshe *relativity* – salıstırmalılıq) fizikada salıstırmalı shamalar dep qabıl etti hám óziniñ salıstırmalılıq teoriyasın usındı.

Salıstırmalılıq teoriyası jaqtılıq tezliginen kishi, biraq oǵan jaqın bolǵan tezlik penen qozǵalıp atırǵan denelerdiñ qozǵalı nızamların óz ishine alatuǵın 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 qozǵalıısına baylanıslı emes.

2. Eynshteynniñ salıstırmalılıq principini: barlıq fizika nızamları hám procesler barlıq inercial sistemalarda birdey júz beredi. Demek, barlıq fizika nızamları hámme inercial sanaq sistemalarında birdey kóriniske iye.



5.1-siwret.

Eynshteyn postulatlari 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 tómendegi 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, $\tau > \tau_0$, yağny qozğalmaytuğın sanaq sistemasına salıstırğanda qozğalıp atırğan sistemada waqıttıń ótiwi ástelesedi.

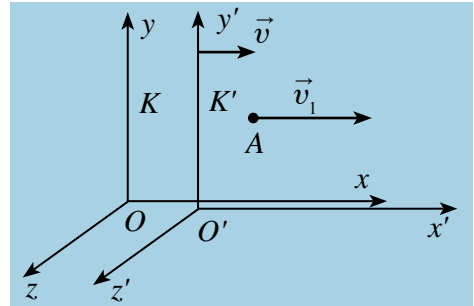
Dál usı principke muwapıq uzınlıqtıń relyativistlik kemeyiwın dálillew múmkin.

$$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = l_0 \sqrt{1 - \beta^2} \text{ qa teń boladı.}$$

Bunda: l_0 hám l – sterjenniń qozğalmas hám qozğalıp atırğan sanaq sistemasındağı uzınlıqları.

Solay etip, baqlawshıǵa salıstırğanda qozğalıp atırğan deneniń sızıqlı ólshemi qısqaradı. Bul relyativistlik effekt Lorenc uzınlıq qısqarıwı dep ataladı. Lorenc almastırıwlarınan kelip shıǵatuğın áhmiyetli nátiyjelerden biri tezliklerdi qosıwdıń relyativistlik nızamı esaplanadı.

Kóz aldımızǵa keltireyik, A dene qozğalmalı sanaq sisteması K' da x' kósheri boylap v_1 tezlik penen qozğalsın. K' sanaq sisteması, óz gezeginde, qozğalmaytuğın sanaq sistemasına salıstırğanda v tezlik penen qozğalsın. Qozğalıwı dawamında x hám x' kósherleri sáykes tússin, y hám y' , z hám z' kósherleri óz ara parallel jaǵdayda bolsın (5.2-súwret).



5.2-súwret.

Deneniń K' sanaq sistemasına salıstırğanda tezligi v_1 hám K sanaq sistemasına salıstırğanda tezligi v_2 bolsa, ol jaǵdayda tezliklerdi qosıwdıń relyativistlik nızamı tómendegi kóriniste jazıladı:

$$v_2 = \frac{v_1 + v}{1 + \frac{v_1 \cdot v}{c^2}}. \quad (5-5)$$

Eger tezlikler jaqtılıq tezligine salıstırğanda júdá kishi bolsa, yağny $v \ll c$ hám $v_1 \ll c$, ol jaǵdayda $\frac{v_1 \cdot v}{c^2}$ aǵzanı esapqa almasaq ta boladı $\frac{v_1 \cdot v}{c^2} \approx 0$. Ol jaǵdayda, joqarıdağı tezliklerdi relyativistlik qosıw nızamı klassikalıq mexanikaǵa tezliklerdi qosıw nızamına aylanadı.

$$v_2 = v_1 + v$$

Eger $v_1 = c$ bolsa, ol jaǵdayda Eynshteyn postulatlarına muwapıq $v_2 = c$ bolıwı kerek. Haqıyqatında da:

$$v = \frac{c + v}{1 + \frac{c \cdot v}{c^2}} = c \frac{c + v}{c + v} = c.$$



1. Galiley almasırların túsindirih.
2. Salıstırmalıq teoriyası postulatların táriyleñ 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 tábiyattın barlıq nızamları bir inercial sanaq sistemadan basqa sanaq sistemasına ótkende invariantlıǵın túsindiredi. Bul degeni barlıq tábiyat nızamların ańlatıwshı teńlemeler Lorenc almasırlarına salıstırǵanda invariant bolıwı kerek. Biraq, Nyuton mexanikasınıñ teńlemeleri Lorenc almasırlarına invariant emes eken. Kishi tezliklerde Nyutonnıñ 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 massanıń tezlikke baylanıslıq 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 baylanıslı eken.

Relyativistlik mexanikada energiyanıń 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

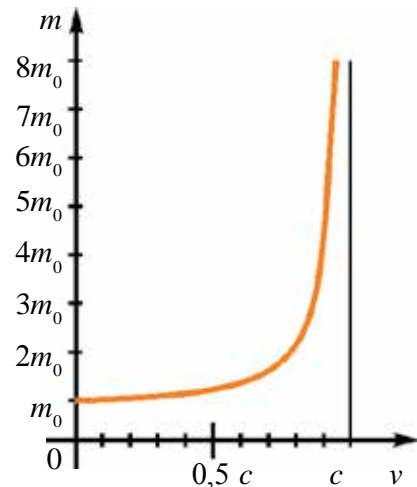
boladı. Deneniń ulıwma energiyası ańlatpasın salıstırmalıq teoriyasına tıykarlanıp Eynshteyn tómendegi korinisin keltirip shıǵardı:

$$E = mc^2 = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}. \quad (5-7)$$

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 energiyanıń óz ara baylanıslıq 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 bólekshege 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:

$$E_k = E - E_0 = mc^2 - m_0c^2 = \frac{m_0c^2}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} - m_0c^2 = m_0c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right). \quad (5-8)$$

$$p = \frac{m_0v}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \quad \text{hám} \quad E = \frac{m_0c^2}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \quad \text{formulalardan} \quad \text{energiya} \quad \text{menen} \quad \text{impuls}$$

arasındaǵı baylanıstı anıqlaw múmkin. Bul formulanı tómendegi kóriniste jazamız:

$$\left(\frac{p}{m_0c} \right)^2 = \frac{v^2}{1-\frac{v^2}{c^2}}; \quad \left(\frac{E}{m_0c^2} \right)^2 = \frac{1}{1-\frac{v^2}{c^2}}. \quad (5-9)$$

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 ańlatıladı?*
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: $v_{\text{sal.}} = ?$		<i>Juwabi:</i> $0,8 c.$

5-shınıǵıw

1. Qaysı biri kóp energiyaǵa 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 energiyaǵa iye (c —jaqtılıq tezligi, λ —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:* $1 \cdot 10^{-14} \text{ kg}$).

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°C dan 200°C ǵa shekem qızdırıldı. Azottıń massası qanshaǵa artqan? Azottıń turaqlı basımdaǵı jıllılıq sıyımlılıǵı $1,05 \text{ kJ/kgK}$. (*Juwabi:* $4,7 \cdot 10^{-8} \text{ g}$).

8. Quyashtıń nurlanıwı $3,78 \cdot 10^{26} \text{ W}$. 1 s ta Quyash nurlanıw nátiyjesinde qansha (kg) massa joǵaltıldı? (*Juwabi:* $4,3 \cdot 10^9 \text{ kg}$).

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 ushıp 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? $c = 300000 \text{ km/s}$.

(*Juwabi:* $\frac{m}{m_0} \approx 1,67$ ese).

13. Sterjen v tezlik penen K – sanaq sistemasına salıstırğanda qozğalmaqta. Tezliktiñ qanday mánisinde usı sanaq sistemasında onıñ uzınlıǵı jeke uzınlıǵınan 0,5% ke kem boladı? (Juwabı: $v \approx 3 \cdot 10^7$ 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? (Juwabı: $v = 0,2$ s).

15. Bóleksheniñ relyativistlik impulsı Nyuton (klassikalıq) impulstan 2 ese úlken bolsa, bóleksheniñ tezligin anıqlań. (Juwabı: $v = \frac{\sqrt{3}}{2} c$).

16. Bóleksheniñ kinetikalıq energiyası onıñ tınıshlıqtaǵı energiyasına teń bolǵan jaǵdaydaǵı tezligi tabılsın. (Juwabı: $v = \frac{\sqrt{3}}{2} c$).

17. Tezletkish elektronga $4,08 \cdot 10^6$ eV energiya beredi. Elektronnıñ tezligi hám massasını anıqlań. (Juwabı: $v \approx 0,98 c$, $m = 9 m_0$).

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 qozǵalıp atırǵan elektronnıń massası tınıshlıqtaǵı massasınan neshe ese úlken boladı?
 A) 6; B) 3; C) 2,4; D) 1,25.
9. Eki bólekshe bir-birine $\frac{5}{8}c$ tezlik penen qozǵalmaqta. Olardıńsalıstırmaǵı tezlikleri neshege teń?
 A) 0,5 c ; B) 0,6 c ; C) 0,7 c ; D) 0,9 c .
10. Bóleksheniń tınıshlıqtaǵı massası m . Onıń 0,6 c tezliktegi massasın anıqlań.
 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 qozǵalıp atırǵan bóleksheniń massası onıń tınıshlıqtaǵı massasınan neshe procentke kóp?
 A) 60; B) 54; C) 36; D) 25.
12. Bóleksheniń qanday tezliginde onıń qozǵalıstıǵı massası onıń tınıshlıqtaǵı massasınan 40% ke kóp boladı?
 A) 0,4 c ; B) 0,6 c ; C) 0,64 c ; D) 0,7 c .
13. Qaysı biri kóp energiyaǵa iye: 1 kg suw (E_1), 1 kg kómir (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 massalı kómir qanday energiyaǵa iye (c -jaqtılıq tezligi, λ – salıstırmaǵı eriw jıllılıǵı).
 A) mc^2 ; B) $m\lambda$; C) $mc^2/2$; D) $m\lambda$.
15. 0,6 c tezlik penen qozǵalıp atırǵan bóleksheniń kinetikalıq energiyası onıń tınıshlıqtaǵı energiyasınan 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.	Salıstırmaǵılıq teoriyası	Eynshteynniń arnawlı salıstırmaǵılıq teoriyası keńislik hám waqıt haqqında klassikalıq pikirler ornına kelgen tálimat esaplanadı.
2.	Jaqtılıqtıń vakuumdıǵı tezliginiń turaqlılıǵı	Jaqtılıqtıń vakuumdıǵı tezligi bárshe sanaq sistemalarında birdey bolıp c ǵa teń hám derek hám de qabıllaǵıshlardıń tábiyatına baylanıslı emes. Bul tájiriye Maykelson tárepinen dálillengen.

3.	Eynshteynniń postulatları	1. Jaqtılıqtıń vakuumdagı tezligi bárshe sanaq sistemalarında birdey hám derek hám de qabıllagıshlardıń tábiyatına baylanıslı emes. 2. Barlıq tábiyat nızamları hám procesleri barlıq inercial sanaq sistemalarında birdey júz beredi.
4.	Lorenc almasırwları	Salıstırmalıq teoriyasınıń matematikalıq tiykarın Lorenc almasırwları quraydı.
5.	Waqtıń relyativistlik ástelesiwi	$\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$, bul jerde τ_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 principini 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: λ_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, λ_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

nızamına muvafıq bul bólistiriwdi islep shıqtı. Ol tek uzın tolqınlarda ǵana bar bólistiriwdi túsindirip berdi, qısqa tolqınlar ushın tájiriye nátiyjelerine hám ámeliyatqa qarama-qarsı keldi.

XX ásirdeń basına kelip payda bolǵan krizisli ilimiy mashqalalardan biri gazlardıń hám de metall puwlarınıń nurlanıw spektrleriniń sıızıqlı bolatuǵının túsindiriw 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 úzlukli boladı dep, nurlanıw energiyasın tolqın uzınlıǵı boyınsha bólistiriliw nızamın jarattı hám joqarıdaǵı mashqalalardı túsindirip berdi.

Sonday-aq, nurlanıwshı denelerdiń bar bolıw sharayatı (Quyash mısasında) hám de termodinamikalıq teńsalmaqlılıq júz beriwı 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

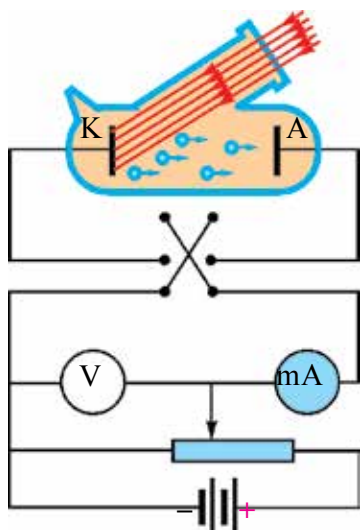
Fotoelektrik effekt yamasa qisqacha – fotoeffekt 1887-jılı H. Hertz tárepinen ashılıp, tájiriybede orıs alımı A. Stoletov (F. Lenardtın biyxabar) hár tárepleme izertlegen.

Sırtqı fotoeffekt – bul zattan jaqtılıq tásirinde elektronlardıń shıǵarılıwı.

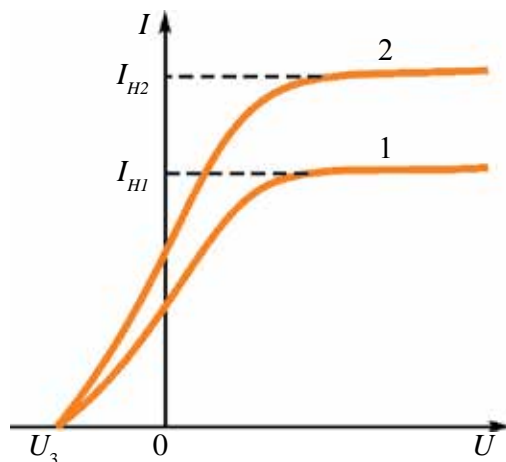
Fotoeffekt qubılısın úyreniwdiń eksperiment qurılısınıń sxemalıq kórinisi 6.1-súwrette keltirilgen.

Qurılımanıń tiykarın eki elektrod: anod hám katodqa iye hám de kvarctan tayarlanǵan «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 uzınılıǵında hám de turaqlı jaqtılıq aǵımında fototok kúshi I diń anodqa berilgen kernewine baylanıslılıǵı ólshenedi.

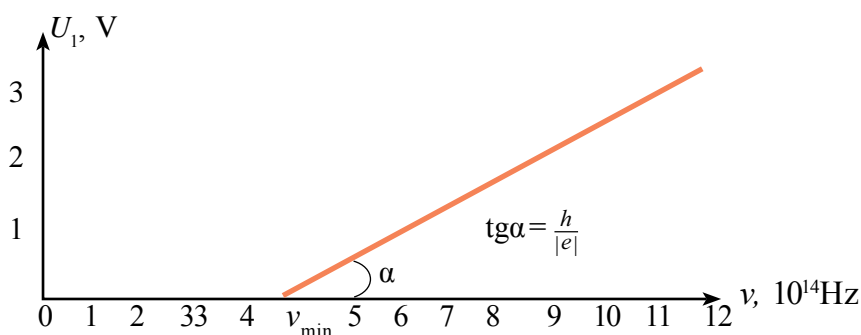
6.2-súwrette fototok kúshiniń kernewine baylanıslılıǵınıń tipli grafikleri keltirilgen. 2-grafik 1-ge salıstırǵanda úlkenirek jaqtılıq aǵımına tiyisli. Bul jerde: I_{1T} hám I_{2T} toyınıw tokları, U_{jab} – jabıwshı kernew, yaǵnıy bunday teris kernew berilgende fotoelektronlar baslanǵısh tezlikleri 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 ν ǵa sızıqlı baylanıslı (ν artıwı menen I sızıqlı artadı).

2. Hár bir zat ushın fotoeffekt júz beretuǵın minimal jiyilik ν_{\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 juwmaqqá 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 atqarılgan 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) fotoeffekttiń 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_{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, λ_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 $E=h\nu$ ǵa teń. Foton vakuumda jaqtılıq tezligi c menen qozǵaladı. Foton tınıshlıqta massaǵa iye emes, yaǵnıy $m_0=0$.

Salıstırmalılıq teotiyasındaǵı $E=mc^2$ tan paydalanıp fotonnıń qozǵalıstaǵı massasın anıqlaw múmkin:

$$m = \frac{E}{c^2} = \frac{h\nu}{c^2}. \quad (6-6)$$

Kóbinese foton energiyası $h\nu$ 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: $\hbar = \frac{h}{2\pi} = 1,05 \cdot 10^{-34}$ Dj·s 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 tásirlengende (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 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 jıńshke jipke ildirilgen. Jipke ayna ornatılǵan bolıp, juqa qanatlardıń biri jiltıraq, ekinshisi qaraytılǵan. Jiltıraǵı jaqtılıqtı jaqsı qaytaradı, al qaraytılǵanı jutadı.

Sistema, hawası sorıp alınǵan ıdıs ishine 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 aǵımınıń betke beriwshi basımınıń formulasın tómendegishe keltirip shıǵarıw múmkin. Fotonnıń maydanǵa urılıw nátiyjesindeki tásir kúshi $F_1 = \frac{\Delta(mc)}{\Delta t}$ ǵa teń. Eger N foton urılsa, ol jaǵdayda $F_k = NF_1 = \frac{N\Delta(mc)}{\Delta t}$.

Bul jerde: $\Delta(mc)$ – foton impulsınıń ózgeriwi. Eger maydan ideal jiltıraq bolsa, $\Delta(mc) = 2mc$ ǵa, absolyut qara bolsa, $\Delta(mc) = mc$ ǵa teń.

Onda absolyut qara maydanǵa berilgen basım $p_1 = \frac{F}{S} = \frac{N\Delta(mc)}{S \cdot \Delta t}$.

Eger maydan jiltıraq bolsa, $p_1 = \frac{N \cdot 2mc}{S \cdot \Delta t}$.

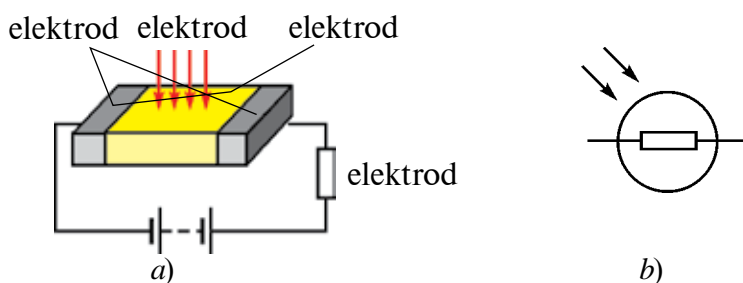
$E = mc^2$ tan $mc = \frac{E}{c}$ ekenligi esapqa alınsa, $p = \frac{NE}{c \cdot S \cdot \Delta t}$.

Bul jerde $\frac{NE}{S \cdot \Delta t} = I$ – maydan birligine waqıt birliginde túsiwshi jaqtılıq (tolqın) energiyası jaqtılıq (tolqın) intensivligi I delinedi.

Ol halda $p = \frac{I}{c}$. Bul Maksvelldiń elektromagnit tolqınlardıń zat maydanına túskendegi (absolyut qara maydanǵa) beretuǵın basımınıń formulası esaplanadı.

Fotoeffekt qubılısına tiykarlanıp isleytuǵın ásbaplardan eń kóp qollanılatuǵınları **fotoqarsılıq esaplanadı**.

Fotoqarsılıqtıń tiykarın maydanı salıstırmalı túrde úlken bolǵan, jaqtılıqqa sezgir yarımótkizgish quraydı. Onıń sxemalıq kórinisi hám shártli belgisi 6.4-súwrette keltirilgen.



6.4-súwret.

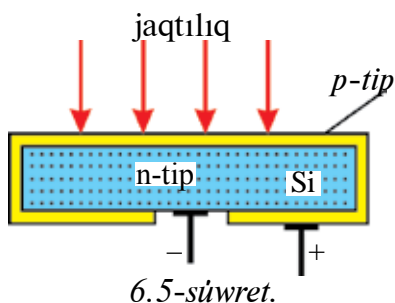
Bólme temperaturasında yarımótkizgishtiń qarsılıǵı júdá úlken hám onnan júdá kishi tok ótedi. Oǵan jaqtılıq túsiwi menen erkin zaryad tasıwshılarınıń koncentraciyası artadı, qarsılıǵı kemeyedi. Tok kúshi artadı.

Fotoqarsılıqlardıń jetiskenlikleri tómendegiler. Joqarı fotosezgirlik, uzaq muddette nátiyjeli islewi, ólshemi kishi ekenligi, tayarlaw texnologiyası quramalı emes, hár qıylı tolqın uzınlığında isleytuǵın yarımótkizgishli materialdan tayarlanıwı múmkin ekenliginde.

Onıń kemshiliklerinen biri – qarsılıǵınıń ózgeriwi jaqtılıq aǵımına sıziqlı 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 -tıptegi kremniydiń juqa ($1-2-\mu\text{m}$) qatlamı menen qaplangan (6.5-súwret).

Elementtiń maydanına jaqtılıq túsiwi menen juqa p -tıptegi 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 $0,5\text{ V}$ ǵa shekem boladı. 1 cm^2 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 tısqarı, 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 shıgaradı. Bul diod materialında elektronlardıń muǵdarı ham de háreketsheńligi geweklerge salıstırǵanda úlkenirek boladı. Elektronlar n -oblasttan p -oblastqa ótkende gewekler menen rekombinaciyalasıp, ózlerinen artıqsha energiyani nur sıpatında shıgaradı.

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 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} Hz bolǵan nurlanıw aynaǵa tik túsip, onnan qaytpaqta. Fotonniń onıń qaytıwındaǵı impulsı ózgeriwiniń modulin anıqlań ($\text{kg} \cdot \text{m/s}$). $h = 6,6 \cdot 10^{-63} \text{ Dj} \cdot \text{s}$. (*Juwabi:* $4,4 \cdot 10^{-25} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$).

6. 100 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 ν_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 qızıl chegarası $\nu_0 = 4,3 \cdot 10^{14}$ Hz bolgan zatqa tolqın uzınlığı $3 \cdot 10^{-5}$ cm bolgan jaqtılıq tússe, fotoelektronlardın kinetikalıq energiyası nege teń (Dj)? (Juwabı: $E_k \approx 3,76 \cdot 10^{-19}$ Dj).

13. Fotoelementtiń katodı ν_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 bolgan. E_1 hám E_2 lerdin qatnası qanday? (Juwabı: $E_2 > 3E_1$).

14. Ceziyli katodqa tolqın uzınlığı 600 nm bolgan jaqtılıq túspekte. Elektronnıń katodtan shıǵıw jumısı 1,8 eV ǵa teń bolsa, jabıwshı kernewdin qanday mánisinde (V) fototok toqtaydı? $h = 4,1 \cdot 10^{-15}$ eV·s. (Juwabı: $U_j = 0,25$ V).

15. Quwatlılıǵı 100 W bolgan jaqtılıq deregi hár 2 sekunda $2,5 \cdot 10^{20}$ foton nurılaydı. Jaqtılıqtın tolqın uzınlıǵın anıqlań. $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Dj·s. (Juwabı: $\lambda \approx 2,5 \cdot 10^{-7}$ m).

16. Jiyiligi 10^{16} Hz bolgan jaqtılıq nurı aynaǵa túsip, tolıq qaytpaqta. Jaqtılıqtın qaytıw procesindegi foton impulsınin ózgeriwın tabıń. $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Dj·s. (Juwabı: $4,4 \cdot 10^{-26}$ kg·m/s).

17. Jekkelengen mıs sharikke tolqın uzınlığı $0,165 \mu\text{m}$ bolgan monoxromatlı ultrafiolet nur túspekte. Eger mıstan elektronnıń shıǵıw jumısı $A_{sh} = 4,5$ eV bolsa, sharik neshe volt potensialǵa shekem zaryadlanadı? $h = 4,1 \cdot 10^{-5}$ eV·s. (Juwabı: $\varphi_{\text{max}} \approx 2,95$ 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. Túsip atırǵan jaqtılıq aǵımı ($\lambda = \text{const}$ 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 shıǵıp atırǵan bólekshelerdiń tezligi $1,6 \cdot 10^6$ m/s bolsa, túsip atırǵan jaqtılıqtıń tolqın uzınlıǵın esaplań. Shıǵıw 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 fotoeffekttiń qızıl shegarası 600 nm. Kaliy ushın shıǵıw 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 elementlerdiń shıǵıw jumısı 3 eV bolsa, oǵan túsip atırǵan fotonlardıń energiyası 5 eV bolsa, tormozlawshı potencial qanday bolǵanda foton kúshi nolge teń boladı (V)?
 A) 1,5; B) 2; C) 3; D) 5.
8. Qanday da bir metall ushın fotoeffekttiń qızıl shegarası 331 nm ge teń. Bul metallda fotoeffekttiń júz beriwi ushın túsip atırǵan 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 shıǵıw 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. Shıǵıw jumısı 3 eV bolǵan metallǵa 5 eV energiyalı fotonlar túskende onnan shıǵıp atırǵan fotoelektronlardıń maksimal kinetikalıq energiyasın anıqlań (eV).
 A) 0,6; B) 2; C) 3; D) 5.
11. Jaqtılıqtıń tolqın uzınlıǵı 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 uzınlıǵı 220 nm bolsa, fotonniń 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 uzınlıǵı $6,63 \cdot 10^{-8}$ m bolsa, fotonniń 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. Jaqtılıqtıń jiyiligi $3 \cdot 10^{15}$ Hz bolsa, onıń impulsın anıqlań ($\text{kg} \cdot \text{m/s}$).
 $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Dj \cdot 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 $3,315 \cdot 10^{-27}$ $\text{kg} \cdot \text{m/s}$ bolsa, jaqtılıqtıń 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 uzınlığı $1,2 \mu\text{m}$. 200 W quwatlı lampochkanıń 1 sekund nurlanıwındaǵı fotonlar sanın anıqlań. $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Dj \cdot 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 sıındırıw kórsetkishi n bolǵan 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, oǵan jiyiligi $1 \cdot 10^{15}$ Hz bolǵan jaqtılıq tásirinde ushıp shıqqan fotoelektronlardıń 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 shıǵıw jumısı $3,3 \cdot 10^{-19}$ Dj bolsa, fotoeffektin qızıl shegarası ν_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, qaqıyda hám nızamlar

Vin awısıw nızamı	Dene nurlanıwdıń maksimumına tuwrı keletuǵın tolqın uzınlığı, λ_m absolut temperaturaǵa kerı proporcional esaplanadı: $\lambda_m = \frac{b}{T}$, $b = 2,898 \cdot 10^{-3}$ m \cdot K – Vin turaqlısı.
Kvant	Bul deneniń jutıw yaqı nurlanıw energiyasınıń minimal bólegi.
Kvant energiyası	Kvant energiyası jaqtılıq jiyiligine tuwrı proporcional: $E = h\nu$, $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ Dj \cdot s.
Sırtqı fotoeffekt	Bul zattan jaqtılıq tásirinde elektronlardıń shıǵıwı.
Jabıwshı kernew	Bul fotonlar baslanǵısh tezlikleri menen anodqa jetip bara almaytuǵın tormozlawshı teris kernew.

Fotoeffekt nızamları:	<p>1. Fotoelektronlardıń maksimal kinetikalıq energiyası jaqtılıq aǵımına (intensivligine) baylanıslı emes hám túsiwshi nurdıń jiyiligi ν ǵa sıızıqlı baylanıslı.</p> <p>2. Hár bir zat ushın fotoeffekt júz beretuǵın minimal jiyilik ν_{\min} bar hám bul fotoeffekttiń qızıl shegarası delinedi.</p> <p>3. Katodtan waqt birliginde shıǵıp atırǵan fotoelektronlar sanı katodqa túsip atırǵan jaqtılıq aǵımına (intensivligine) tuwrı proporcional, jiyiligine baylanıslı emes.</p>
Elektronlardıń maksimal kinetikalıq energiyası	$E_{k \max} = \frac{mv_{\max}^2}{2} = eU_{jab.}$
Fotoeffekt ushın Eynshteyn formulası	$h\nu = A + \frac{mv^2}{2}.$
Fotoeffekttiń qızıl chegarası	<p>Fotoeffekttiń qızıl shegarası $h\nu_{\min} = A$ yaki $\frac{hc}{\lambda_0} = A$. Bul jerde ν_{\min} yaki λ_0 – fotoeffekttiń qızıl chegarasına tuwrı kelgen jiyiligi hám tolqın uzınlıǵı.</p>
Ishki fotoeffekt	<p>Jaqtılıq tásirinde yarımótkizgishlerde erkin zaryad tasıwshılardıń koncentraciyası artıwı.</p>
Foton	<p>Jaqtılıq kvantı yaki bólekshesi. Onıń tınısh halattaǵı massası $m_0 = 0$.</p>
Fotonnıń energiyası	<p>Fotonnıń energiyası $E = h\nu$, qozǵalı tezligi c, impulsı</p> $p = \frac{h\nu}{c}, \text{ massası } m = \frac{h\nu}{c^2}.$
Jaqtılıq basımı	$p = \frac{I}{c},$ bul jerde I – jaqtılıq intensivligi.
Fotoqarsılıq-fotorezistor	<p>Jaqtılıq tásirinde qarsılıǵı kemeyiwshi rezistor.</p>
Quyash batareyaları	<p>Ishki fotoeffektke tiykarlanǵan p-n ótiwli 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. Lavuazy (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, yaǵnıy onıń dúzilisin úyreniw mashqalası júzege keldi. Inglis fizigi Dj. Dj. Tomson 1903-jılı atomnıń dúzilisi haqqındaǵı 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 qozǵalıwshı elektronlardan quralğan. Keyin ala atom yadrosı – oń zaryadlangan proton hám elektr jaǵınan neytral neytronlar kompleksinen ibarat ekenligi anıqlandı.

37-tema. ATOMNÍN BOR MODELİ. BOR POSTULATLARI

1903-jılı inglis fizigi Dj. Dj. Tomson atomnıń dúzilisi haqqındaǵı birinshi modeldi usındı. Tomson modeline muwapıq, atom – massası tegis bólistirilgen 10^{-10} m shamadaǵı oń zaryadlardan ibarat shar sıpatında kóz aldığa keltiriledi. Al, onıń, óz teńsalmaqlılıq jaǵdayları átirapında terbelmeli qozǵalatuğın teris zaryadlar (elektronlar) bar bolıp (bunda

atomdı 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 aldıda keltiriledi. Elektronlar yadro átirapında (jabıq) orbitalar – atomnıń elektron qabıǵı boylap qozǵaladı hám olardıń zaryadı yadrodaǵı oń zaryadqa teń.

Atomnıń ólshemleri júdá kishi bolǵanı ushın ($\approx 10^{-10}\text{m}$) 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 tájiriye 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 qozǵalıǵı iyemk sızıqlı, yaǵnıy tezleniw menen júz beretuǵın qozǵalıǵı 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 elektronnıń nurlanıw jiyiligi de úzliksiz

ráwishte artıwı hám demek, úzliksiz nurlanıw spektri baqlanıwı kerek. Al, tájiriybeler hám olar menen sáykes keliwshi Balmer formulası atomnıń 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 elektronnıń 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 – elektronnıń massası; r_n – n-orbitanıń radiusı; v_n – elektronnıń usı orbitadaǵı tezligi; $m_e \cdot v_n \cdot r_n$ – elektronnıń 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 elektronnıń 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 sıızıqlı 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 (sıızıqlı) 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 nomerini 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:

$$E_n = - \frac{m_e e^4}{8h^2 \epsilon_0^2} \cdot \frac{1}{n^2}. \quad (7-6)$$

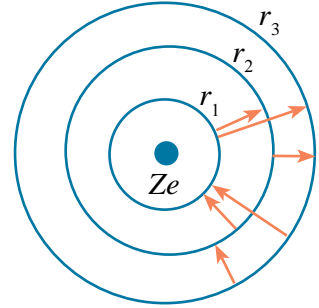
Bul ańlatpadan kórinip turǵanıday, vodorod atomınıń tolıq energiyası teris bolıp, ol elektron hám protondi erkin bólekshelerge aylandırırw ushın qansha energiya sarıplaw kerekligini kórsetedi. Basqasha aytqanda, mine, usı energiya bul eki bóleksheni bir pútin atom sıpatında saqlap turadı. Sonıń ushın 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. Elektrondı $n_1=1$ orbitadan $n_2 \rightarrow \infty$ ke ótkiziw ushın, basqasha aytqanda, elektrondı atom yadrosınan ajratıp alıw (atomdı ionlastırıw) ushın eń úlken energiya sarıplanadı. Bul energiyanıń mánisi 13,6 eV ǵa teń bolıp, vodorod atomın ionlastırıw energiya esaplanadı.



7.1-súwret.

Demek, vodorod atomınıń tiykarǵı halatındaǵı elektronnıń energiya –13,6 eV ǵa teń. Joqarıda atap ótkenimizdey, energiyanıń terisligi elektronnıń baylanısqa halatta ekenligin kórsetedi. Erkin halattaǵı elektronnıń energiya nolge teń dep qabıl etilgen.

(7-7) ańlatpa járdeminde shıǵarılatuǵın yamasa jutılatuǵın fotonıń jıyiligin 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 elektrónı 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:	$\lambda_{32} = \frac{n_3^2 n_2^2 c}{(n_3^2 - n_2^2) R}.$
$\frac{\lambda_{32}}{\lambda_{21}} = ?$	$\frac{\lambda_{32}}{\lambda_{21}} = \frac{9 \cdot 4}{(9 \cdot 4)} = \frac{36}{5} \cdot \frac{3}{4} = \frac{27}{5} = 5,4.$
	<i>Juwabi:</i> $\frac{\lambda_{32}}{\lambda_{21}} = 5,4.$

38-tema. LAZER HÁM OLARDIŇ TÚRLERI

Lazer degen ne? Lazer dep atalıwshı optikalıq kvant generatorlarınıń payda bolıwı fizika pániniń jańa tarawı – kvant elektronikasınıń úlken jetiskenligi.

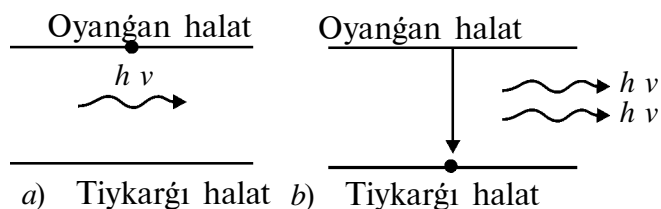
Lazer degende, júdá anıq baǵdarlanǵan kogerent jaqtılıq nurınıń deregi túsiniledi.

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 shıǵarıılǵan 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).

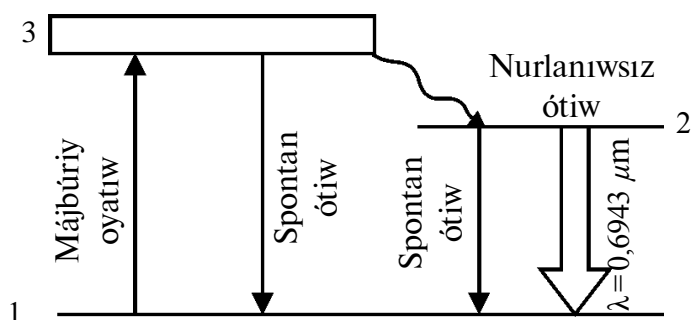


7.2-súwret.

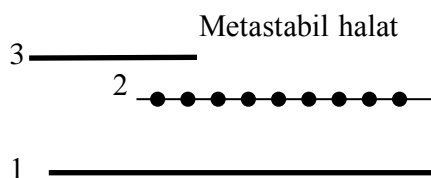
Nátiyjede atom oyangan halattan tiykargı halatqa ótiwinde shıǵarılatuǵın foton, bul ótiwdi júzege keltiretuǵın foton menen birdey boladı. Basqasha aytqanda, hár eki foton da birdey jiyilikke, qozǵalı baǵıtına, fazaǵa hám polarizaciya baǵıtına iye boladı. Orıs fizigi V. Fabrikant májbúriy nurlanıw járdeminde 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 діń 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).

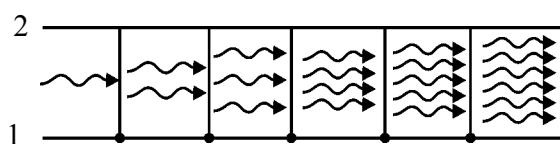
Xrom atomınıń oyangan halatta jasaw dáwiri júdá kishi (10^{-7} s) bolǵanlıǵı ushın ol yaki spontan ráwishte (óz-ózin) 1 tiykargı halatqa ótiwi yaki nurlanıwsız 2 halatqa ótiwi (metastabil halat) múmkin (7.3-súwret). Bunda energiyanıń artıqsha bólimi rubin kristalınıń reshlyotkasına beriledi. 2 halattan 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 rubinqe 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.



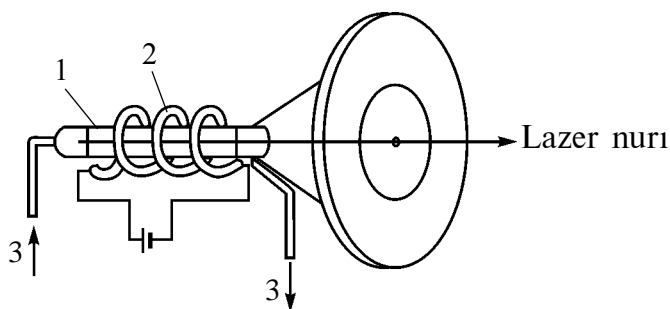
7.4-súwret.



7.5-súwret.

Bul process kóshki tárizli rawajlanıp, fotonlardıń sanı keskin artıp baradı (7.5-súwret). Bul fotonlardıń tek jiyilikleri emes, al fazaları, tarqalıw baǵıtları 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 tanısaiyq.

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/m² qa shekem bolıwı múmkin. Bul júdá joqarı mánis esaplanadı. Solay eken, Quyashtıń tolıq nurlanıw spektri boyınsha nurlanıw quwatlılıǵı $7 \cdot 10^7$ W/m² 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 μ 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 kóshiwlerdi, ortalıqtıń sındırıw kórsetkishin, basımdı,

temperaturanı ólshew múmkin. Lazer nurı Jerden Ayğa shekem bolğan aralıqtı anıqlastırıwǵa, Aydıń kartasına anıqlıqlar kirgiziwge járdem berdi.

Lazer medicinada da júdá keń qollanıwda. Ol qan shıǵarmaytuǵın pıshaq wazıypasın atqarıp, adamlardıń ómirin uzaytıwǵa, 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 qollanıw tarawı sonsha kóp bolıp, olardıń búrshesine 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 nurlanıwǵa aytiladi?*
3. *Májbüriy ótiw qalay payda etiledi?*
4. *Metastabil halat dep qanday halatqa aytiladi?*
5. *Lazerdiń ólshew jumıslarında, ilimde, medicinada qollanıwına misallar keltiriń.*

39–tema. ATOM YADROSINIŃ 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 atomının yadrosı, 1919-jılı Rezerford hám onıń xızmetkerleri tárepinen oylap tabılǵan. Elektronnıń zaryadına teń oń zaryadqa iye. Tınıshlıqtaǵı massası $m_p = 1,6726 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \approx 1836 m_e$, bul jerde m_e — elektronnıń 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 protonnıń 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: ${}^A_Z X$, bul jerde: *X* — ximiyalıq elementtiń belgisi, *Z* — atomnıń 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 m³ yadro materialınıń massası 200 million tonna boladı*. Bunsha úlken massa qalay etip baylanısq turadı eken?

Yadronı kulon kúshi tásirinde ıdırap ketiwden saqlap turatuǵın bunday tartılıw kúshleri yadro kúshleri delinedi.

Yadronıń baylanısıw energiyası. Tekseriwlerdiń kórsetiwi boyınsha, atom yadrosı bir qansha bekkem dúziliske iye. Demek, yadrodaǵı nuklonlar arasında belgili baylanısıw bar. *Yadronı óz aldına nuklonlarǵa ajratıw ushın zárúr bolatuǵın energiya yadronıń baylanısıw energiyası delinedi.* Yadronıń baylanısıw energiyası onıń turaqlılıq ólshemi esaplandı. Energiyanıń saqlanıw nızamı boyınsha, yadronı ıdıratıw ushın qansha energiya sarıplansa, yadro payda bolǵanda da sonsha energiya bólinip shıǵadı.

Solay eken, bul energiya nege teń hám ol qalay payda boladı?

Massa defekti. Yadro massasını *mass-spektrometrler* dep atalatuǵın ásbap járdeminde úlken anıqlıqta ólshew múmkin. Bunday ólshewlerdiń kórsetiwinshe, yadronıń massası onıń quramına kiretuǵın 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 Δm ózgeriwine energiyanıń Δmc^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 bolatuǵını tábiyiy. Olardı salıstırıp, qaysıları turaqlı, al qaysıları turaqsız ekenligin qalay anıqlawımız múmkin? Bunı anıqlawdıń birden-bir jolı hár bir nuklonǵa tuwrı keletuǵın baylanısıw energiyasını salıstırıwdan ibarat.

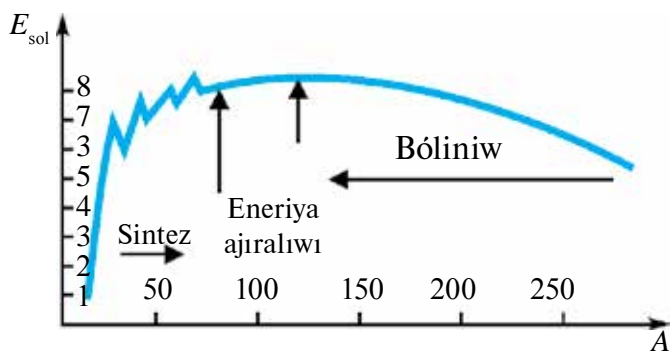
Salıstırmalı baylanısıw energiyası E_{sal} dep, hár bir nuklonǵa tuwrı keletuǵın baylanısıw energiyasına ayıladı, yaǵnıy:

$$E_{sal} = \frac{E_{bayl}}{A}, \quad (7-12)$$

bul jerde: A — yadrodaǵı 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 NURLANIWDÍ HÁM BÓLEKSHELERDÍ ESAPQA ALÍW USÍLLARÍ

Bólekshelerdi alatuǵın ásbaplardıń túrleri. Radioaktiv zatlardıń nurlanıwın úyreniwdegi tiykarǵı maqset — radioaktiv ırıdawda shıǵarılatuǵın bólekshelerdiń tabiyatın, energiyasın hám nurlanıw intensivligin (radioaktiv zat bir sekunda shıǵaratuǵın 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 beretuǵın ásbaplar. Bunday ásbaplarǵa scintillyaciyalıq (shaqnaushı) 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 beretuǵın 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 atalatuǵın 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.

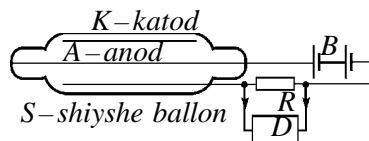
Geyger esaplaǵıshı — gazdıń ionlasıwına tiykarlangan.

Ol tek bólekshelerdiń ótiwin ǵana jazadı eken.

Geyger esaplaǵıshı ishki tárepi metall qatlamı (katod) penen qaplangan shiyshe ballon hám ballonnıń 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 esaplaǵısh arqalı tok óte baslaydı hám R qarsılıq boylap potencial kemeyedi. Kernewdiń bunday terbelisi D kúsheytkish hám mexanikalıq esaplaǵıshтан ibarat jazıp alıwshı qurılmaǵa uzatıladı.



7.8-súwret.

Solay etip, Geyger esaplaǵıshı 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, jaqtılandırıp hám súwretke alıw múmkin bolǵan shiyshe kameradan ibarat. Onıń kólemi 3 cm^3 tan bir neshe metr kublarǵa shekem bolıwı múmkin. Sharikli kameranı oylap tapqanı ushın Geygerge 1960-jılı Nobel sıylıǵı berilgen.

Baslanǵısh halatta kameradaǵı suyıqlıq joqarı basım astında boladı, sonıń ushın suyıqlıqtıń temperaturası atmosféra 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 yaqı 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.

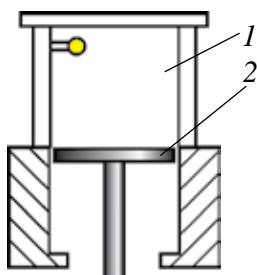
Scintillyaciyalıq esaplaǵısh. Islew principini tez bólekshelerdiń fluoressiyalanıwshı ekrangá túsiwinde júz beretuǵın shaqnaw – scintillyaciyanıń baqlanıwına tiykarlangan. Payda bolǵan kúshsiz jaqtılıq shaqnawı elektr impulslarına aylandırıladı hám kúsheytilip, arnawlı apparatlar járdeminde jazıp alınadı. α -bólekshe birinshi márte dál usınday esaplaǵısh 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 (1) suwdıń yaqı spirttiń toyınǵan puwı bolǵan hawa yaqı gaz benen toltırılǵan. Porshen (2) tómenge qarap tez qozǵalǵanda 1 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 principini qanday?
3. Geyger – Myuller esaplaǵıshınıń jumıs principini 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?

Berilgen:

$$R = 4 \text{ cm} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$B = 8,5 \text{ mT} = 8,5 \cdot 10^{-3} \text{ T}$$

Tabıw kerek:

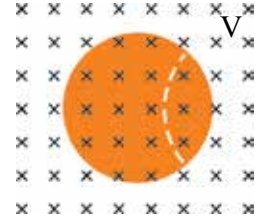
$$v = ?$$

$$F_{\lambda} = F_{mi} \quad (1)$$

$$e[\vec{v} \cdot \vec{B}] = \frac{mv^2}{R}, \quad evB = \frac{mv^2}{R},$$

$$v = \frac{ReB}{m} \quad (2)$$

Sheshiliwi:



$$\text{Berilgenlerden alamız } v = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 8,5 \cdot 10^{-3} \text{ T} \cdot 4 \cdot 10^{-2} \text{ m}}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}} = 6 \cdot 10^7 \text{ m/s.}$$

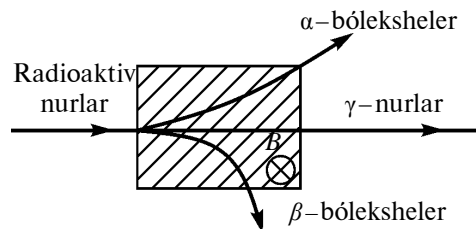
Juwapı: $6 \cdot 10^7 \text{ m/s.}$

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 juwmaققa keldi.

Usı nurlar *radioaktiv nurlar* (latinsha *radius* – nur sózinen alınğan), 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: α , β , γ – nurlarǵa ajralıp ketti. Olardıń birinshisi – geliy yadrosınıń aǵımı, ekinshisi – elektronlar aǵımı, al úshinshisi γ – kvantlar (fotonlar) aǵımı esaplanadı.



7.11-súwret.

Tábiyy radioaktivlik. Uran radioaktiv 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}K , ^{14}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 ayıladı.

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 tájiriybelerdiń 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 λ 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

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \quad (7 - 12)$$

nızamğa muwapiq anıqlanadı. Bul jerde: $e \approx 2,72$ -natural logarifmniń tiykarı. (7–12) ańlatpa radioaktiv ıdıraw nızamı delinedi.

Yarım ıdıraw dáwiri. Radioaktiv ıdıraw intensivligin xarakterlewshi shamalardan biri yarım ıdıraw dáwiri esaplanadı. Yarım ıdıraw dáwiri T dep, baslanğısh yadrolardıń sanı ortasha eki ese kemeyiwi ushın zárúr bolatuǵın waqıtqa aytıladı.

Eger $t=T$ bolsa, onda $N = \frac{N_0}{2}$ hám radioaktiv ıdıraw nızamına muwapiq:

$$\frac{N_0}{2} = N = N_0 e^{-\lambda T}.$$

Usı formulanı potencirlep tómendegini alamız:

$$\lambda T = \ln 2 \text{ yaki } T = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda} \quad (7-13)$$

nı payda etemiz.

Túrli izotoplar ushın yarım ıdıraw dáwiri júdá keń intervalda ózgeredi. Ol uran ushın 4,56 mlrd. jılǵa teń bolsa, poloniy izotopı ushın bar-jóǵı $1,5 \cdot 10^{-4}$ s tı quraydı.

Radioaktiv ıdıraw tómendegishe de ańlatılıwı múmkin:

$$N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}, \quad (7-14)$$

bul jerde T – yarım ıdıraw dáwiri.

Aktivlik. Radioaktiv derektiń aktivligi (A) dep, 1 s taǵı ıdırawlar sanına aytıladı:

$$A = \frac{dN}{dt}, \quad (7-15)$$

Aktivliktiń SI daǵı birligi – Bekkerel (Bk): dep, 1 s ta 1 ıdıraw júz beretuǵın aktivlikke aytıladı. $1 \text{ Bk} = 1 \text{ ıdır.}/1 \text{ s} = 1 \text{ s}^{-1}$. Házirge shekem yadro fizikasında sistemaǵa kirmeytuǵın nuklid aktivliginiń birligi – kyuri (Cu) qollanıladı: $1 \text{ Cu} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bk}$.

Radioaktiv elementler tuwısı. Tártip nomeri 83 ten úlken bolǵan elementler izotoplarınıń barlıǵı radioaktiv esaplanadı. Tabiiy radioaktiv elementler, ádette, tórt qatarǵa jaylastırılıadı. Dáslepki elementten basqa barlıǵı aldınǵısınıń radioaktiv ıdırawı nátiyjesinde payda boladı.

${}^{238}_{92}\text{U}$ uran tuwısı qorgasınıń stabil izotopı ${}^{206}_{82}\text{Pb}$ menen tamamlanadı. Al, toriy ${}^{232}_{90}\text{Th}$ diń tuwısı qorgasınıń basqa stabil izotopı ${}^{208}_{82}\text{Pb}$ menen, aktiniy ${}^{235}_{89}\text{Ac}$ nıń tuwısı qorgasınıń stabil izotopı ${}^{207}_{82}\text{Pb}$ menen,

al neptuniy ${}^{237}_{93}\text{Np}$ nıń tuwısı vismuttıń stabil izotopı ${}^{209}_{83}\text{Bi}$ menen tamamlanadı.

Másele sheshiw úlgisi:

1. Uran ${}^{233}_{92}\text{U}$ neshe α bóleksheler shıǵargannan keyin vismut ${}^{209}_{83}\text{Bi}$ ǵa aylanadı?

Juwabı: ${}^{233}_{92}\text{U} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^{229}_{90}\text{Th}$. ${}^{229}_{90}\text{Th} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^{225}_{88}\text{Ra}$. ${}^{225}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^{221}_{86}\text{Rn}$. ${}^{221}_{86}\text{Rn} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^{217}_{84}\text{Po}$. ${}^{217}_{84}\text{Po} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^{213}_{82}\text{Pb}$. ${}^{213}_{82}\text{Pb} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^{209}_{80}\text{Hg}$.

Juwap: 6 ta

42-tema. YADROLIQ REAKCIYALAR. AWISIW NIZAMI

I Yadrolıq reaksiyalar. Yadrolıq reaksiyalar atom yadrolarınıń óz ara bir-biri menen yaqı yadro bóleksheleri menen reaksiyaǵa kiriwi nátiyjesinde basqa yadrolarǵa aylanıwınan ibarat.

Yadrolıq reaksiyalarda: elektr zaryadınıń, nuklonlar sanınıń, energiyanıń, impulstıń, impuls momentiniń saqlanıw nızamları orınlanadı. Barlıq reaksiyalar reaksiya procesinde bólinip shıǵatuǵın yaqı jutılatuǵın energiya menen xarakterlenedi. Energiya bólinip shıǵıwı menen júz beretuǵın reaksiyalarǵa **ekzotermalıq**, al energiya jutılıwı menen júz beretuǵın reaksiyalarǵa **endotermalıq** reaksiyalar delinedi.

Yadrolıq reaksiyalardıń túrleri. Yadrolıq reaksiyalar tómendegi belgilerine qarap túrlerge bólinedi:

1. Onda qatnasıp atırǵan bólekshelerdiń túrlerine qarap, neytronlar, γ -kvantlar, zaryadlanǵan bóleksheler (proton, deytion, α -bólekshe hám t.b.) tásirinde júz beretuǵın reaksiyalar.

Reaksiyada qatnasıwshı bólekshelerdiń energiyasına qarap, kishi energiyalı (≈ 100 eV); orta energiyalı (≈ 1 MeV) hám joqarı energiyalı (≈ 50 MeV) reaksiyalarǵa bólinedi.

Qatnasıwshı yadrolardıń túrine qarap, jeńil yadrolarda ($A < 50$); orta yadrolarda ($50 < A < 100$); awır yadrolarda ($A > 100$) ótetuǵın reaksiyalar.

Yadrolıq aylanıwlardıń xarakterine qarap, neytron shıǵarıwshı; zaryadlanǵan bóleksheler shıǵarıwshı; bólekshe jutıwshı reaksiyalar boladı.

Reaksiyada enerjiya bólinip shıǵıwı. Yadrolıq reaksiyada enerjiya bólinip shıǵıwı dep, reaksiyaǵa shekem hám onnan keyin yadrolar hám bólekshelerdiń tınıshlıqtaǵı energiylarınıń ayırmashılıǵına aytıladı. Sonday-aq, yadro reaksiyasında enerjiya 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 enerjiya bólinip shıqqan boladı. Keri jaǵdayda enerjiya 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 enerjiya bólistiriliwinde, mine, usı yadronıń tiykarǵı energiyanı ózine alıwı hám belgili sharayatlarda α -bólekshe sıpatında onı tárk etiwı múmkin.

Atom yadrosınıń α -bólekshe shıǵarıw menen basqa yadroǵa aylanıwı **alfa-nurlanıw** (ıdıraw) delinedi.

Eger ${}^A_Z\text{X}$ ana yadro bolsa, α -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 (α -bólekshe), $h\nu$ – qozıp atırǵan ${}^{A-4}_{Z-2}\text{Y}$ – yadro shıǵaratuǵın kvant.

(7-18) den kórinip turǵanıday, α -nurlanıw nátiyjesinde yadronıń massa sanı 4 ke, al zaryadı 2 elementar oń zaryadqa kemeyedi. Basqasha aytqanda, α -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-nurlanıw. Yadroda nuklonlardıń bir-birlerine aylanıwı menen baylanıslı bolǵan basqa ózgerisler de júz beredi. Máselen, yadro elektronlar aǵımın shıǵarıwı múmkin. Bul jaǵday ***β-nurlanıw*** (ıdıraw) dep ataladı.

Awısıw qaǵıydasına muwapıq, β-nurlanıwda yadronıń massa sanı ózgermeydi:



Bul ańlatpadan kórinip turǵanıday, β-nurlanıw nátiyjesinde ximiyalıq element Mendeleev dáwirli sistemasında bir ketekke ońǵa awısađı.

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 reakciyalarda radioaktiv aylanıwlar delinedi.

Ulıwma alǵanda, jasalma hám tabiiy radioaktivlik ortasında hesh qanday ayırmashılıq joq. Sebebi, izotoptıń qásiyetleri onıń payda bolıw usılına ulıwma baylanıslı emes hám jasalma izotop tabiiy izotoptan hesh qanday parıqlanbaydı.

Gamma-nurlanıw. Francuz fizigi P. Villar 1900-jılı qorǵasındı α hám β-bóleksheler menen nurlandırılǵanda qanday da qaldıq nurlanıw bolatuǵının anıqlaǵan. Bul nurlanıw magnit maydanı tásirinde óz baǵıtınan awıspaǵan. Ionlastırıw qábileti bir qansha kishi, al sıngısh qábileti rentgen nurlarınikinen de bir qansha kúshli bolǵan. Onı γ-nurlanıw dep ataǵan.

γ-nurlanıw da rentgen nurları sıyaqlı elektromagnit tolqınlar esaplanadı. Olar tek payda bolıwı hám energiyaları menen bir-birinen parıqlanadı. Eger rentgen nurları orbital elektronlardıń qozıwı hám tez elektronlardıń tormozlanıwınıń nátiyjesi bolsa, γ-nurlanıw yadrolardıń bir-birine aylanıwında payda boladı.

Ulıwma alǵanda, yadro radioaktiv ıdıraw yaki jasalma ráwishte yadrolardıń bir-birine aylanıwı nátiyjesinde qozıp atırǵan halatqa ótedi. Ol qozıp atırǵan halattan tiykargı halatqa ótkeninde γ-nurlanıw shıǵaradı. Onıń energiyası bir neshe kiloelektron-volttan, bir neshe million elektron-voltqa shekem bolıwı múmkin. γ-nurlanıw zattan ótkende onıń dáslepki intensivligi biraz kemeyedi. Bunıń sebebi – fotoeffekt, kompton effekti hám elektron-pozitron juplıǵınıń payda bolıwı.



1. Yadro reaksiyalarında qanday saqlanıw nızamları orınlanadı?
2. Alfa-nurlanıw dep nege aytiladı?
3. β -nurlanıw dep nege aytiladı?
4. γ -nurlar qanday nurlar? Ol rentgen nurlarınan nesi menen pariqlanadı?

Másele sheshiw úlgisi:

Tómenдеgi reaksiyada belgisiz ónim X tı tabıń.
 ${}^{14}_7\text{N} + {}^4_2\text{He} \Rightarrow {}^{17}_8\text{X} + {}^1_1\text{H}$

Juwabi: ${}^{17}_8\text{O}$.

43-tema. ELEMENTAR BÓLEKSHELER

Elementar bóleksheler. «Elementar» sóziniń sózlik mánisi «eń ápiwayı» degen mánistı ańlatadı. Búgingi künge shekem belgili bólekshelерdi 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 bólekshе elektron esaplanadı. Katod nurlarınıń qásiyetlerin úyrenip atırǵan Dj. Tomson, bul teris zaryadlangan bólekshе elektronlar aǵımınan ibarat ekenligin anıqladı. Bul waqıya 1897-jılı 29-aprelde júz bergen edi hám usı sáne birinshi elementar bólekshе 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 qozǵalıс halatında ǵana bar bolıwı múmkin.

Proton. 1919-jılı E. Rezerford tájiriybelerinde, azottıń α -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 tabılatuđın 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 ға 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.

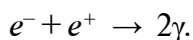
Ulıwma alganda, dáslepki payıtlarda bar-joğı bir neshe ғana hám materiyanıń eń kishi gerbishleri dep esaplangan elementar bóleksheler keyin ala, sonshelli hár qıylı hám sonshelli quramalı bolıp shıqtı.

Antibóleksheler. Birinshi antibólekshe – elektronnıń antibólekshesi (qarama-qarsı bólekshesi) – pozitron oylap tabılǵannan 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, yaǵnıy massası hám spini teń, al zaryadı qarama-qarsı bolğan bólekshe bar ekenligi anıqlanǵan.

Elektron hám protonlardıń antibóleksheleri zaryadınıń belgisi menen parıqlansa, neytron hám antineutron jeke magnit momentleriniń belgisi menen parıqlanadı. Zaryadsız bóleksheler foton, π^0 -mezonlardıń ózleri hám antibóleksheleriniń fizikalıq qásiyetleri birdey.

Antibóleksheler haqqında maǵlıwmatqa iye bolǵannan keyin oqıwshıda bólekshe hám antibólekshe ushırasıp qalsa, ne boladı, degen soraw tuwılıwı tabiiy. Usı sorawǵa juwaptı keyingi qatarlarda tabasız.

Zat hám maydanniń bir-birine aylanıwı. Elektronnıń 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 annigilyaciyaǵa kirisedi. Basqasha aytqanda, olar elektromagnit maydan kvantlarına (fotonlarǵa) aylanadı.

Bul jaǵdayda annigilyaciya sózi onsha qolaylı tańlanbaǵan. Sebebi ol latınsha «joǵalıw» 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 γ -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 túsinek 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 π -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, μ -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 esaplana-tuǵın 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 faktoru 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, π^+ -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.

Sonıń menen birge «Standart model»de tek úsh: kúshli, kúshsiz hám elektromagnitlik tásirlesiwler ǵana birlestirilip, tórtinshi gravitaciyalıq reaksiya qaralmaydı.



1. «Elementar» sózi qanday mánisti ańlatadı?
2. Házir neshe bólekshe bar ekenligi ańqlanǵan?
3. Bólekshe hám antibólekshe ushırasqanda qanday qubılıs jüz beredi?
4. Zat hám maydanı bir-birine aylana ma?
5. Kvarklar qanday bóleksheler?

Másele sheshiw úlgisi:

Elementar bólekshe pi-nol-mezon (π^0) eki γ – kvantqa ıdıraydı. Eger bul bóleksheniń tınıshlıqtaǵı massası 264,3 elektron massasına teń bolsa, γ – 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 PAYDALANǵANDA QAWIPSIZLIK ILAJLARI

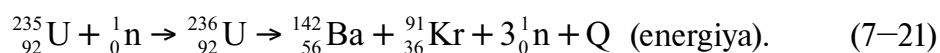
Awır yadronıń bóliniwi. Awır yadrolardıń bóliniw imkaniyatın, 7.12-súwrette keltirilgen salıstırmalı baylanısw energiyasınıń massa sanına baylanıslılıq grafigi tiykarında túsindiriw múmkin. Bul grafikten kórinip turǵanıday, awır yadrolardıń salıstırmalı baylanısw energiyası Mendeleev kesmesiniń orta bólimindegi elementlerdiń salıstırmalı baylanısw 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 nuklonlı yadro bölünse, onda ≈ 200 MeV átirapında enerjiya bölünip shıǵadı hám onıń tiykarǵı bólimi (≈ 165 MeV) yadro ıdırawınıń kinetikalıq energiyasına aylanadı.

Uran yadrosınıń bölünishi. 1938–1939-jılları nemis fizikleri O. Gan hám F. Shtrasmanlar neytron menen bombalangán uran yadrosı eki (geyde úsh) bólekke bölünishi hám bunda úlken muǵdarda enerjiya bölünip shıǵatuǵınıń anıqladı. Bul bölünishde 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 arasındadıǵı 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 bölünip shıǵadı. Tájiriybelardıń kórsetiwinshe, ekilemshi neytronlardıń tiykarǵı bólimi ushıp shıǵıp atırǵan, qozǵan bólekshelerden ajıraladı.

Bölünish 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 bölünish itimalı biraz kishi hám siyrek jaǵdaylarda ǵana júz beriwı múmkin. Bölünish reaksiyasınıń tómendegishe jaǵdayı eń kóp júz beredi:

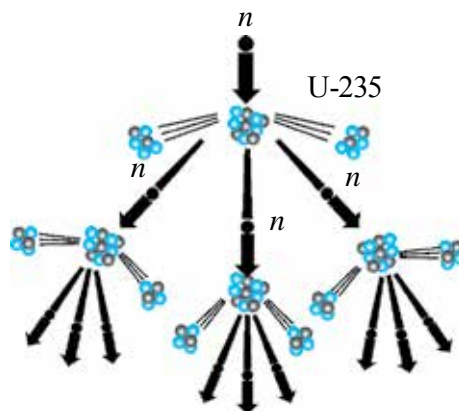


Keyingi izleniwlerdiń kórsetiwinshe, neytron tásirinde basqa awır elementlerdiń yadroları da ıdırawı múmkin eken. Bular ${}_{92}^{238}\text{U}$, ${}_{94}^{239}\text{Pu}$, ${}_{90}^{232}\text{Th}$ hám basqalar.

Úzliksiz shıǵır reaksiyası. Joqarıda atap ótilgenindey, hár bir uran yadrosı bölünishinde 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 üzliksiz *shıǵır reaksiyası* 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 yaqı 2500 t taskómir janganda bólinip shıǵıwı múmkin. Mine, usınshama joqarı energiyanıń bólinip shıǵıwı alımlardı shıjir 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 shıjir 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.

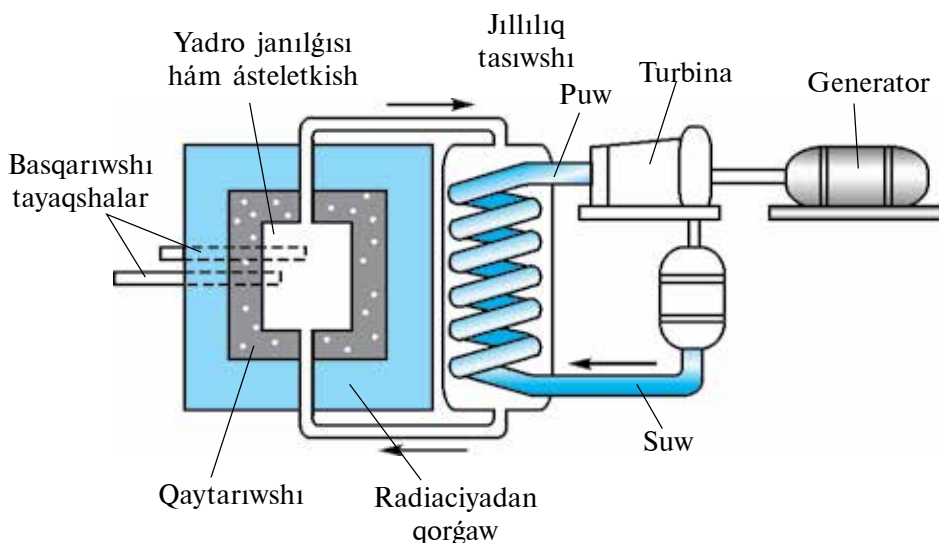
Eger $k = 1$ bolsa, shıjir reaksiyası kritikalıq dep atalatuǵın turaqlı intensivlik penen dawam etedi.

Eger $k > 1$ bolsa, shıñjır reakciyası kóshki tárizli ósip baradı hám yadro partlawına alıp keledi.

Yadro reaktori. Insaniyat ushın shıñjır reakciyasın ámelge asırıw emes, al bólinip shıǵatuǵın energiyadan paydalanıw ushın onı basqarıw ayrısha áhmiyetke iye. Awır yadrolardıń bóliniw shıñjır 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 shıñjır reakciyasın rawajlandırıw ıssı neytronlar járdemide ǵana ámelge asırılıwı múmkin (energiyası 0,005–0,5 eV aralığında bolǵan neytronlar ıssı neytronlar delinedi). Al, yadro ıdırawında payda bolatuǵın neytronlardıń energiyası 2 MeV átirapında boladı. Sonıń ushın, shıñjır 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.

Reaktordıń 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 reaktordıń 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 reaktordıń 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.

${}_{92}^{238}\text{U}$ uran bólegi ushın kritikalıq massa 50 kg dı quraydı. Usınday massalı urannan 9 cm radiuslı shar jasaw múmkin.

Yadro reaktorınan qorǵanıw. Shıńjır reakciyasında neytronlar, β - hám γ -nurlanıwlar deregi bolǵan yadro ıdırawları payda boladı. Basqasha aytqanda, uran reaktori – hár túrli nurlanıwlar deregi. Olardıń joqarı sińiw uqıbına iye bolǵan neytronları hám γ -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 mútájlikleri ushın paydalanıwǵa imkaniyat jarattı. Yadro janılıǵının zapasları ximiyalıq janılıǵı zapaslarınan júzlegen ese kóp. Sonıń 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 túsilgen. 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 XOJALÍǴINDA 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 ótkiziwshen

materiallardın elektr ótkizgishligi, mexanikalıq, optikalıq hám basqa qásiyetlerine tásiiri úyrenilmekte.

Ózbekstanda joqarı energiyalar fizikası tarawında alıp barılıp atırǵan jumıslar da bir talay. Bunday izleniwler «Fizika-quyash» óndislik birlespesiniń Fizika-texnika institutında, Ózbekstan Milliy universitetinde hám Samarqand mámleketlik universitetinde alıp barılmaqta.

1970-jılı Cherenkov esaplaǵıshları tiykarında bólekshelerdiń yadro menen óz ara tásirin úyrenetuǵın úlken qurılma jaratılıp, payda bolǵan bólekshelerdiń xarakteristikaları úyrenildi.

Tezlestirilgen bóleksheler hám yadrolardıń tásirlesiwini úyreniw maqsetinde shar tárizli kameralardan alınǵan filmli xabarlar qayta islew orayı shólkemlestirildi. Oraydıń 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 etiwini múmkinligi ushın da, onı úyreniw tarawındaǵı izertlewler ayırıqsha áhmiyetke iye esaplanadı. Mine, sonıń ushın da Ózbekstan Ilimler akademiyasınıń Astronomiya institutı 1980-jıllardıń ortalarından baslap francuz alımları menen birgelikte, Quyashtıń global terbeliwini 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 izertlewlerdiń 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 ósimliklerdiń tábiyiy radioaktivligi úyrenildi.

Ózbekstan Respublikası Ilimler akademiyasınıń Yadro fizikası institutı radioaktiv izotoplar, sonıń 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-nurlardıń ósimliklerge tásirini 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 mısál 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 rentgenokontrast 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 esaplaǵıshına jaqın jerde radioaktiv preparat bolmasa da, ol ionlasqan bóleksheler payda bolıwın esapqa ala beredi. Bunı qalay túsindiriw múmkin? (*Juwabı: Esaplaǵısh 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*).

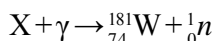
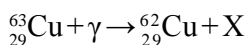
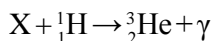
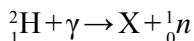
10. γ kvant shıǵarǵanda yadronıń massa sanı hám zaryad sanı ózgereme? (*Juwabı: Ózgermeydi.*)

11. Radon yadrosı ${}_{86}^{220}\text{Rn}$ α -bólekshe shıǵardı. Qanday yadro payda boladı? (*Juwabı: ${}_{86}^{220}\text{Rn} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_{84}^{216}\text{Po}$.*)

12. Kobalt yadrosı ${}_{27}^{60}\text{Co}$ β bólekshe shıǵarǵannan keyin qanday elementtiń yadrosı payda boladı? (*Juwabı: ${}_{27}^{60}\text{Co} \rightarrow {}_{-1}^0\text{e} + {}_{28}^{60}\text{Ni}$.*)

13. Ne ushın tábiyyı uran atom janılıǵı bola almaydı hám onıń saqlanıwı partlaw qáwpin salmaydı?

14. Tómendegi belgilerdi tolıqtırın:



15. Uglıerod ${}^{12}_6\text{C}$ proton menen nurlandırılǵanda uglıerodtıń ${}^{13}_6\text{C}$ izotopı payda boldı. Bunda qanday bólekshe shıǵarıladı?

16. α bólekshe elementar bólekshe bola alama?

17. Elektron, proton hám neytronnıń antibólekshelei qanday bólekshelei?

18. ${}^{13}_7\text{N}$ azot atomı yadrosı pozitron hám neytron shıǵardı. β shashılıw reakciyasın jazıń.

19. Tómendegi reakciyanı tolıqtırın. ${}_{-1}^0\text{e} + x \rightarrow 2\gamma$.

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 atomnıń 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 tolıqtırın. 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 ashılğan?**
 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 ashılğan?**
 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) Tóliq, táriyp keltirilmegen.

VII bapta úyrenilgen eń áhmiyetli túsinik, qaǵıyda hám nızamlar

Atomnıń Tomson modeli	Massası tegis bólistirilgen 10^{-10}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 baǵıtlanǵan kogerent jaqtılıq nurınıń deregi túsiniledi. Lazer sóziniń ózi inglisshe «májbúriy terbelis nátiyjesinde jaqtılıqtıń kúsheytiliwi» sózlerindeki birinshi háriplerden alınǵan («Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation»).
Bor postulatları	<i>Stacionar (turǵın) halatlar haqqındaǵı postulat:</i> atomda stacionar halatlar bar bolıp, bul halatlardıǵa elektronlardıń stacionar orbitaları sáykes keledi <i>Jiyilikler haqqındaǵı postulat:</i> elektron bir stacionar orbitadan ekinshisine ótkende ǵana energiyası usı stacionar halatlardaǵı energiyalardıń parqına teń bolǵan 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 orbitalardaǵı energiyaları
Atom yadrosınıń dúzilisi	Atom yadrosı proton hám neytronnan dúzilgen. <i>Proton (p)</i> – vodorod atomınıń yadrosı. Tınıshlıқтаǵı massası: $m_p = 1,6726 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \approx 1836 m_e$ bul jerde: m_e – elektronnıń massası. (Proton – grekshe – «birinshi»). <i>Neytron (n)</i> . Elektrneytral bólekshe. Tınıshlıқтаǵı massası: $m_n = 1,6749 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \approx 1839 m_e$ (<i>Neytron</i> – latinsha ol da emes, bul da emes)
α – nurlanıw	Atom yadrosınıń α – bólekshe shıǵarıwı menen basqa yadroǵa aylanıwı
β – nurlanıw	Atom yadrosınıń elektron shıǵarıwı menen basqa yadroǵa aylanıwı
γ – nurlanıw	Atom yadrosınan shıǵatuǵın elektromagnit tolqınlar
Radioaktiv ıdıraw nızamı	$N = N_0 e^{-\lambda t} \text{ yaki } N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$ 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. – Т.: «O'qituvchi» 2013. – 208 б.
12. L. Xudoyberdiyev va boshq. Fizika. Elektrodinamika. Elektromagnit tebranishlar 2-kitob. – Т.: «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. – Т.: Cho'lpon nomidagi nashriyot-matbaa ijodiy uyi., 2007. К.3.–384 б.

MAZMUNÍ

Kirisiw	3
I bap. MAGNIT MAYDANI	4
1-tema. Magnit maydanı. Magnit maydanın sıpatlawshı shamalar.....	4
2-tema. Bir tekli magnit maydanınıń tokli ramkanı aylandırıwshı momenti	7
3-tema. Tokli tuwrı ótkizgishtiń, saqıyna hám katushkanıń magnit maydanı.....	10
4-tema. Tokli ótkizgishti magnit maydanında kóshiriwde atqarılğan jumıs.....	13
5-tema. Tokli ótkizgishlerdiń óz ara tásir kúshi	15
6-tema. Bir tekli magnit maydanında zaryadlı bóleksheniń qozǵalıwı. Lorenç kúshi.....	17
II bap. ELEKTROMAGNITLIK INDUKCIYA	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
III bap. ELEKTROMAGNITLIK TERBELISLER	41
11-tema. Erkin elektromagnitlik terbelisler (terbelis konturı). Terbelis konturında energiyanıń ózgeriwı	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
IV bap. ELEKTROMAGNITLIK TOLQINLAR HÁM TOLQIN OPTIKASI	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 islewı. Radiolokaciya.....	83

24-tema. Telekórsetiwlerdiń fizikalıq tiykarları. Tashkent – televidenie Watanı.....	87
25-tema. Jaqtılıq interferenciyası hám difrakciyası.....	91
26-tema. Laboratoriyalıq jumıs: Difrakciyalıq reshlyotka 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
V bap. SALÍSTÍRMALÍLÍQ TEORIYASÍ	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
VI bob. KVANT FIZIKASÍ	135
34-tema. Kvant fizikasınıń payda bolıwı.....	135
35-tema. Fotoelektrlik effekt. Fotonlar.....	137
36-tema. Fotonnıń impulsı. Jaqtılıq basımı. Fotoeffektıń texnikada qollanıwı.....	142
VII bob. ATOM HÁM YADRO FIZIKASÍ. ATOM ENERGETIKASÍNÍN FIZIKALÍQ TIYKARLARÍ	151
37-tema. Atomnıń Bor modeli. Bor postulatlardı.....	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 reakciyası. Awısıw nızamı.....	170
43-tema. Elementar bóleksheler.....	173
44-tema. Atom energetikasınıń fizikalıq tiykarları. Yadro energiyasınan paydalanıwda qáwipsizlik ilajları.....	177
45-tema. Ózbekstanda yadro fizikası tarawındağı izertlewler hám olardıń nátıjelerinen xalıq xojalıgında paydalanıw.....	182
PAYDALANÍLGÁN ÁDEBIYATLAR	188

Ф63 Fizika. Orta 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**

F I Z I K A

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 wálayati, Orta Shirshıq rayoni, «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^{1/16}.
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‘layati’, Orta Shi‘rshi‘q rayoni’ «Aq ata» APJ,
p. Mashal, Markaz ko‘shesi, 1.

Ijaráǵa berilgen sabaqlıqtıń awhalın kórsetetuǵın keste

T/q	Oqıwshı ismi, familiyası	Oqıw jılı	Sabaqlıqtıń alıńandaǵı awhalı	Klass basshısı qolı	Sabaqlıqtı tapsırǵandaǵı awhalı	Klass basshısı qolı
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Sabaqlıq ijaráǵa berilip, oqıw jılı juwmaǵında qaytarıp alıńanda joqarıdaǵı keste klass basshısı tárepinen tómendegi bahalaw ólshemlerine tiykarlanıp toltırıladı:

Jańa	Sabaqlıqtıń birinshi márte paydalanıwǵa berilgendeǵı awhalı
Jaqsı	Qabı pütün, sabaqlıqtıń tiykarǵı bóleginen ajıralmaǵan. Barlıq betleri bar, jırtılmaǵan, túspegen, betlerinde jazıw hám sıziqlar joq.
Qanaatlandırarlı	Qabına jazılǵan, biraz sızilıp shetleri jelingen, sabaqlıqtıń 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, sızip, boyap taslangan. Sabaqlıqtı tiklep bolmaydı.