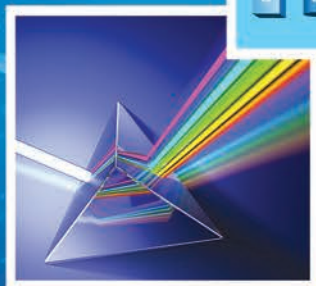


ФИЗИКА

11



$$F=qBv\sin\alpha$$

ФИЗИКА 11

МАЙДОНИ МАГНИТЎ

ИНДУКСИЯИ ЭЛЕКТРОМАГНИТЎ

ЛАППИШҲОИ ЭЛЕКТРОМАГНИТЎ

МАВҶҲОИ ЭЛЕКТРОМАГНИТЎ

ВА ОПТИКАИ МАВҶЎ

НАЗАРИЯИ НИСБИЯТ

ФИЗИКАИ КВАНТЎ

ФИЗИКАИ АТОМ ВА ЯДРО

АСОСҲОИ ФИЗИКИИ ЭНЕРГЕТИКАИ АТОМЎ

Наири 1

*Китоби дарсї барои хонандагони синфи 11-уми
муассисаҳои таълими миёна*

Вазорати таълими халқии Республикаи Ўзбекистон тасдиқ кардааст

ТОШКАНД – “NISO POLIGRAF” – 2018

УЎК: 53(075.32)

КБК 22.3я721

Ф69





Муаллифон:

- Н. Ш. Турдиев** – боби III. “Лаппишҳои электромагнитӣ”, боби IV. “Мавҷҳои электромагнитӣ ва оптикаи мавҷӣ”;
- К. А. Турсунметов** – боби V. “Назарияи нисбият”, боби VI. “Физикаи квантӣ”;
- А. Г. Ғаниев** – боби VII. “Физикаи атомӣ ва ядро. Асосҳои физикии энергетикаи атомӣ”;
- К. Т. Суяров** – боби I. “Майдони магнитӣ”, боби II. “Индуксияи электромагнитӣ”;
- Ҷ. Е. Усаров** – боби I. “Майдони магнитӣ”, боби II. “Индуксияи электромагнитӣ”;
- А. К. Авлиёқулов** – боби VII. “Физикаи атомӣ ва ядро. Асосҳои физикии энергетикаи атомӣ”.

Муқарризон:

- Б. Нуриллаев** – мудири кафедраи УПДТ ба номи Низомӣ, дотсент, номзади фанҳои педагогӣ;
- Д. Бегматова** – мудири кафедраи УМЎз, номзади фанҳои педагогӣ;
- З. Сангирова** – сарметодисти МТР;
- Б. Сайдхўжаева** – муаллими фанни физикаи мактаби рақами 5-уми ноҳияи Пискенти вилояти Тошканд, ходими шоистаи таълими халқи Ўзбекистон;
- М. Саидорипова** – муаллими фани физикаи мактаби рақами 63, ноҳияи Юнусобод, шаҳри Тошканд;
- М. Юлдашева** – муаллими тоифаи олии фанни физикаи мактаби рақами 6-уми ДЛУЎТ, ноҳияи Сергелии шаҳри Тошканд;
- Ф. Норқобилов** – муаллими мактаби рақами 303-юми ноҳияи Сергелии шаҳри Тошканд.

АЛОМАТҲОИ ШАРТӢ:

-  – таъриф ба бузургҳои физикӣ, қонунҳои асосӣ;
-  – ин мавзӯҳо ба хонандагони шавқманди омӯзиши амиқи фанни физика пешбинӣ шудааст;
-  – қори амалии аз тарафи хонанда иҷрошаванда;
-  – пас аз хонда баромадани матни мавзӯъ, ба саволҳои гузошта ҷавоб додан.

Аз ҳисоби маблағҳои Бунёди мақсадноки китоби республика ҷоп шудааст

ISBN 978-9943-5083-7-8

© Н. Ш. Турдиев ва дигарон., 2018,
© Нашриёти “Niso Poligraf”
(оригинал макет), 2018

САРСУХАН

Имрӯзҳо талабҳои аз тарафи давлат оиди инкишофи таълим гузошташуда шахсияти хонанда, қобилият ва шавқмандии онро ба эътибор гирифта, дар ҳолати ба ҳисоб гирифтани, инкишофи истиқболии фан, техника ва технология таъмин намудани инкишофи компетенсияҳои умумии хонандагон оиди омӯзиши фанҳо иборат аст.

Хусусан, таълими физика ба хонандагон дар тараққиёти техника ва ҳаёт мавқеи доштаи он, оид ба фан соҳиби донишҳои зарурӣ шудан, донишҳои гирифтаре ба ҳаёт татбиқ карда тавоништан, салоҳият ва инкишофи онҳоро дар назар дорад. Ин дар марҳилаҳои маълум, ба воситаи омӯхтани қисмҳои физика дар синфҳои 6–11 ба амал бароварда мешавад.

Омӯзиши фани физика аз синфи 6 сар шуда, дар марҳилаҳои аввалин дар бораи механика, гармӣ, электр, рӯшноӣ, ҳодисаҳои садо инчунин сохти модда маълумотҳои ибтидоӣ медиҳад. Курси асосии фанни физика дар синфи 7 “Механика”, дар синфи 8 курси “Электр», дар синфи 9 “Асосҳои физикаи молекулярӣ”, “Оптика”, “Атом ва асосҳои физикаи ядрӣ” ва “Тасаввурҳои оиди коинот”-ро меомӯзем.

Дар марҳилаи дигар бошад, материалҳои хониши дар мактабҳои таълими миёнаи умумӣ омӯхташударо дар синфҳои 10–11-и мактаби миёна, литсейҳои академикӣ ва коллежҳои касбӣ-ҳунаравӣ тақрор нашуданаш, хусусиятҳои психологӣ ва синну соли хонандагон, мувофиқии тайёрии таълими миёнаи онҳо, инчунин ташаккул додани мафҳумҳои физикӣ бо оҳистагӣ аз содда ба мураккаб ба эътибор гирифта шудааст.

Китоби дарсии дар дастатон буда мавзӯҳои мушоҳидаи чараён ва ҳодисаҳо, таҳлилкунӣ, мавриди омӯзиши ҳодисаҳои физикӣ аз асбобҳо дуруст истифода бурдан, мафҳум ва бузургҳои физикиро бо формулаҳои математикӣ ифода карда тавоништан, комёбиҳои дар соҳаи фан ба даст оварда, ба воситаи татбиқи онҳо ба амалиёт ҷаҳонбинии илмии хонандагонро иккишоф додан нигаронида шуда, майдони магнитӣ, индуксияи электромагнитӣ, лаппишҳои электромагнитӣ, мавҷҳои электромагнит ва оптикаи мавҷӣ, назарияи нисбият ва элементҳои физикаи квантӣ, атом ва ядрои атомро ба худ гирифтааст.

Боби I. МАЙДОНИ МАГНИТӢ

Шумо дар курси физикаи синфи 8-ум оиди магнитҳои доимӣ ва ҳосил шудани майдони магнитӣ дар гирди ноқили ҷараёндор ба донишҳои аввалин соҳиб шудаед. Аз он ҷумла ба шумо дар бораи майдони магнитии ноқили рости ҷараёндор ва ғалтаки ҷараёндор маълумоти умумӣ дода шудааст. Лекин барои муайян кардани бузургиҳои онҳо ифодаҳои математикии онҳо дода нашудаанд. Дар боби мазкур бо ин гуна бузургиҳои индуксияи магнитӣ ва сели магнитӣ, индуксияи майдони магнитии ноқили рости ҷараёндорро ихотакарда, индуксияи майдони магнитии ғалтаки ҷараёндор, қувваи таъсири майдони магнитӣ ба зарраи ҳаракатнок шинос мешавед.

Мавзӯи 1. МАЙДОНИ МАГНИТӢ. БУЗУРГИҲОИ ТАВСИФДИҲАНДАИ МАЙДОНИ МАГНИТӢ

Дар табиат ҳамин гуна ҳӯлаҳои табиии металл мавҷуданд, ки онҳо ҳосияти ба худ ҷазбқунии баъзе ҷисмҳоро доранд. Ин гуна ҳосияти ҷисмҳо дар атрофи онҳо мавҷудияти майдонро нишон медиҳад. Ин гуна майдонро *майдони магнитӣ* гуфта қабул кардаанд. Ҷисмҳоеро, ки муддати тӯлонӣ майдони магнитии атрофи худро гум намекунанд, *магнитҳои доимӣ* ё ки оддӣ карда *магнит* мегӯем.

Магнити тасмашаклро ба порчаҳои майдаи оҳан (оҳанрезаҳо) наздик меоварем. Гувоҳи фақат ба ду нӯги магнит ҷазб шудани оҳанрезаҳо мешавем. Он ҷое, ки таъсири магнити доимӣ пурзӯр аст, қутби магнит меноманд. Дар ҳар гуна магнит ду қутб: **шимолӣ** (N) ва **ҷанубӣ** (S) мавҷуд аст (расми 1.1).

Ду акрабаки магнитӣ ба якдигар наздик оварда шавад, ҳар дуи онҳо ҳам тоб хӯрда, қутбҳои гуногунашон рӯ ба рӯ шуда меистанд (расми 1.2). Ин ҳолат байни ҷисмҳои магнитнок мавҷудияти қувваҳои мутақобилро нишон медиҳад.



Расми 1.1.

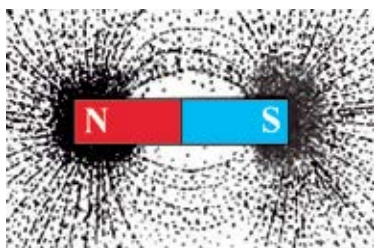


Расми 1.2.

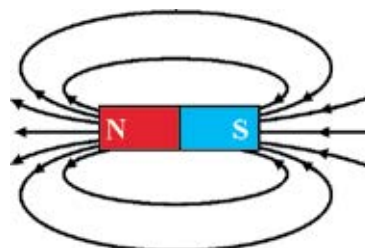
Хатҳои қувваи майдони магнитиро бевосита дида наметавонем Аммо, бо ёрии таҷрибаи зерин оид ба ҷойгиршавии (самти) хатҳои қувваи майдони магнитӣ соҳиби тасаввур шуда метавонем. Барои ин ба қоғази картонӣ оҳанрезаҳоро як хел пошида, онро ба болои магнити тасмашакл мегузорем. Бо ангуштамон ба канори картон як-ду маротиба охиста занем, оҳанрезаҳо намуди дар расми 1.3-а овардашударо ишғол мекунамд. Оҳанрезаҳои болои картони ба нӯғҳои магнит наздик ҷойгирифта зич, байни кутбҳо бошад зичиаш хурд буданаширо дидан мумкин аст.

Ҷойи соҳибшудаи оҳанрезаҳои расми 1.3-а, дар худ хатҳои қуввагии пайваस्तкунандаи кутбҳои магнитро инъикос мекунамд. Самти хатҳои қуввагии майдони магнитӣ бо равиши шартӣ аз кутби шимолии магнит баромада хатҳои сарбасти ба кутби ҷанубии магнит дароянда иборат гуфта қабул карда шудаанд (расми 1.3-б). Майдонҳое, ки хатҳои қуввагиашон сарбастанд (пӯшидаанд) **майдонҳои гирдпеч** номида мешаванд. Бинобар ин, майдони магнитӣ майдони гирдпеч будааст. Бо ин хусусияташ хатҳои қуввагии майдони магнитӣ аз майдони электрикӣ фарқ мекунамд.

Бузургии физикии характеристикаи хатҳои қуввагии майдони магнитиро тавсифдиҳанда **индуксияи майдони магнитӣ** номида мешавад. Индуксияи майдони магнитӣ бузургии векторӣ буда, бо ҳарфи \vec{B} ифода карда мешавад.



а



б

Расми 1.3.

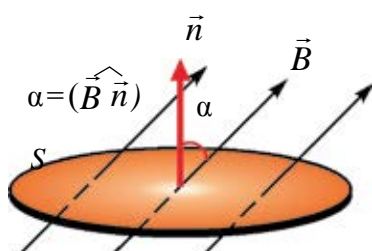
Ба сифати воҳиди индуксияси майдони магнитӣ дар СБВ (системаи байналмилалии воҳидҳо) ба шарафи физики Сербия Никола Тесла (Тл) қабул карда шудааст.

Сели магнитӣ. Барои тавсиф додани хатҳои куввагии майдони магнитии ягон сатҳро бурида гузаштаистода мафҳуми сели майдони магнитӣ дохил карда шудааст. Сели индуксияи майдони магнитии аз масоҳати S гузаштаистода гуфта ҳосили зарби вектори индуксияи магнитӣ бар масоҳатро меноманд. Сели магнитӣ бузургии скалярӣ буда, бо ҳарфи Φ ишора карда мешавад. Дар асоси таъриф, ифодаи сели магнитиро чунин менависем:

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

Агар хатҳои куввагии индуксияи майдони магнитӣ ба сатҳ таҳти ягон кунҷ афтанд (расми 1.4), сели индуксияи магнитии аз сатҳ гузаштаистода ба кунҷи α вобаста мешавад, яъне:

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



Расми 1.4.

Дар ин α кунҷи байни вектори нормал \vec{n} - и ба сатҳ гузаронидашуда ва хатҳои индуксияи магнитӣ аст.

Дар СВБ ба сифати воҳиди сели магнитӣ ба шарафи физики олмонӣ Д. Вебер, Вебер (Вб) қабул карда шудааст. Аз баробарии (1-2)

$$1 \text{ Вб} = 1 \text{ Тл} \cdot 1 \text{ м}^2.$$

Сели магнитии аз сатҳи масоҳаташ 1 м^2 гузаранда, ки ба хатҳои куввагии майдони магнитии индуксияи майдони магнитиаш 1 Тл амудӣ гузошта шудааст, ба 1 Вб баробар аст.

Намунаи ҳалли масъала

Хатҳои куввагии майдони магнитии якҷинсаи индуксияаш 20 мТл ба рамкаи росткунҷаи дарозиаш 4 см , бараш 3 см буда, таҳти кунҷи 60° афтида истодааст. Сели магнитии аз рамка гузаранда ба чӣ баробар аст?

Дода шуда аст:	Формулааш:	Ҳалли он:
$B = 20 \text{ мТл} = 0,02 \text{ Тл}$	$\Phi = B \cdot S \cos \alpha$	$\Phi = 0,02 \cdot 0,04 \cdot 0,03 \cdot \cos 60^\circ \text{ Вб} =$
$a = 4 \text{ см} = 0,04 \text{ м}$	$S = a \cdot b$	$= 12 \cdot 10^{-6} \text{ Вб}.$
$b = 3 \text{ см} = 0,03 \text{ м}$	$[\Phi] = \text{Тл} \cdot \text{м}^2 = \text{Вб}$	
$\alpha = 60^\circ$		Ҷавобаш: $\Phi = 12 \cdot 10^{-6} \text{ Вб}.$
Ёфтани лозим:		
$\Phi = ?$		



1. Индуксияи майдони магнитӣ гуфта чиро мефаҳмед ва он бо кадом воҳид чен карда мешавад?
2. Хатҳои қувваи майдони магнитӣ соҳиби чӣ гуна характер аст?
3. Ба сели магнитӣ таъриф диҳед.
4. Ба шумо яке магнити доимӣ, дигаре айнан дорои ҳамин гуна ченак порчаи оҳан дода шудааст. Фақат аз ҳамин қисмҳо истифода бурда, аз онҳо кадоме магнит ва кадоме оҳан буданаширо чӣ гуна аниқ карда мумкин аст?

Мавзӯи 2. МОМЕНТИ ГАРДОНАНДАИ РАМКАИ ЧАРАЁНДОР АЗ ТАРАФИ МАЙДОНИ МАГНИТИИ ЯКЧИНСА

Майдони магнитиро на фақат магнити доимӣ меофарад, бидуни ин дар атрофи ноқили чараёндор ҳам ҳосил шуданаширо Эрстед бо таҷрибаҳои худ нишон дода буд. Мо таъсири мутақобили майдони магнитии ноқили чараёндор ва майдони магнитии магнити доимиро дида мебароем.

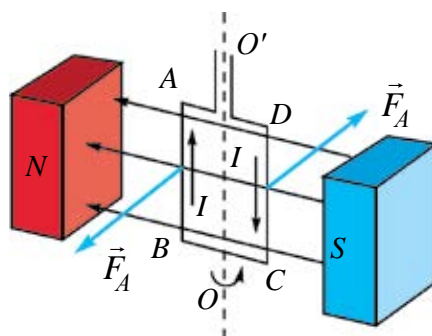
Агар ба майдони магнитӣ контури чараёндор ё ки акрабаки магнитӣ дохил карда шавад, тобхӯрии (ба ягон кунҷ майл кардани) онро дидан мумкин (расми 1.5). Самти чараёни контур ба самти баръакс тағйир дода шавад контури чараёндор ҳам ба самти баръакс тоб хӯрданаширо мебинем.

Сабаби тобхӯрии контурии чараёндорро муайян мекунем. Аз рамкаи дар майдони магнитӣ амудӣ ҷойгиршудаи дарозияш l -и тарафҳояш AB ва CD чараёни I ҷорӣ шуда истода бошад, дар ин ҳол қимати қувваи Амперии аз тарафи майдони магнитӣ ба қисми l -и рамка таъсир карда истода ба:

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

баробар мешавад. Дар инҷо: $l = AB = CD$.

Самти ин қувва бо қоидаи дасти чап аниқ карда мешавад. Дар айни ҳол модули қувваҳои ба қисмҳои AB ва CD таъсиркунанда баробар буда ба тарафҳои муқобил равонаанд. Аз ин рӯ ба рамкаи чараёндор аз тарафи майдони магнитӣ қувваи ҷуфт таъсир мекунад. Бо таъсири ин қувваи ҷуфт рамкаи чараёндор тоб мехӯрад.



Расми 1.5.

Ин қувваҳои ҷуфт нисбат ба тири гардиш OO' моменти гардонанда ҳосил мекунад.

Китфи қувваи қисмҳои $AD=CB=\frac{d}{2}$ -и рамка ба $\frac{d}{2} \sin\alpha$ баробар аст. Дар ин ҷо, α – кунҷи байни вектори индуксияи магнитӣ ва нормали ба ҳамворию контур гузаронидашуда. Моментҳои қувваҳо:

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

Дар ин ҳол моменти пурраи гардонанда:

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

Формулаи қувваи Амперро ба ифодаи (1-5) гузошта, ифодаи моменти гардонандаро чунин менависем:

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

$l \cdot d = S$ буданаширо ба ҳисоб гирем, ифодаи (1-6) ба намуди зерин меояд:

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

Бинобар ин, моменти қувваи (M), ба контури ҷараёндори ба майдони магнитӣ дохил кардашуда, қувваи ҷараёни (I) аз контур ҷорӣ шудаистода, масоҳати (S) контур, ба синуси кунҷи байни нормали (\vec{n}) ба ҳамворию контур гузаронидашуда ва самти индуксияи майдони магнитӣ инчунин индуксияи майдони магнитӣ (\vec{B}) мутаносиби роста аст.

Агар, $\alpha = \frac{\pi}{2}$ бошад, $M = M_{\max} = B \cdot I \cdot S$.

Аз ин ифода индуксияи майдони магнитиро бо:

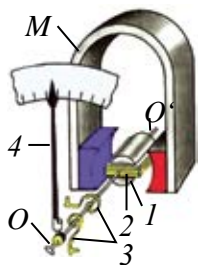
$$B = \frac{M_{\max}}{IS}$$

ифода қардан мумкин аст.

Кори бисёри асбобҳои электрикӣ ба таъсири мутақобили ноқили ҷараёндор ва магнити доимӣ асос қарда шудааст. Сохти яке аз ин гуна асбобҳои электрикӣ ченкунанда дар расми 1.6 оварда шудааст. Байни қутбҳои магнити пурзӯр дилаки оҳанин (1) ба меҳвари OO' маҳкам қарда шуда ба болои он рамкаи симин (2) пӯшонид шудааст. Ба ғалтак ҷараён ба воситаи пружинаҳои металлӣ (3) дода мешавад. Рамкаро пружинаҳо (3) дошта меистанд. Ин пружинаҳо ҳангоми дар ғалтак набудани ҷараён акрабак (4)-ро дар ҳолати нол (сифр)-ии нишондод дошта меистанд. Мавриди васли асбоб ба занҷири электрикӣ аз ғалтак ҷараён ҷорӣ мешавад ва бо таъсири майдони магнитӣ тоб меҳӯрад. Дар ин вақт пружинаҳо фишурда мешаванд. Тобхӯрии рамка то баробар шудани қувваи чандирӣ ва қувваи Ампер давом медиҳад.

Ҳангоми пай дар пай пайвастании асбоб ба занҷири электрикӣ аз баробар будани ҷараёни ҷорӣ шудаистодаи занҷир ва ғалтаки асбоб кунҷи тобхӯрии акрабак ба қувваи ҷараён мутаносиб аст. Дар ин ҳолат асбоб ба сифати амперметр кор мекунад.

Дар расми 1.6-б намуди умумии муҳаррики ҷараёни доимӣ оварда шудааст. Принципи кории он ба гардиши рамкаи ҷараёндор дар майдони магнитии доимӣ асос карда шудааст.



а



б

Расми 1.6.



1. Қувваи таъсирбахшанда ба рамкаи ҷараёндори ба майдони магнитӣ дохил кардашуда чӣ тавр муайян карда мешавад?
2. Моменти гардонандаи рамкаи ба майдони магнитӣ дохил кардашуда ба кадом бузургӣҳо вобаста аст?
3. Дар мисоли рули автомобил моменти қувваҳои ҷуфти ба рамкаи ҷараёндор таъсиркунандаро фаҳмонед.
4. Таҷҳизотҳои дар асоси таъсири майдони магнитӣ ба рамкаи ҷараёндор коркунандаро ёбед.

Намунаи ҳалли масъала

Рамкаи симини масоҳаташ 20 см^2 , адади печҳояш 100 то буда дар майдони магнитӣ ҷойгир аст. Ҳангоми аз рамка ҷорӣ шудани 2 А ҷараён дар он моменти гардонандаи максималии $0,5 \text{ мН} \cdot \text{м}$ тавлид мешавад. Индуксияи майдони магнитиро муайян кунед.

Дода шудааст:

$$S = 20 \text{ см}^2 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

$$N = 100$$

$$I = 2 \text{ А}$$

$$M_{\text{max}} = 0,5 \text{ мН} \cdot \text{м} =$$

$$= 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Ёфтган лозим:

$$B = ?$$

Формулаш:

$$M_{\text{max}} = N \cdot I \cdot B \cdot S$$

$$B = \frac{M_{\text{max}}}{N \cdot I \cdot S}$$

$$[B] = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{А} \cdot \text{м}^2} = \frac{\text{Н}}{\text{А} \cdot \text{м}} = \text{Тл}$$

Ҳалли он:

$$B = \frac{0,5 \cdot 10^{-3}}{100 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 10^{-3}} \text{ Тл} =$$

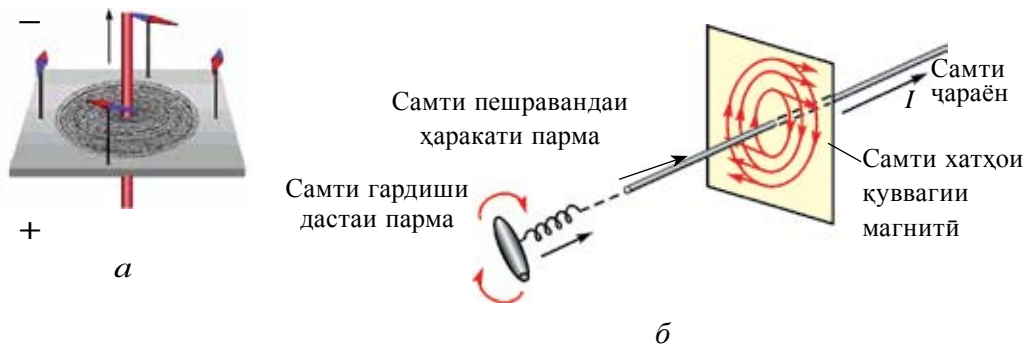
$$= 1,25 \cdot 10^{-3} \text{ Тл.}$$

Ҷавобаш: $B = 1,25 \cdot 10^{-3} \text{ Тл.}$

Мавзӯи 3. МАЙДОНИ МАГНИТИИ НОҚИЛИ РОСТИ ЧАРАЁНДОР, ҲАЛҚА ВА ҒАЛТАК

Барои мушоҳидаи хатҳои қуввагии майдони магнитии дар гирди ноқили чараёндор тавлидшуда картони ғафс гирифта, миёнаи онро сӯроҳ мекунем ва ноқили ростро мегузаронем. Ба болои варақи картон оҳанрезаҳо мепошем. Нӯгҳои ноқилро ба чараён пайваста, картонро оҳишта меларзонем. Оҳанрезаҳо бо таъсири майдони магнитии чараён магнитнок шуда, худро чун акрабаки магнитӣ пиндошта бо равиши хатҳои индуксияи магнитӣ ҷойгир мешаванд (расми 1.7-а).

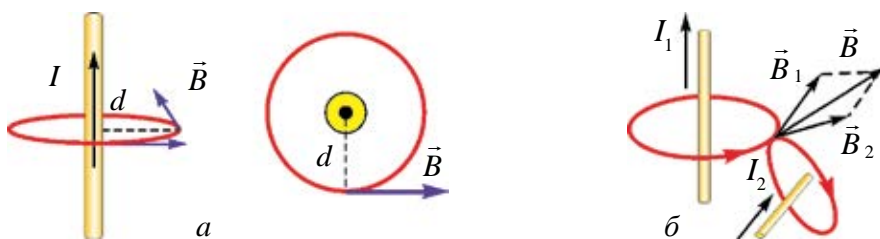
Хатҳои қуввагии майдони магнитии чараёни рост аз давраҳои марказаш дар меҳвари ноқил ҷойгирифта иборат буда, ин давраҳо дар ҳамвории ба меҳвари ноқил амудӣ меҳобанд (расми 1.7-б). Самти хатҳои қуввагии майдони магнитӣ бо қоидаи пармаи рост муайян карда мешавад: *агар ҳаракати пешравандаи парма бо самти чараён як хел бошад, он гоҳ самти гардиши дастаи парма самти хатҳои индуксияи магнитиро нишон медиҳад.*



Расми 1.7.

Вектори индуксияи майдони магнитӣ (\vec{B}) ба хатҳои қуввагӣ чун расанда самт дорад. Дар ҳолати хусусӣ самти индуксияи майдони магнитии нуқтаи аз ноқил дар масофаи d хобида дар расми 1.8-а нишон дода шудааст.

Дар ҳолатҳои зиёд майдони магнитиро на як ноқил, балки системаи ноқилҳои чараёндор ҳосил мекунад (расми 1.8-б). Дар ин гуна вазъият индуксияи майдони натиҷавӣ дар ягон нуқтаи фазо ба суммаи индуксияҳои майдони магнитии дар ин нуқта ҳосилкардаи ҳар як ноқили чараёндор баробар мешавад, яъне:



Расми 1.8.

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

Ин хулоса оиди майдони магнитӣ **принципи суперпозитсия** номида мешавад.

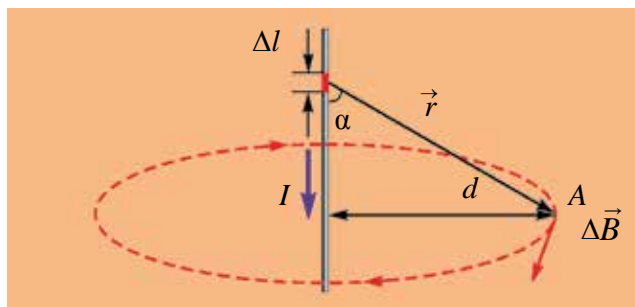
Олимони франсуз Ж. Био, Ф. Савар ва П. Лаплас қонуни умумии ҳисоб кардани индуксияи майдони магнитии дар гирди ноқили чараёндои шаклаш дилхоҳ ба вучуд омадаро офариданд. Дар асоси ин қонун элементи дилхоҳи Δl -и ноқили чараёндор, инчунин индуксияи майдони магнитии нуқтаи А-и атрофи ноқили чараёндорро муайян кардан мумкин:

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

α – кунҷи байни вектори аз элементи Δl то нуқтаи А гузаронидашуда ва элемент Δl (расми 1.9), r – масофаи байни элементи Δl -и ноқил то нуқтаи А.

1. Индуксияи майдони магнитии чараёни рост. Дар асоси қонуни Био–Савар–Лаплас аз чараёни рости беохир то нуқтаи А-и дар дурии d воқеъбуда индуксияи майдони магнитӣ бо ёрии ифодаи зерин аниқ карда мешавад:

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



Расми 1.9.

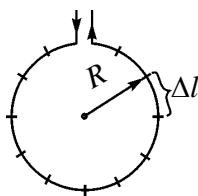
Аз ин $r\bar{u}$, индуксияи майдони магнитии ноқили чараёндоори дарози беохир рости дар ягон нуқта ҳосилкарда ба қувваи чараёни аз ноқил қорӣ шудаистода мутаносиби роста, ба масофаи кӯтоҳтарини байни нуқтаи индуксияш ҳисоб кардаистода ва ноқил мутаносиби чаппа аст.

2. Индуксияи майдони магнитӣ дар маркази чараёни гирдхатта.

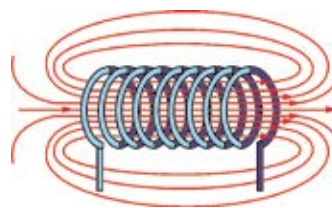
Аз давраи радиусаш R чараёни доимии I гузашта истода бошад (расми 1.10). Дар асоси қонуни Био–Савар–Лаплас индуксияи майдони магнитии дар маркази чараёни гирдхатта ҳосилшуда ба суммаи вектори дар маркази давра тавлидкардаи порчаҳои Δl -и дарозии давра баробар аст (ифодаи 1.3–1). Натиҷаҳои ҳисобкунӣ нишон медиҳад, ки индуксияи майдони магнитии чараёни гирдхаттаи маркази он ба

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

баробар аст, дар ин чо: коэффитсиент μ_0 доимии магнитии вакуум буда, қимати ададии он $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{H}}{\text{A}^2}$ аст. Бинобар ин, индуксияи майдони магнитии дар маркази чараёни гирдхатта тавлидшуда ба чараёни аз ноқил қорӣ шудаистода мутаносиби роста, ба радиуси он мутаносиби чаппа аст.



Расми 1.10.



Расми 1.11.

Дар ҳолати хусусӣ индуксияи майдони магнитии маркази ғалтаки чараён n то печ доштаро (расми 1.11) бо ёрии ифодаи зайл аниқ қардан мумкин аст:

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

Бинобар ин индуксияи майдони магнитии дар даруни ғалтаки чараёндоор тавлидшуда ба чараёни аз ғалтак қорӣ шудаистода ва адади печакҳо мутаносиби роста буда, ба радиуси гирдхаттаи ғалтак мутаносиби чаппа аст.



1. Принципи суперпозитсияи майдони магнитиро эзоҳ диҳед.
2. Формулаи ҳисобкунии индуксияи майдони магнитии чараёни ростро нависед ва маънидод кунед.
3. Формулаи ҳисобкунии индуксияи майдони магнитии маркази чараёни гирдхаттаро нависед ва онро эзоҳ диҳед.

Намунаи ҳалли масъала

Аз ноқили беохири рост 250 мА чараён қорӣ шуда истодааст. Индуксияи майдони магнитии нуқтаи аз он дар масофаи 4 см дурӣ воқеъбударо ёбед.

Дода шуда аст: $I=250 \text{ мА}=250 \cdot 10^{-3} \text{ А}$ $d=4 \text{ см}=4 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ $\mu_0=4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Н}}{\text{А}^2}$	Формулааш: $B=\mu_0 \frac{I}{2\pi \cdot d}$ $[B]=\frac{\text{Н}}{\text{А}^2} \frac{\text{А}}{\text{м}}=\frac{\text{Н}}{\text{А} \cdot \text{м}}=\text{Тл}$	Ҳалли он: $B=4\pi \cdot 10^{-7} \frac{250 \cdot 10^{-3}}{2\pi \cdot 4 \cdot 10^{-2}} \text{ Тл} =$ $= 1,25 \cdot 10^{-6} \text{ Тл.}$ Ҷавобаш: $B=12,5 \cdot 10^{-6} \text{ Тл.}$
Ёфтани лозим: $B=?$		

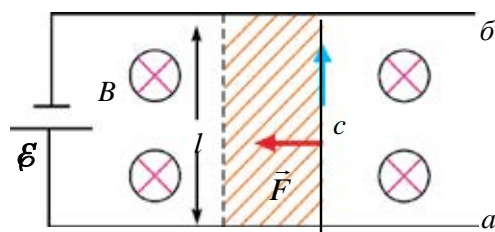
Мавзӯи 4. КОРИ ИҚРОШУДА ҲАНГОМИ ДАР МАЙДОНИ МАГНИТӢ КӢЧОНИДАНИ НОҚИЛИ ЧАРАЁНДОР

Ҳолати ду сими металли суфтаи аз якдигар дар масофаи l қойгиршуда, ки ба болои онҳо ноқили металли сабуки с гузоштаро дида мебароем (расми 1.12). Системаи ноқилҳо дар майдони якҷинсаи индуксияи магнитиаш \vec{B} қойгир аст. Ишораи (\otimes) дар расми 1.12 овардашуда самти вектори индуксияи майдони магнитӣ аз мо ба тарафи ҳамвори расм амудӣ равон буданастро нишон медиҳад. Ноқилҳои a ва b ба манбаи чараён пайваستا шаванд, ба воситаи ноқили c чараён қорӣ мешавад. Дар ин ҳолат ба ноқили чараёндори дарозиаш l аз тарафи майдони магнитӣ қувваи Ампер $F=I \cdot B \cdot l$ таъсир мекунад. Кунҷи байни самти чараён ва индуксияи майдони магнитӣ 90° буданастро дониста бо қоидаи дасти чап самти қувваро муайян мекунамд.

Ин қувва ноқили c -ро ба масофаи d кӯчонида, кори

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

-ро иқро мекунад. Ҳосили зарби $l \cdot d$ -и ин ифода дар давоми ҳаракати ноқил масоҳати кашидаи онро ифода мекунад, яъне $S=l \cdot d$. Сели магнитии дар давоми ҳаракат ноқилро бурида гузашта, ба $\Delta\Phi=B \cdot \Delta S$ баробар буданаш ба ифодаи намуди



Расми 1.12.

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

соҳиб мешавем.

Ҳаминро бояд, таъкид намуд, ки ин кор на аз тарафи майдони магнитӣ, балки аз ҳисоби энергияи манбаъи занҷирро бо ҷараён таъминкунанда иҷро карда мешавад.

Бинобар ин, мавриди кӯчонидани ноқили ҷараёндор дар майдони магнитӣ кори иҷро намудаи қувваи Амперӣ ба ҳосили зарби қувваи ҷараёни аз ноқил гузашта истода ва тағйирёбии сели магнитӣ баробар будааст.

Дар амал аз кори кӯчонидани ноқили ҷараёндор дар майдони магнитӣ васеъ истифода мебаранд. Вай барои дар нақлиёт, техникаи маишӣ ва соҳаҳои электроника истифода шуданаш дорoi аҳамияти муҳим аст. Дар рӯзҳои ҳозира қулфҳои электронӣ, ки васеъ истифода бурда истодаанд ба ин мисол шуда метавонанд.



1. Мавриди кӯчонидани ноқил дар майдони магнитӣ кори иҷро шуда чӣ гуна ҳисоб карда мешавад?
2. Ҷараён ва индуксияи майдони магнитӣ ҳамсамт бошанд, кори иҷро кардашуда ба чӣ баробар мешавад?
3. Ҳангоми кӯчонидани ноқили ҷараёндор дар майдони магнитӣ кор аз ҳисоби чӣ иҷро карда мешавад?

Намунаи ҳалли масъала

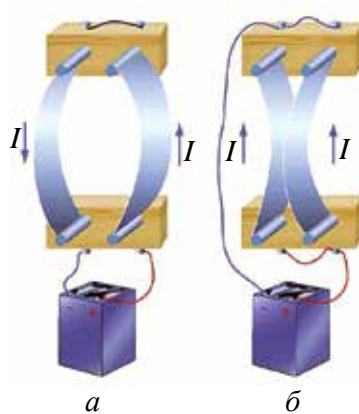
Аз ноқили дарозияш 30 см ҷараёни 2 А ҷорӣ шуда истодааст. Ноқил дар майдони магнитии якҷинсаи индуксияш 1,5 Тл нисбат ба хатҳои индуксия таҳти кунҷи 30° ҷойгир карда шудааст. Ноқил дар самти қувваи Амперӣ ба 4 см кӯчад, чӣ қадар кор иҷро карда мешавад?

Дода шуда аст: $l = 30 \text{ см} = 0,3 \text{ м}$ $I = 2 \text{ А}$ $B = 1,5 \text{ Тл}$ $\alpha = 30^\circ$ $d = 4 \text{ см} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ м}$	Формулааш: $A = I \cdot B \cdot l \cdot d \cdot \sin\alpha$ $[A] = A \cdot \frac{\text{Н}}{\text{А} \cdot \text{м}} \cdot \text{м} \cdot \text{м} =$ $= \text{Н} \cdot \text{м} = \text{Ҷ}$	Ҳалли он: $A = 2 \cdot 1,5 \cdot 0,3 \cdot 4 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{1}{2} \text{ Ҷ} =$ $= 18 \cdot 10^{-3} \text{ Ҷ}.$ Ҷавобаш: $A = 18 \cdot 10^{-3} \text{ Ҷ}.$
Ёфтан лозим: $A = ?$		

Мавзӯи 5. ҚУВВАИ ТАЪСИРИ МУТАҚОБИЛИ НОҚИЛҲОИ ЧАРАЁНДОР

Ҳамчун зарядҳои электрикӣ байни ноқилҳои чараёндор ҳам қувваи таъсири мутақобил мавҷуданд. Барои мушоҳидаи ин дар амал ду ноқили чандирӣ гирифта, онҳоро ба таври амудӣ ба тақягоҳ маҳкам мекунем.

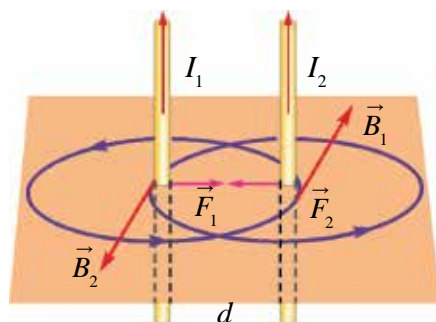
Агар қисми болоии ноқилро бо сим васл кунем, аз ноқилҳо дар самти муқобил чараён ҷорӣ мешавад (расми 1.13-а). Дар натиҷа ноқилҳо аз якдигар тела хӯрда, масофаи байни онҳо зиёд мешаванд. Агар аз ноқилҳо ҷоришафии чараёнро дар як самт таъмин намоем, ноқилҳо ба якдигар ҷазб мешаванд (расми 1.13-б).



Расми 1.13.

Аз қонуни Ампер истифода бурда, самти қувваи мутақобили байни ду ноқили мувозии беохир дарози дар вакуум ҷой гирифта ва бузургии кимати ададии онро муайян мекунем.

Аз ду ноқили мувозии (параллели) аз якдигар дар масофаи d воқеъбуда дар як самт чараёни I_1 ва I_2 гузашта истода бошад (расми 1.14). Хатҳои вектори индуксияи майдони магнитии чараёнҳои аз ноқилҳо ҷорӣ тавлидкарда аз давраҳои консентрикӣ иборат аст. Агар чараёни I_1 аз поён ба боло ҷорӣ бошад, вектори B_1 дар



Расми 1.14.

нуқтаҳои ноқили ду хобида (дар асоси қоидаи парма) аз мо ба самти ҳамвории китоб раван мешавад ва онҳо байни якдигар амудӣ ҷой гирифтаанд. Қувваи таъсири майдони магнитии чараёни ноқили яқум ба дуҷум F_2 аз ҷиҳати бузургӣ мувофиқи қонуни Ампер чунин мешавад:

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

дар ин чо: Δl —дарозии қисми дар майдони магнитӣ ҷойгиршудаи ноқили дуум. Ба ин формула ифодаи индуксияи магнитии чараёни рост

$$B_1 = \mu_0 \frac{I_1}{2\pi \cdot d} \text{ ро гузорем,}$$

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

Бинобар ин, қувваи таъсири мутақобили ду ноқили чараёндори мувозии беохир дароз, ки ба воҳиди дарозии он таъсир мекунад, ба ҳосили зарби қувваи чараёни аз онҳо ҷорӣ шудаистода мутаносиби роста, ба масофаи байни онҳо мутаносиби чаппа будааст.

Дар асоси ҳодисаи мазкур воҳиди қувваи чараён дар Системаи байналмилалии воҳидҳо – ампер (А) қабул карда шудааст.

Ампер қувваи чараёни доимист, ки аз ноқилҳои рости беохир дарози аз якдигар дар масофаи 1 м дар вакуум ҷойгиршуда ва масоҳати бурриши арзиаш бағоят хурди дар дараҷаи баҳисобнагирӣ буда, чараёни доимӣ ҷорӣ гардад, ба ҳар як метри он қувваи таъсири мутақобили $2 \cdot 10^{-7}$ Н ҳосил мекунад.



1. Самти қувваҳои таъсири мутақобили байни ду ноқилҳои чараёндори мувозӣ ҳосилшуда чӣ хел аниқ карда мешавад?
2. Қувваи таъсири мутақобили ду ноқили мувозиро, ки дар самтҳои муқобил чараёнҳои I_1 ва I_2 ҷорӣ шуда истодаанд, эзоҳ диҳед.
3. Ба воҳиди қувваи чараён – Ампер таъриф диҳед.

Намунаи ҳалли масъала

Қувваи таъсири мутақобили ба ҳар як метри симҳои хати нақли чараёни доимии электрикии ҷуфт (ду) симин, ки масофаи байнашон 1,6 м аст ёбед. Қимати чараёни аз ноқилҳо гузаштаистодаро 40 А гуфта бигиред.

Дода шудааст:

$$d = 1,6 \text{ м}$$

$$I_1 = I_2 = 40 \text{ А}$$

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Н}}{\text{А}^2}$$

$$\Delta l = 1 \text{ м}$$

Ёфтан лозим:

$$F = ?$$

Формулааш:

$$F = \mu_0 \frac{I_1 \cdot I_2}{2\pi \cdot d} \cdot \Delta l$$

$$[F] = \frac{\text{Н}}{\text{А}^2} \cdot \frac{\text{А} \cdot \text{А}}{\text{м}} \cdot \text{м} = \text{Н}$$

Ҳалли он:

$$F = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{40 \cdot 40}{2\pi \cdot 1,6} \cdot 1 \text{ Н} =$$

$$= 2 \cdot 10^{-4} \text{ Н}$$

Ҷавобаш: $F = 2 \cdot 10^{-4} \text{ Н}$.

Мавзӯи 6. ҲАРАКАТИ ЗАРРАИ ЗАРЯДНОК ДАР МАЙДОНИ ЯКЧИНСА. ҚУВВАИ ЛОРЕНС

Қувваи Амперии аз тарафи майдони магнитӣ ба ноқили чараёндоори ба ин майдон дохил карда таъсирбахшандаро чун аз суммаи қувваҳои аз тарафи майдони магнитӣ ба ҳар як зарраи ин қисми ноқили ба майдон дохил кардашуда иборат аст, гуфта қабул намудан мумкин. Дар ноқили чараёндоори дарозиаш l адади ҳамаи зарраҳои зарядноки мутаҳаррик N то бошад, қувваи ба як заряди мутаҳаррики дар майдон буда таъсирбахшанда

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

баробар мешавад. Чараёни аз занҷир чорӣ шудаистода

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

Ин ифодаҳоро ба баробарии (1-17) гузорем, ифодаи қувваи ба як зарра таъсир бахшанда бармеояд:

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

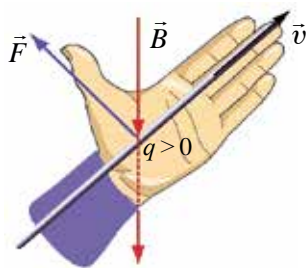
дар ин: e – заряди электрон; v – суръати ҳаракати ботартибонаи зарра; n – концентратсияи зарядҳо; S – масоҳати бурриши арзии ноқил.

Қувваи аз тарафи майдони магнитии ба зарраи зарядноки дар ҳамин майдон ҳаракат кардаистода таъсирбахшанда **қувваи Лоренс** номида мешавад, ин қувва чунин таъриф дода мешавад: қувваи ба зарраи зарядноки дар майдони магнитии якчинса ҳаракат кардаистода таъсирбахшанда \vec{F}_L ба ҳосили зарби заряди e зарра, ба суръати v ҳаракати он, ба вектори индуксияи майдони магнитӣ \vec{B} , инчунин синуси кунҷи байни векторҳои суръат (\vec{v}) ва индуксияи майдони магнитӣ (\vec{B}) баробар мешавад.

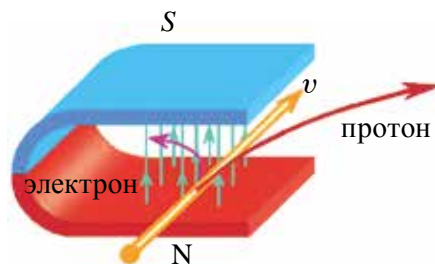
Самти қувваи Лоренсро бо ёрии қоидаи дасти чап аниқ мекунамд (расми 1.15). Агар дасти чапро тавре гузорем, ки вектори индуксияи магнитӣ амудӣ ба кафи даст дарояду чор ангушти росткардаи даст ба самти ҳаракати заряди мусбат равона бошад, он гоҳ сарангушти ба 90° кушода самти қувваи ба заряд таъсиркунанди Лоренсро нишон медиҳад.

Қувваи Лоренси ба протони ба майдони магнитӣ парида дохил шудаистода таъсирбахшанда дар асоси қоидаи дасти чап, ба тарафи рост равона аст (расми 1.16). Мавриди муайян кардани ҳаракати электрон (заряди манфӣ) дар майдон, чор ангуштамонро ба муқобили самти чараён мегузорем. Дар ин ҳол қувваи Лоренси ба электрон

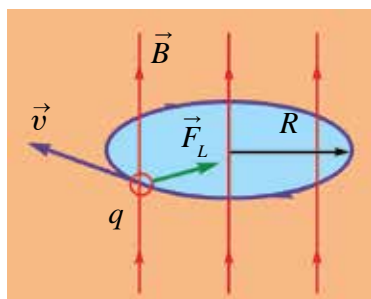
таъсирбахшанда ба тарафи чап (расми 1.16) равон мешавад. Агар зарра бо равиши самти хатҳои индуксияи магнитӣ равона бошад, аз тарафи майдон ба он қувва таъсир намебахшад.



Расми 1.15.



Расми 1.16.



Расми 1.17.

Таъсири қувваи **Лоренс**-ро ба зарраи заряднок дида мебароем. Зарра ба хатҳои қуввагии майдони магнитии якҷинса амудӣ парида дарояд (расми 1.17). Дар ин ҳол суръати зарра ва хатҳои индуксия байни ҳам кунҷи 90° -ро ташкил медиҳанд ва қувваи Лоренс ба зарра таъсирбахш максималӣ мешавад. Қувваи Лоренс, ки ба самти ҳаракати зарра дар майдони магнитӣ амудӣ аст, вазифаи қувваи марказшитобро

ичро мекунад. Дар натиҷа самти ҳаракати зарраи заряднок тағйир ёфта, траекторияи ҳаракат қачхатта мешавад, яъне:

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

Аз боиси қувваи Лоренс кор иҷро накарданаш, суръати зарраи мутаҳаррик ҳам тағйир намеёбад. Аз ин рӯ, зарра ҳаракати гирдхаттаи мунтазами худро давом медиҳад.

Аз ин ҷо, траекторияи ҳаракати зарраи зарядноки дар майдони магнитӣ мутаҳаррик аз давра иборат буда, радиуси онро аз ифодаи зайл амиқ мекунем:

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

Бинобар ин, радиуси қачии траекторияи зарра ба ҳосили зарби масса ва суръати он мутаносиби рост, ба ҳосили зарби заряд ва индуксияи майдон мутаносиби чаппа будааст.

Вақти барои як маротиба пурра даврзании зарра сарфшуда, яъне даври гардиши онро муайян мекунем Барои ин роҳи дар як гардиши пурра (дарозии давра $2\pi \cdot R$) тай намудаи онро ба суръати зарра (v) тақсим мекунем:

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

аз ифодаи (1-21) истифода бурда, ифодаи (1-22)-ро дар намуди зерин менависем:

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

Даври гардиши зарра ба суръати он вобаста набуда, ба массааш, зарядаш ва бузургии индуксияи майдони магнитӣ вобаста будааст.

Асбоби аз рӯи массааш ба қисмҳои таркибӣ ҷудокунандаи зарраҳои зарядноки дар вакуум бо таъсири майдони электрикӣ ва магнитӣ ҳаракат кардаистода *масс-спектрометр* меноманд. Масс-спектрометрҳо дар муайянкунии изотопҳои элементҳои кимёвӣ ва таҳлили кимёвии моддаҳо истифода бурда мешаванд.



1. Дар асоси қоидаи дасти чап самти қувваи Лоренсро фаҳмонед.
2. Қуввае, ки зарраи заряднокро аз рӯи давра ҳаракати мунтазам мебахшад, эзоҳ диҳед.
3. Зарраи заряднок ба майдони магнитӣ дар кадом самт дохил шавад, қувваи Лоренс ба он таъсир намебахшад?
4. Чӣ гуна таҷҳизоти дар асоси қувваи Лоренс офаридашударо медонед?

Намунаи ҳалли масъала

Электрон ба майдони магнитии индуксияаш 12 мТл буда, нисбат ба хатҳои индуксияи майдон амудӣ парίδα даромада, ҳаракати худро аз рӯйи давраи радиусаш 4 см давом дода бошад, вай бо кадом суръат ба майдон дохил шудааст?

Дода шуда аст: $B = 12 \text{ мТл} = 12 \cdot 10^{-3} \text{ Тл}$ $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ $R = 4 \text{ см} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ $\alpha = 90^\circ$ $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$ <hr/> Ёфтан лозим: $v = ?$	Формулааш: $F_{\text{Л}} = evBs \sin \alpha,$ $F_{\text{қ.мп.}} = \frac{mv^2}{R},$ $F_{\text{Л}} = F_{\text{қ.мп.}}$ $v = \frac{e \cdot B \cdot R}{m}$ $[v] = \frac{\text{Кл} \cdot \text{Тл} \cdot \text{м}}{\text{кг}} = \frac{\text{м}}{\text{с}}$	Ҳалли он: $v = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 12 \cdot 10^{-3} \cdot 4 \cdot 10^{-2}}{9,1 \cdot 10^{-31}} \frac{\text{м}}{\text{с}} =$ $= 8,4 \cdot 10^7 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$ Ҷавобаш: $v = 8,4 \cdot 10^7 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$
---	--	---

Машқи 1.

1. Ҳалқаи радиусаш 4 см ба хатҳои индуксияи майдони магнитии якҷинсаи индуксияш 0,5 Тл амудӣ гузошта шудааст. Сели магнитии аз ҳалқа гузаштаистода чӣ қадар аст? (Ҷавобаш: 25,12 мВб)

2. Сели магнитии аз рамкаи симини масоҳаташ 250 см² буда, ки дар майдони магнитии якҷинсаи индуксияи магнитиаш 4 Тл хобидааст, ба 87 мВб баробар аст. Хатҳои индуксияи майдони магнитӣ ба сатҳ таҳти кадом кунҷ афтада истодааст? (Ҷавобаш: 30°)

3. Хатҳои индуксияи майдони магнитии индуксияш 50 мТл ба ҳамвории сатҳ таҳти кунҷи 30° меафтад. Ташкилдихандаи индуксияи майдони магнитиро дар самти нормали сатҳ ёбед. (Ҷавобаш: 25 мТл)

4. Аз ноқили рост чараёни 5 А гузашта истодааст. Индуксияи майдони магнитии нуқтаи аз он дар 2 см дурӣ воқеъбударо ёбед (Ҷавобаш: 50 мкТл)

5. Аз ҳалқаи радиусаш 5 см чараёни 3 А қорӣ шуда истодааст. Индуксияи майдони магнитии маркази ҳалқаро ёбед. (Ҷавобаш: 37,7 мкТл)

6. Аз ғалтаки радиусаш 10 см, ва адади печакҳоаш 500 то буда чӣ гуна чараён гузарад, дар маркази он индуксияи майдони магнитии 25 мТл тавлид мешавад? (Ҷавобаш: 8 А)

7. Ду майдони магнитии якҷинсаи индуксияи майдони магнитиаш 3 мТл ва 4 мТл буда байни ҳам амудӣ якҷоя шаванд, индуксияи майдони натиҷавӣ ба чӣ баробар мешавад? (Ҷавобаш: 5 мТл)

8. Ҳалқаи чараёндори радиусаш 10 см дар майдони магнитии якҷинсаи индуксияш 20 мТл қойгир аст. Агар аз ҳалқа 2 А чараён қорӣ бошад, ба он аз тарафи майдони магнитӣ чӣ гуна моменти қувваи максималӣ таъсир мекунад? (Ҷавобаш: 1,26 мН·м)

9. Рамкаи бараши 4 см, дарозиаши 8 см дар майдони магнитии индуксияш 2 Тл қойгир аст. Мавриди аз он қоришавии 0,5 А чараён моменти қувваи максималии ба рамка таъсирбахшро ёбед. (Ҷавобаш: 3,2 мН·м)

10. Моменти қувваи максималии ба рамкаи дар майдони магнитӣ хобидаи масоҳаташ 80 см² таъсирбахш баробари 7,2 мН·м аст. Агар аз рамка чараёни 0,2 А қорӣ бошад, индуксияи майдон ба чӣ баробар аст? (Ҷавоби: 1,2 Тл)

11. Дар майдони магнитии индуксияш 200 мТл ноқили дарозиаши 50 см қойгир аст. Ҳангоми аз он қоришавии чараёни 4 А ноқил ба 3 см дур меравад. Дар ин қувваи чараён чӣ гуна қор иҷро мекунад? (Ҷавобаш: 12 мЧ)

12. Аз ноқили дарозиаши 10 см, ки ба хатҳои индуксияи майдони магнитии якҷинсаи индуксияш 0,1 Тл амудӣ қойгир аст, чараёни 2 А

чорист. Кувваи аз тарафи майдони магнитӣ ба ноқил таъсирбахшро ҳисоб кунед (*Ҷавобаш:* 20 мН)

13. Аз ноқили дарозиаш 25 см чараёни 4 А чорист. Ноқил таҳти кунчи 45° нисбат ба хатҳои индуксияи майдони магнитии индуксияаш 1,2 Тл чойгир аст. Ноқил таҳти таъсири кувваи Ампер бо самти ин кувва 3 см кӯчида бошад, чӣ қадар қор иҷро мешавад? (*Ҷавобаш:* 25,4 мҶ)

14. Аз ноқили дарозиаш 40 см чараёни 2,5 А чорист. Ҳангоми ноқил дар самти амудӣ нисбат ба хатҳои индуксияи майдони магнитии якҷинса ба 8 см кӯчидан, 32 мҶ қор иҷро кардааст. Индуксияи майдони магнитӣ ба чӣ баробар аст? (*Ҷавобаш:* 0,4 Т)

15. Ноқили дарозиаш 40 см дар майдони магнитии якҷинсаи индуксияаш 2,5 Тл бо суръати 12 см/с дар ҳаракат аст. Агар ноқил дар бадали 3 с, дар самти амудӣ нисбат ба хатҳои индуксия 8 см кӯчида қори 144 мҶ иҷро карда бошад, чараён дар ноқил ба чӣ баробар аст? Кунчи байни хатҳои индуксияи майдон ва самти чараёнро 90° гуфта гиред. (*Ҷавобаш:* 0,4 А)

16. Ба ҳар як метр дарозии симҳои хати нақли чараёни электрикии доимии ду симдор кувваи таъсири мутақобили ростояндаро ҳисоб кунед. Масофаи байни симҳо 2 м, кувваи чараён ба 50 А баробар гуфта бигиред. (*Ҷавоби он:* 0,25 мН)

17. Аз ҳар яки ду ноқили чараёндори мувозӣ (параллел) чараёни ба як тараф самтдори 2 А қорӣ шуда истодааст. Масофаи байни ноқилҳои чараёндор 4 см. Дар нуқтаи мобайнии ноқилҳо индуксияи майдони магнитӣ ба чӣ баробар аст? (*Ҷавобаш:* ба сифр баробар аст).

18. Ба протони бо суръати $4 \cdot 10^7$ м/с дар майдони магнитии якҷинсаи индуксияаш 5 Тл ҳаракат кардаистода чӣ гуна қувва таъсир мекунад? Кунчи байни самти суръати зарра ва хатҳои қуввагии индуксияи майдонро баробари 45° гуфта гиред. (*Ҷавобаш:* 22,4 пН)

19. Радиуси қачигии траекторияи ҳаракати электрони бо суръати 160 Мм/с ба майдони магнитии якҷинсаи индуксияи магнитиаш 0,3 Тл бо равиши амудӣ ба хатҳои индуксияи парида дохилшударо ёбед. (*Ҷавобаш:* 3 мм)

20. Даври гардиши электрони ба майдони магнитии якҷинсаи парида даромада 8 нс бошад, индуксияи майдони магнитиро ёбед. (*Ҷавобаш:* 4,5 мТл)

21. Алфа зарра ба хатҳои индуксияи майдони магнитии индуксияаш 1,5 Тл амудӣ парида ворид шуд. Қувваи ба он таъсирбахш баробари 120 пН бошад, суръати он чӣ гуна будааст? (*Ҷавобаш:* $2,5 \cdot 10^7$ м/с)

САВОЛҲОИ ТЕСТӢ ОИДИ ЧАМЪБАСТИ БОБИ I

- Таъсири магнитии чараён ҳангоми аз кадом муҳит чоришавии чараён мушоҳида мешавад?
 A) аз электролитҳо; B) аз металлҳо;
 C) аз вакуум; D) аз муҳити дилҳоҳ.
- Воҳиди сели магнитиро нишон диҳед.
 A) Тесла; B) Вебер; C) Ампер; D) Эрстед.
- Мавриди аз ноқил гузаштани чараёни доимӣ дар атрофи он чӣ гуна майдон ҳосил мешавад?
 A) майдони электрикӣ; B) майдони магнитӣ;
 C) майдони электромагнитӣ; D) майдони гравитатсионӣ.
- Дар расм 4 чуфт чараён бо самтҳояшон тасвир ёфтаанд. Кадоме аз онҳо ба якдигар қазб мешаванд?
 A) $\uparrow\downarrow$; B) $\rightarrow\leftarrow$; C) $\downarrow\downarrow$; D) $\rightarrow\downarrow$.
- Дар расм 4 чуфт чараён бо самтҳои чоришавиашон тасвир ёфтаанд. Дар кадом ҳолат онҳо аз якдигар тела меҳӯранд?
 A) $\uparrow\downarrow$; B) $\rightarrow\rightarrow$; C) $\downarrow\downarrow$; D) $\rightarrow\downarrow$.
- Аз рамкаи масоҳаташ $0,05 \text{ м}^2$, ки дар майдони магнитӣ ҷойгир аст, чараёни 2 А ҷорист. Агар моменти қувваи максималии гардонандаи рамка $40 \text{ мН} \cdot \text{м}$ бошад, индуксияи майдони рамка ҷойгиршуда ба чӣ баробар аст?
 A) $4\pi \cdot 10^{-6} \text{ Тл}$; B) $6\pi \cdot 10^{-6} \text{ Тл}$;
 C) $2\pi \cdot 10^{-6} \text{ Тл}$; D) $8\pi \cdot 10^{-6} \text{ Тл}$.
- Аз ҳалқкаи радиусаш 4 см чараёни $0,8 \text{ А}$ ҷорист. Дар маркази ҳалқа индуксияи магнитиро муайян кунед.
 A) 2 Тл ; B) $0,4 \text{ Тл}$; C) $0,5 \text{ Тл}$; D) $0,2 \text{ Тл}$.
- Қувваи таъсири майдон ба ноқили дарозияш 25 см , ки ба хатҳои майдони магнитии индуксияаш $0,1 \text{ Тл}$ амудӣ аст, баробари $0,5 \text{ Н}$ Чараёни аз ноқил ҷорӣ шуда истода ба чӣ баробар аст?
 A) $2,5 \text{ А}$; B) $0,4 \text{ А}$; C) $1,25 \text{ А}$; D) $0,2 \text{ А}$.

Мафҳум, конда ва қонунҳои муҳимтарини дар боби I омӯхташуда

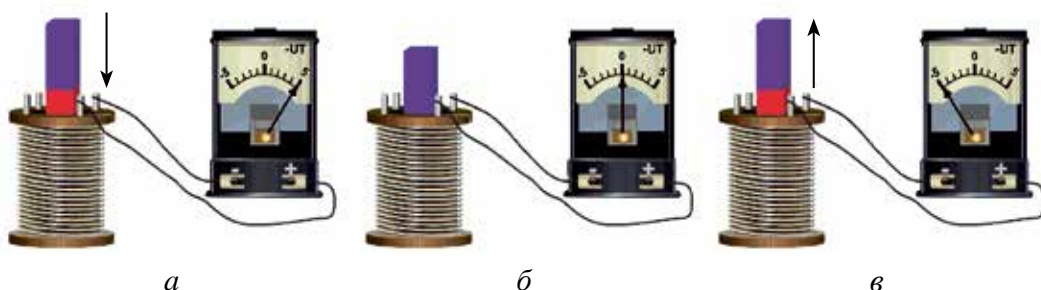
Хатҳои қуввагии магнитӣ	Хатҳои қуввагии магнитӣ аз қутби шимолии магнит баромада хатҳои сарбасти ба қутби ҷанубии магнит дароянда иборат аст.
Индуксияи майдони магнитӣ	Сели индуксияи майдони магнитии Φ аз масоҳати ΔS – гузашта истода гуфта ҳосили зарби ҳосили зарби вектори индуксияи магнити B ва ҳамин масоҳатро мегиранд $\Phi = B \cdot \Delta S$.
Воҳиди сели магнити	Сели магнитии аз сатҳи масоҳаташ 1 м^2 гузаранда, ки ба хатҳои қуввагии майдони магнитии индуксияи майдони магнитии индуксияи майдони магнитиаиш 1 Тл амудӣ гузашта шудааст ба 1 Вб баробар аст. $1 \text{ Вб} = 1 \text{ Тл} \cdot \text{м}^2$.
Формулаи Лаплас – Био – Савар	Элементи ихтиёрии ноқили ҷараёндор Δl индуксияи магнитии дар нуқтаи A атрофи ноқили ҷараёндор ҳосилшударо аниқ мекунад. $\Delta B = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I \cdot \Delta l \cdot \sin \alpha}{r^2}$
Принципи суперпозитсияи майдони магнитӣ	$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3 + \dots + \vec{B}_n$. Индуксияи майдони натиҷавӣ дар ягон нуқтаи фазо ба суммаи вектори индуксияҳои майдони магнитии ҳар як ноқили ҷараёндор, ки дар ҳамон нуқтаи фазо ҳосил кардааст, баробар аст.
Индуксияи майдони магнитии ҷараёни рост	$B = \mu_0 \frac{I}{2\pi \cdot d}$ – ба ҷараёни аз ноқил ҷорӣ шуда истода мутаносиби роста, ба масофаи байни ноқил ва нуқтаи индуксияш ҳисоб карда истода мутаносиби чаппа аст.
Индуксияи майдони магнитии маркази ҷараёни гирдхатта	$B = \mu_0 \frac{I}{2R}$ – ба ҷараёни аз ноқил гузашта истода мутаносиби роста, ба радиуси давра мутаносиби чаппа аст.
Моменти гардонандаи рамкаи ҷараёндор	$M = I \cdot B \cdot S \sin \alpha$ – ба қувваи ҷараёни аз контур ҷорӣ шуда истода, масоҳати контур, ба синуси кунҷи байни нормали (\vec{n}) ба ҳамвори контур гузаронидашуда ва самти индуксияи майдони магнитӣ, инчунин индуксияи майдони магнитӣ мутаносиби роста аст.

Кори ичрошуда дар майдони магнитӣ	$A = I \cdot \Delta\Phi$ – кори ичрошуда ҳангоми кўчонидани ноқили чараёндор дар майдони магнитӣ ба ҳосили зарби қувваи чараён ва тағйирёбии сели магнитӣ дар вақти ҳаракати ноқили чараёндор баробар аст.
Таъсири мутақобили ноқилҳои чараёндор	Аз ноқилҳои параллел (мувозӣ) дар самтҳои муқобил чараён гузаранд, онҳо аз якдигар тела меҳӯранд. Самтҳои чараёнҳо як хел бошанд ноқилҳо ба якдигар қазб мешаванд.
Қувваи таъсири мутақобили ду ноқили чараёнҳои параллел	$F = \mu_0 \frac{I_1 \cdot I_2}{2\pi \cdot d} \cdot \Delta l$ – қувваи таъсири мутақобили ду ноқили чараёнҳои параллели беохир дароз, ки ба воҳиди дарозии он таъсир мекунад, ба ҳосили зарби қувваи чараёни аз онҳо қорӣ шудаистода мутаносиби роста, ба масофаи байни онҳо мутаносиби чаппа аст.
Воҳиди қувваи чараён, таърифи Ампер	Ампер қувваи чараёни доимиест, ки аз мавриди аз ноқили рост дарозии беохирӣ дар вакуум аз якдигар дар масофаи 1 м мувозӣ қойгирбуда қоришавии чараён ба ҳар як метри дарозии ноқилҳо қувваи мутақобили $2 \cdot 10^{-7}$ Н ҳосил мекунад.
Қувваи Лоренс	Қувваи ба зарраи зарядноки дар майдони магнитӣ мутаҳаррик буда, ки аз тарафи ҳамин майдон таъсир мекунад: $F_L = qvB\sin\alpha$.
Қоидаи дасти чап	Агар дасти чапро тавре гузорем, ки вектори индуксияи магнитӣ амудан ба қафи даст дарояду қор ангушти росткардаи даст ба самти ҳаракати заряди мусбат равона бошад, он гоҳ сарангушти ба 90° қушода самти қувваи ба заряд таъсиркунандаи Лоренсро нишон медиҳад.
Радиуси гардиши зарраи ба майдони магнитӣ амудӣ парида дохилшуда	$R = \frac{mv}{qB}$ – радиуси қачии траекторияи зарра ба ҳосили зарби масса ва суръати он мутаносиби роста буда, ба ҳосили зарби заряд ва индуксияи майдон мутаносиби чаппа аст.
Даври гардиши зарраи ба майдони магнитӣ амудӣ парида дохилшуда	$T = 2\pi \frac{m}{qB}$ – даври гардиши зарра ба суръати он вобаста набуда, ба массааш, зарядаш ва бузургии индуксияи майдони магнитӣ вобаста аст.

Бобин II. ИНДУКСИЯИ ЭЛЕКТРОМАГНИТӢ

Мавзӯи 7. ҲОДИСАИ ИНДУКСИЯИ ЭЛЕКТРОМАГНИТӢ. ҚУВВАИ ЭЛЕКТРОҲАРАКАТДИҲАНДАИ ИНДУКСИЯ. ҚОНУНИ ФАРАДЕЙ

Пас аз он, ки соли 1820 олими даниягӣ Г. Эрстед таъсири магнитии ҷараёнро кашф намуд, олими англис **Майкл Фарадей** ба худ мақсад гузошт, ки бо ёрии майдони магнитӣ ҷараёни электрикӣ ҳосил кунад. Вай дар болои ин масъала беш аз 10 сол кор карда, соли 1831 онро бомуваффақият ҳал намуд.



Расми 2.1.

Аз асбобҳои намоишӣ истифода бурда, таҷрибаи гузаронидаи Фарадейро дида мебароем. Вай ғалтак ва галванометрро пай дар пай пайваста занҷири сарбаст ҳосил намуд (расми 2.1). Ҳангоми воридкунии магнит ба дохили ғалтак майлхӯрии акрабаки галванометрро мушоҳида мекунем. Дар ин ҳол дар ғалтак ҷараён ҳосил мешавад (расми 2.1-а). Агар магнитро андаруни ғалтак беҳаракат дошта истем, акрабаки галванометр сифрро нишон медиҳад, яъне дар ғалтак ғум шудани ҷараён мушоҳида мешавад (расми 2.1-б). Мавриди аз дохили ғалтак берун кардани магнит бошад боз дар ғалтак пайдо шудани ҷараёнро мушоҳида мекунем. Дар ин ҳол акрабаки галванометр ба тарафи дигар майл меҳӯрад (расми 2.1-в). Агар магнит дар ҳолати оромӣ бошад худ ғалтакро ба ҳаракат орем ҳам ин ҳодисаро мушоҳида мекунем. Бинобар ин, бо ҳар гуна роҳ сели магнитии ғалтакро бурида гузаштаистода тағйир дода шавад, дар ғалтак қувваи электроҳаракатдиҳанда ҳосил мешудааст.

Нўғҳои рамкаи симин ба якдигар (ё, ки нўғҳои онҳо ба воситаи ягон асбоб) васл шуда бошанд, онро контури сарбаст пиндоштан мумкин. Дар ин ҳол ғалтаки ба галванометр васлшуда байни ҳам контури сарбастии пай дар пай пайвастшударо ташкил медиҳад.

Ҳодисаи мавриди тағйирёбии сели майдони магнитӣ ҳосилшавии ҷараёни электрикӣ дар контури сарбаст ҳодисаи **индуксияи электромагнитӣ**, ҷараёни дар контур ба вучуд омадаро бошад ҷараёни *индуксионӣ* меноманд.

Фарадей натиҷаи таҷрибаҳои гузаронидаашро таҳлил намуда ба хулосаи зерин омад: **ҷараёни индуксионии дар контури сарбаст ба вучуд омада фақат ҳангоми тағйирёбии сели индуксияи магнитии контури ноқилро бурида гузаранда пайдо мешавад, яъне фақат дар давоми вақти тағйирпазирии сели магнитӣ мавҷуд мешавад.**

Маълум аст, ки барои дар занчир муддати тӯлонӣ мавҷуд будани ҷараёни электрикӣ дар ягон қисми занчир манбаъи қувваи электроҳаракатдиҳанда (ҚЭҲ) буданаш лозим. Дар натиҷаи бефосила тағйир ёфта истодани сели магнитии контур ҚЭҲ-и ҳосилшуда дар он вазифаи манбаъи берунии ба вучудорандаи ҷараёни индуксиониро иҷро мекунад. ҚЭҲ-и ҷараёни индуксионӣ ба вучудоранда қувваи электроҳаракатдиҳандаи индуксионӣ номида мешавад.

ҚЭҲ-и индуксияи дар занчири сарбаст ба вучуд омада аз ҷиҳати қимати ададӣ ба тағйироти сели магнитии контурро бурида гузошта баробар буда, аз ҷиҳати ишорааш муқобил аст:

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

Ин қонуни *индуксияи электромагнитӣ* ё ки қонуни *Фарадей–Максвелл* номида мешавад.

Ишораи манфии дар ифодаи (2–1) (–) омада бо самти ҷараёни индуксионии дар контур ба вучуд омада вобаста буда, дар асоси қонуни Ленс фаҳмонида мешавад. Дар СБВ ба сифати воҳиди қувваи электроҳаракатдиҳандаи индуксия (В) вольт қабул карда шудааст,

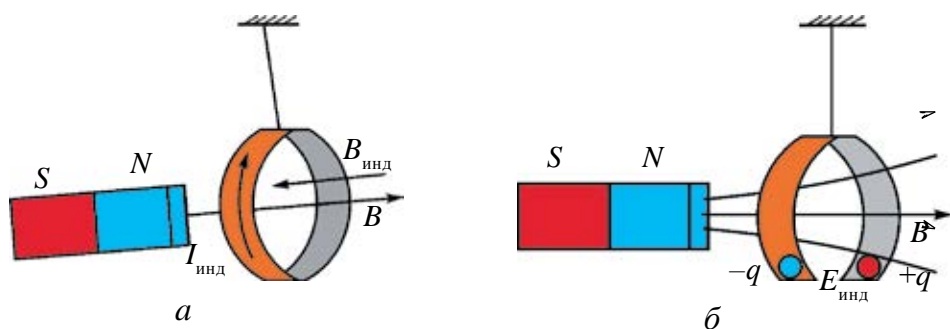
$$[\mathcal{E}_i] = \left(\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right) = \frac{Вб}{с} = \frac{Тл \cdot м^2}{с} = \frac{Н \cdot м^2}{А \cdot м \cdot с} = \frac{Ч}{А \cdot с} = \frac{А \cdot В \cdot с}{А \cdot с} = В.$$

Агар контур аз N печак иборат бошад ҚЭҲ-и индуксияи дар контур ҳосилшуда бо ёрии ифодаи зерин ҳисоб карда мешавад:

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

Олими рус Х. Ленс барои муайян кардани самти ҷараёни индуксионии ҚЭҲ таҷрибаи зеринро гузаронид. Ду ҳалқаи алюминии сабуки

яке бутун дигаре буридашударо гирифта бо риштаи овезон маҳкам намуд (расми 2.2). Агар магнитро ба ҳалқа наздик орем, дар он чараёни индуксионӣ ҳосил мешавад. Айнан ин чараён дар дохили ҳалқа майдони магнитии худро ҳосил мекунад. Майдони магнитии ҳосилшуда бошад ба наздикшавии магнит ба ҳалқа монеъгӣ нишон медиҳад ва аз он мегурезад (расми 2.2-а). Агар магнитро аз ҳалқа дур кунем, ҳалқа ба магнит ҷазб шуда, аз паси он меравад.



Расми 2.2.

Магнитро ба ҳалқаи буридашуда наздик орем ё ки дур кунем, ягон хел таъсири магнит ба ҳалқа мушоҳида намешавад. Сабаби ин дар он, ки дар контури кушод чараёни индуксионӣ ба вучуд намеояд (расми 2.2-б). Ленс дар асоси таҷрибаҳо қоидаи муайян кардани самти чараёни индуксиониро дарёфт. Ин қоида ба шарафи он қоидаи Ленс номида шуда чунин таъриф дода мешавад: **Чараёни индуксионии дар занчири сарбаст тавлидшуда ҳамин тавр самт дорад, ки вай бо майдони магнитии худ ба тағйирёбии сели магнитии ҳамин чараёнро ба вучуд оранда монеъгӣ нишон медиҳад.**



1. Чӣ гуна падида (ҳодиса), падидаи индуксияи электромагнитӣ номида мешавад?
2. Барои чӣ магнит ба ҳалқаи бурида наздик шавад ҳам, онҳо ба якдигар таъсир намебахшанд?
3. Таърифи қоидаи Ленсро бигӯед.
4. Қонуни индуксияи электромагнитиро эзоҳ диҳед.

Намунаи ҳалли масъала

Сели магнитии аз ҳалқа гузаштаистода дар давоми 0,2 с ба 5 мВб тағйир ёфт. Ҳалқа дорои 0,25 Ом муқовимат бошад, дар он чӣ гуна чараёни индуксионӣ ба вучуд меояд?

Дода шудааст:

$$\Delta t = 0,2 \text{ с}$$

$$\Delta \Phi = 5 \text{ мВб} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ Вб}$$

$$R = 0,25 \text{ Ом}$$

Ёфтан лозим:

$$I = ?$$

Формулааш:

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

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

$$[I] = \frac{\text{Вб}}{\text{Ом} \cdot \text{с}} = \text{А}$$

Ҳалли он:

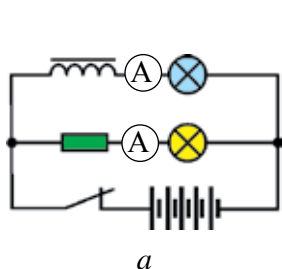
$$I = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{0,25 \cdot 0,2} \text{ А} = 0,1 \text{ А.}$$

Ҷавобаш: $I = 0,1 \text{ А.}$

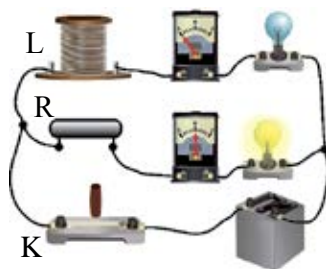
Мавзӯи 8. ХОДИСАИ ХУДИНДУКСИЯ. ҚЭҲ-и ХУДИНДУКСИЯ. ИНДУКТИВИЯТ

Чараёни аз ҳар гуна занҷир чорӣ шудаистодаро сели магнитии онро бурида гузаштаистода пайдо мекунад. Агар чараёни аз контур гузаштаистода тағйир ёбад, сели магнитии он ҳосилкарда ҳам тағйир меёбад. Дар натиҷа дар контур ҚЭҲ-и индуксия ҳосил мешавад. Ин ҳодиса *ҳодисаи худиндуксия* номида мешавад.

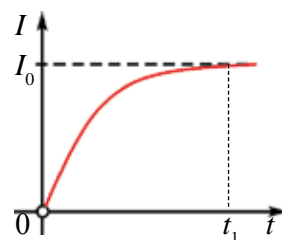
Дар расми 2.3-а расми занҷири электрикӣ, ки бо он ҳодисаи худиндуксияро мушоҳида кардан мумкин аст, оварда шудааст. Занҷир аз ду лампаи якхела, муқовимати R , ғалтаки печакҳояш бисёр, калит ва манбаи чараён иборат аст. Яке аз лампа ба воситаи ғалтаки дилаки оҳаниндор, дигаре бо муқовимати R ба манбаъ васл шудаанд. Калидро васл кунем, лампаи ба воситаи ғалтак пайваस्तшуда каме дертар, вале лампаи дуюми ба воситаи муқовимат R васлшуда ҳамон замон дармегирад (расми 2.3-б). Чунки, вақте калит васл мешавад, қувваи чараёни аз ғалтак чоришаванда дар давоми вақти t , аз сифр то I_0 тағйир меёбад (расми 2.3-в).



а



б



в

Расми 2.3.

Дар ин давр дар ғалтак чараёни индуксионии самташ муқобили манбаъи чараён ҳосилкарда ба вучуд меояд. Ана ҳамин сабабгори каме дертар даргирии лампаи якум мешавад.

Ҳамин тавр мавриди кандани калит ҳам лампаи дуюмӣ ҳамон замон хомӯш шуда, лампаи якум оҳиста хира гашта хомӯш мешавад.

Майдони магнитии ба вучуд орандаи чараён бо сели магнитӣ тавсиф карда мешавад. Сели магнитии андаруни ғалтак тавлидшуда ба кадом бузургиҳои физикӣ вобаста аст?

Тачрибаҳо ҳаминро нишон медиханд, ки сели магнитии ҳосилшуда: *якум*, ба чараёни аз ғалтак чорӣ шудаистода мутаносиби роста, яъне:

$$\Phi \sim I,$$

дуом, сели магнитии дар ғалтак пайдошуда ба андозаҳои геометрӣ (адади печакҳо, бурриши арзӣ, дарозӣ) ва ба мавҷудияти дилак вобаста будааст.

Натиҷаҳои таҷрибаро умумӣ кунонида ба хулосаи зерин меоем: майдони магнити офаридаи ноқили чараёндор ба қувваи чараёни аз он чорӣ шудаистода ва параметрҳои ғалтак ҳам вобаста будааст, яъне:

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

дар ин ҷо: L —коэффитсиенти пропорционалии ба ченакҳои геометрӣ ва хосиятҳои магнитии муҳити чойгирифта вобаста буда, индуктивияти ғалтак номида мешавад.

Дар СБВ воҳиди индуктивият ба шарафи олими амрикоӣ Ч. Ҳенрӣ, ки ҳодисаи худиндуксияро якумин шуда мушоҳида кардааст, *ҳенри* (H) қабул карда шудааст.

Дар асоси ифодаи (2-3) ифодаи қувваи электроҳаракатдихандаи худиндуксияи дар ғалтак тавлидшударо чунин менависем:

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

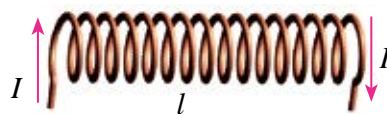
Аз ин ифода чунин хулоса бармеояд: **бузургии қувваи электроҳаракатдихандаи худиндуксия бар суръати ($\frac{\Delta I}{\Delta t}$) қувваи чараёни контур мутаносиби роста аст.**

Аз баробарии (2-4) маънои физикӣ ва воҳиди индуктивият (\mathcal{E} ки коэффитсиенти худиндуксия) чунин бармеояд: **мавриди**

суръати тағйирёбии қувваи ҷараён $1\frac{A}{c}$ будан, дар контур ҚЭХ-и худиндуксияи як вольт пайдо шавад, индуктивияти контур ба 1 Хн баробар мешавад, яъне:

$$1\text{Хн} = \frac{1\text{В}}{1\text{А}/c} = \frac{1\text{В} \cdot c}{1\text{А}}.$$

Индуктивияти ғалтак ё ки соленоиди дарозияш l , бурриши масоҳати арзиаш S , адади печакҳояш N -ро (расми 2.4) бо ёрии ифодаи зерин муайян карда мешавад:



Расми 2.4.

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

Дар ин ҷо: коэффитсиент μ_0 – собити магнитии вакуум буда, қимати ададии он ба $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Н}}{\text{А}^2}$ баробар аст. μ – нуфузпазирии магнитии муҳити дохили соленоид (дар бораи нуфузпазирии магнитии модда дар мавзӯи оянда муфассал суҳан меронем).

Ҳодисаи худиндуксияро ба ҳодисаи инерсия дар механика монанд кардан мумкин аст. Дар ҳодисаи инерсия массаи ҷисм ба ҷӣ гуна аҳамият соҳиб бошад, дар ҳодисаи худиндуксия индуктивият ҳам ба ҳамон аҳамият соҳиб аст. Яъне, агар масса ҷӣ қадар калон бошад, инертияти ҷисм ҳамон қадар калон; индуктивият ҷӣ қадар калон бошад, тағйирёбии ҷараёни занҷир ҳамон қадар суст (инерт) мешавад. Даргирии лампаи ба ғалтак пай дар пай васлшуда ва ҷараёни хомӯшшавии он бо оҳистагӣ, ки дар мисолҳои болоӣ дидем, бо суст чунбидани ҷисми инертияташ калон ва якбора аз ҳаракат боздоштани он номумкин буданаширо муқоиса кардан мумкин.



1. Ҷӣ гуна ҳодиса худиндуксия номида мешавад?
2. Занҷире кашед, ки ҳодисаи худиндуксия мушоҳида шавад, онро фаҳмонед.
3. Воҳиди коэффитсиенти худиндуксияро гӯед?
4. Ифодаи ҚЭХ-и худиндуксияро нависед ва онро фаҳмонида диҳед.

Намунаи ҳалли масъала

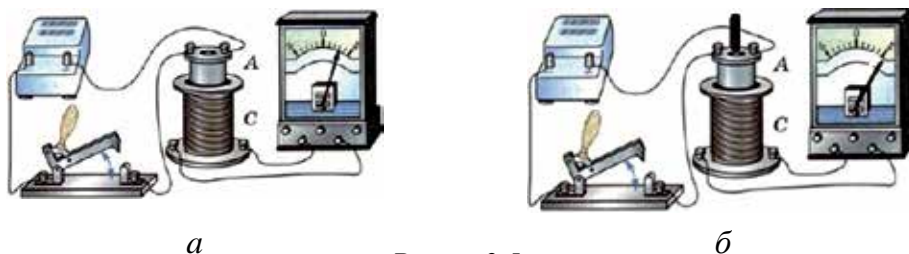
Мавриди мунтазам тағйирёбии чараёни ғалтак дар давоми 0,2 с аз сифр то 3 А дар он 1,5 В ҚЭҲ-и худиндуксия ҳосил шуда бошад, индуктивияти ғалтак ба чӣ баробар аст?

Дода шуда аст: $\Delta t = 0,2 \text{ с}$ $\Delta I = 3 \text{ А}$ $\mathcal{E}_{ин.} = 1,5 \text{ В}$	Формулаш: $\mathcal{E}_{ин.} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$ $ L = \frac{\mathcal{E}_{ин.} \cdot \Delta t}{\Delta I}$	Ҳалли он: $L = \frac{1,5 \text{ В} \cdot 0,2 \text{ с}}{3 \text{ А}} = 0,1 \text{ Ҳн.}$ Ҷавобаш: $L = 0,1 \text{ Ҳн.}$
Ёфтан лозим: $L = ?$		

Мавзӯи 9. ХОСИЯТИ МАГНИТИИ МОДДАҲО

Моддаҳои бисёр (масалан: оҳан, никел, кобалт ва ғ.) ба майдони магнитӣ ҷойгир карда шаванд ё, ки аз онҳо чараёни электрикӣ ҷорӣ шаванд, магнитнокшавии онҳо мушоҳида мешаванд. Онҳо чун магнит дар атрофи худ майдони магнитӣ меофаранд. Ин гуна моддаҳои бо таъсири майдони магнитӣ магнитнокшаванда **магнетикҳо** номида мешаванд.

Мо дар мавзӯи 2 майдони магнитии дар даруни ғалтак ҳосилшуда ба чараёни аз ғалтак ҷоришаванда мутаносиб буданашро дида будем. Бо мақсади ба майдони магнитии андаруни ғалтак офаридашуда баҳо додан таҷрибаи зерини намоиширо гузаронидан мумкин. Намуди умумии таҷҳизоти намоишӣ дар расми 2.5-а оварда шудааст. Таҷҳизоти намоишӣ аз манбаи чараён, ду ғалтак, дилакҳои аз моддаҳои гуногун тайёр кардашуда, амперметр ва калит иборат аст.



Расми 2.5.

Шиддати ғалтакро тағйир надода ба даруни он бо навбат дилакҳои металли табиаташон гуногунро дохил намуда таҷриба такрор карда шавад, боиси тағйирпазир будани индуксияи майдони магнитии дохили он гуногун майлхӯрии акрабаки галванометрро мебинем (расми 2.5-б).

Индуксияи майдони магнитии дар даруни ғалтак ҳосилшуда ба табиати моддаи дохили он намуда вобаста будааст, яъне:

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

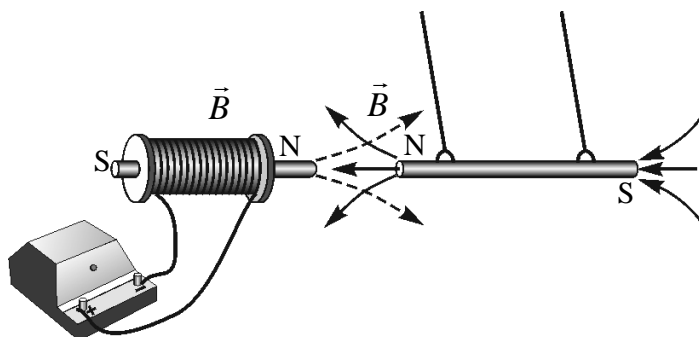
Аз ин рӯ, индуксияи (B) майдони магнитии дар ягон муҳит офаридаи ғалтаки чараёндор ба индуксияи (B_0) майдони магнитии дар вакуум офаридаи он мутаносиби роста буда, ба намуди муҳит (μ) ҳам вобастааст. Аз ифодаи (2-6) μ -ро ёбем:

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

Дар ин баробарӣ μ -нуфузпазирии магнитии муҳит номида мешавад. Вай фақат ба табиати муҳит вобаста буда, индуксияи майдони муҳит аз индуксияи майдони магнитӣ дар вакуум чанд баробар тафовут доштанаширо мефаҳмонад.

Моддаҳои дар табиат мавҷудбуда аз рӯи нуфузпазирии магнитиашон ба се намуд чудо мешаванд. Онҳо: **диамагнетикҳо**, **парамагнетикҳо** ва **ферромагнетикҳо**.

Моддаҳои, ки нуфузпазирии диэлектрикиашон аз як хурд аст ($\mu < 1$) диамагнетикҳо номида мешаванд. Тилло, нукра, мис, руҳ ва баъзе газҳо диамагнетиканд. Диамагнетикҳои ба майдони магнитӣ дохил кардашуда онро заиф мегардонанд. Ба ин гуна моддаҳо майдони магнитиро наздик орем, аз майдон дур мешаванд (расми 2.6).



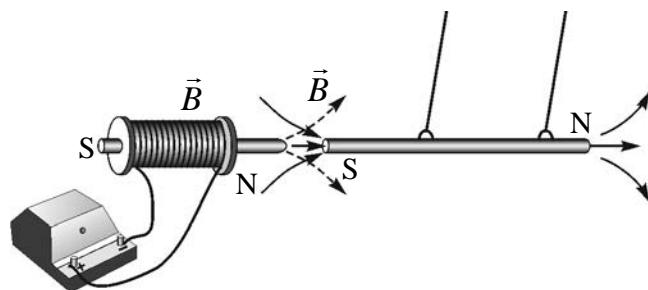
Расми 2.6.

Моддаҳои нуфузпазирии магнитиашон аз як каме калонбуда ($\mu > 1$) **парамагнетикҳо** номида мешаванд.

Ба парамагнетикҳо моддаҳои чун платина, алюминий, хром, марганетс, оксиген дохил мешаванд. Парамагнетикҳои ба майдони магнитӣ дохил кардашуда майдонро қисман пурзӯр мекунанд.

Моддаҳои нуфузпазирии магнетиашон аз як басо калонбуда ($\mu \gg 1$) **ферромагнетикҳо** гуфта мешаванд. Оҳан, никел, кобалт ва баъзе хӯлаҳои онҳо ферромагнетикҳоанд. Ферромагнетикҳои ба майдони магнитӣ дохил кардашуда онро бағоят пурқувват мекунанд.

Ҷисмҳои аз ин гуна моддаҳо сохташуда ба майдони магнитӣ дохил кунем, онҳо ба майдон наздик мешаванд (расми 2.7).



Расми 2.7.

Фермагнетикҳо дар табиат он қадар бисёр набошанд ҳам, онҳо дар техникаи замони ҳозира васеъ истифода мешаванд. Масалан, дилакҳои трансформатор, генератори чараён, муҳаррик ва таҷҳизотҳоро аз масолеҳи ферромагнитӣ месозанд. Вақтҳои охир магнитҳои доимӣ ҳам дар тиббиёт васеъ истифода шуда истодаанд. Аз онҳо ба сифати асбоби пасткунандаи фишори хун, ки ба банди даст меандозанд, тайёр мекунанд.

- ❓
1. Магнетикҳо гуфта чиро мегӯянд?
 2. Маънои физикии нуфузпазирии магнитиро фаҳмонед.
 3. Моддаҳои мавҷуди табиат аз ҷиҳати нуфузпазирии магнитӣ ба чанд намуд ҷудо мешаванд?
 4. Оиди истифодаи ферромагнетикҳо дар техника мисолҳо оваред.

Намунаи ҳалли масъала

Ба ғалтаги бедилаки индуксияи майдони магнетиаш 0,50 Тл ферромагнети нуфузпазирии магнетиаш 60 дохил карда шуд. Дар андаруни ғалтак индуксияи майдони магнитӣ чӣ қадар тағйир меёбад?

Дода шуда аст:	Формулааш:	Ҳалли он:
$B_0 = 0,50$ Тл	$B = \mu \cdot B_0$	$\Delta B = (60 \cdot 0,5 - 0,5) \text{Тл} = (30 - 0,5) \text{Тл} = 29,5$ Тл.
$\mu = 60$	$\Delta B = \mu \cdot B_0 - B_0$	
Ёфтани лозим:		Ҷавобаш: $\Delta B = 29,5$ Тл.
$\Delta B = ?$		

Мавзӯи 10. ЭНЕРГИЯИ МАЙДОНИ МАГНИТӢ

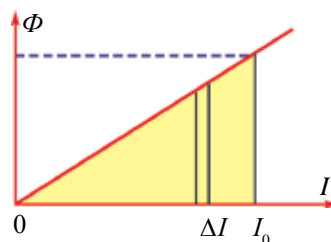
Ҳамчун ҷисмҳои заряднок соҳиби энергияи майдони электрикӣ будан, майдони магнитии дар атрофи ноқили ҷараёндор пайдошуда ҳам дорои энергия аст. Ҳисобкунии энергияи майдони магнитиро бо мисоли поёнӣ дида мебароем. Ғалтаки индуктивияташ L ба манбаъи ҷараён ба воситаи реостат пай дар пай васл шуда бошад (расми 2.8).

Як қисми энергияи ҷараёни аз ғалтак ҷорӣ буда ба офаридани майдони магнитӣ сарф мешавад. Дар асоси қонуни бақои энергия энергияи ҷараён ҳосил намуда ба кори ҳосилкунии сели индуксияи магнитӣ сарфшуда баробар буданаширо ифода мекунад, яъне:

$$W = A.$$



Расми 2.8.



Расми 2.9.

Савораки реостатро лағҷонида ҷараёни аз ғалтак ҷориро мунтазам зиёд мекунем. Сели магнитии ($\Phi = L \cdot I$) офаридаи ғалтак ба ҷараёни аз ғалтак ҷорӣ шудаистода мутаносиби роста, яъне баробари афзудани ҷараён сели магнитӣ ҳам хаттӣ меафзояд (расми 2.9). Маънои геометрии масоҳати секунҷаи дар расм овардашуда кори иҷрошударо эзоҳ медиҳад. Қимати ададии ин масоҳат:

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

Дар ин ҳол формулаи ҳисобкунии энергияи майдони магнитии дар атрофи ноқили ҷараёндор ҳосилшуда намуди зайл мегирад:

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

Бинобар ин энергияи майдони магнитии контури ҷараёндор ба нисфи ҳосили зарби индуктивият ва квадрати қувваи ҷараёни аз контур ҷорӣ баробар аст.

Аз (2-9) намоён аст, ки ифодаи энергияи майдони магнитии ҷараёнро бо ифодаи энергияи кинетикии ҷисми ҳаракатнок $\left(E_k = \frac{m \cdot v^2}{2} \right)$ муқоиса

намуда, индуктивият бузургии физикийи ба масса дар механика монанд буданашро мебинем. Чун гуфтаҳои болой массаи ҷисм дар тағйироти суръати он чӣ гуна рол бозад, индуктивият ҳам дар тағйирёбии қувваи ҷараён ҳамин гуна рол мебозад.

Қисми асосии электромагнитро ғалтаки соленоид ташкил мекунад. Дилаки ферромагнитии андаруни соленоид дохилкарда индуктивияти онро якбора зиёд мекунад. Дар натиҷа дар атрофи ғалтаки электромагнит ҳам майдони магнитӣ пурзӯр мешавад ва он борҳои вазнинро ҳам бо осонӣ мебардорад.

Дар атрофи ғалтаки ҷараёндор ҳосилшавии майдони магнитиро асос намуда, кранҳои электромагнитии борбардор дар соҳаҳои гуногуни хоҷагии халқ васеъ истифода мешаванд (расми 2.10).



Расми 2.10.



1. Сарфи энергияи ҷараёни аз ғалтак ҷоришавандаро фаҳмонед.
2. Сели магнитии дар ғалтак ҳосилшуда ба кадом бузургӣҳо вобаста аст?
3. Ба энергияи майдони магнитӣ эзоҳ доҳед.
4. Чи гуна таҷҳизоти аз ҳисоби энергияи майдони магнитӣ коркунандаро медонед?

Намунаи ҳалли масъала

Барои энергияи майдони магнитӣ 4 мҶ буданаш, қувваш ҷараён дар печакҳол ғалтаки индуктивияташ 0,2 Ҳн бояд чӣ гуна бошад?

Дода шуда аст:

$$W = 4 \text{ мҶ} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ Ҷ}$$

$$L = 0,2 \text{ Ҳн}$$

Ёфтаг лозим:

$$I = ?$$

Формулааш:

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

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

$$[I] = \sqrt{\frac{\text{Ҷ}}{\text{Ҳн}}} = \text{А}$$

Ҳалли он:

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

Ҷавобаш: $I = 0,2 \text{ А.}$



Супориши амалӣ. Ин таҷрибаро худатон гузаронида бинед ва чараёни физикийи рӯйдодхоро фаҳмонед.



Машқи 2.

1. Сели магнитии контурро дар давоми 0,4 с бурида гузаранда аз 5 Вб то 13 Вб мунтазам тағйир ёфт. ҚЭҲ-и индуксияи дар майдон ҳосилшударо ёбед. (*Ҷавобаш:* 20 В)

2. Сели магнитӣ дар дохили ғалтак, ки 250 печак дорад, дар давоми вақти 0,4 с ба 2 Вб тағйир ёфт. ҚЭҲ-и индуксияи дар ғалтак пайдошударо ёбед. (*Ҷавобаш:* 1250 В)

3. Ҳангоми суръати тағйироти сели магнитӣ 0,15 Вб/с будан, дар ғалтак 120 В (ҚЭҲ) ҳосил шавад, ғалтак чӣ қадар печак дорад? (*Ҷавобаш:* 800 то)

4. Мавриди кувваи чараён 0,6 А будан дар ғалтаки индуктивияташ 80 мҲн чӣ гуна сели магнитӣ ҳосил мешавад? (*Ҷавобаш:* 48 мВ)

5. Аз ғалтаки индуктивияташ 0,8 Ҳн ва бурриши арзиаш 200 см² чараёни 2 А чорӣ аст. Агар ғалтак аз 50 печак иборат бошад, индуксияи майдони магнитии дохили ғалтак чӣ қадар аст? (*Ҷавобаш:* 1,6 Тл)

6. Дар ғалтаки индуктивияташ 2 Ҳн барои қимати ҚЭҲ-и худиндуксия 36 В шуданаш суръати тағйирёбии чараёни аз ғалтак чорӣ шудаистода чӣ қадар шуданаш лозим аст? (*Ҷавобаш:* 18 А/с)

7. Индуксияи майдони магнитии ғалтаки бедилак 25 мТл аст. Агар дилаки ферромагнитии нуфузпазирии магнитиаш 60 ро андаруни ғалтак кунем, индуксияи майдони магнитии ғалтак чӣ қадар мешавад? (*Ҷавобаш:* 1,5 Тл)

8. Индуксияи майдони магнитии ғалтаки чараёндор 20 мТл аст. Дилаки ферроманитиро андаруни ғалтак кунем, индуксияи майдони магнитии дар он ҳосилшуда ба 180 мТл меафзояд. Нуфузпазирии магнитии дилаки ба ғалтак дохилкардаро ёбед? (*Ҷавобаш:* 10)

9. Аз ғалтаки радиусаш 2 см чараёни 3 А чорӣ аст. Ба дохили ғалтак дилаки ферромагнитии нуфузпазири магнитиаш 20 чойгир кунем,

индуксияи майдони магнитии ғалтак чӣ гуна мешавад? Микдори печакҳои ғалтак 150 то аст. (Ҷавобаш: 0,28 Тл)

10. Аз соленоид 2,5 А ҷараён гузарад, дар он 0,8 мВб сели магнитӣ ҳосил шавад, энергияи майдони магнитиро ёбед. (Ҷавобаш: 2,5 мҶ)

11. Аз ғалтаки индуктивияташ 5 мГн ҷараёни 0,4 А ҷорист. Энергияи майдони магнитии ғалтакро ёбед. (Ҷавобаш: 4 мҶ)

12. Ҳангоми аз ғалтак ҷорӣ шудани 3 А ҷараён энергияи майдони магнитии он 60 мҶ бошад, индуктивияти ғалтак ба чӣ баробар аст? (Ҷавобаш: 90 мҲн)

САВОЛҲОИ ТЕСТӢ ОИДИ ҶАМЪБАСТИ БОБИ II

1. Ҳодисаи индуксияи электромагнитиро кӣ кашф намудааст?
А) Ампер; В) Эрстед; С) Фарадей; D) Ленс.
2. Воҳиди ҚЭҲ-и индуксияро нишон диҳед.
А) Тл/с; В) Вб/с; С) Ҳн; D) А/с.
3. Самти ҷараёни индуксионӣ аз тарафи кӣ кашф карда шудааст?
А) Ампер; В) Эрстед; С) Максвелл; D) Ленс.
4. Адади печакҳои ғалтак 4 маротиба зиёд шавад ҚЭҲ-и индуксия чӣ хел тағйир меёбад?
А) 2 маротиба меафзояд; В) 4 маротиба меафзояд;
С) 4 маротиба кам мешавад; D) 2 маротиба кам мешавад.
5. Сели магнитии аз контур гузашта истода дар давоми 0,3 с аз 15 то 12 Вб мунтазам кам шуда бошад, ҚЭҲ-и индуксияи дар контур тавлидшударо ёбед (В).
А) 10; В) 9; С) 4,5; D) 5.
6. Сели магнитии ғалтаки аз 150 печак иборатбуда дар давоми 0,5 с ба 15 мВб тағйир ёфта бошад, дар он ҚЭҲ-и индуксияшударо ёбед (В).
А) 10; В) 5; С) 9; D) 4,5.
7. Суръати тағйирёбии сели магнитӣ 120 мВб/с бошад, дар он ҚЭҲ-и индуксияи 30 В тавлид мешавад. Адади печакҳои ғалтакро ёбед?
А) 200; В) 250; С) 400; D) 500.
8. Ҷараёни ғалтак дар бадали 0,4 с ба 5 А тағйир ёбад, ҚЭҲ-и индуксияи 15 В ба вуҷуд меояд. Индуктивияти ғалтак ба чӣ баробар аст (Ҳн)?
А) 1,2; В) 2,5; С) 4; D) 1,5.
9. Мавриди қувваи ҷараён 0,8 А будан дар ғалтак сели магнитии 240 мВб пайдо шуд. Индуктивияти ғалтак ба чӣ баробар аст (Ҳн)?
А) 1,2; В) 0,4; С) 0,3; D) 0,5.

10. Нуфузпазирии магнитии моддаҳои парамагнитӣ чӣ гуна мешавад?
 A) $\mu > 1$; B) $\mu \gg 1$; C) $\mu < 1$; D) $\mu = 1$.
11. Дилаки ферромагнитии андаруни ғалтак чойгиркарда кадом вазифаро иҷро мекунад?
 A) майдони магнитиро пурзӯр мекунад;
 B) майдони электрикиро пурзӯр мекунад;
 C) майдони электрикиро заиф мекунад;
 D) майдони магнитиро заиф мекунад.
12. Ба ғалтаки бедилаки индуксияи майдони магнитиаш 80 мТл дилаки ферромагнитии нуфузпазирии магнитиаш 25 дохил карда шуд. Дар ғалтак чӣ гуна индуксияи майдони магнитӣ тавлид мешавад (Тл)?
 A) 1,2; B) 4; C) 2; D) 3,6.
13. Сели магнитии аз контури муқовиматаш 0,04 Ом дар муддати 0,6 с гузаранда ба 0,012 Вб тағйир ёбад, қувваи ҷараёни дар контур ҳосилшуда ба чӣ баробар аст? (А).
 A) 0,5; B) 1,5; C) 3; D) 0,4.
14. Аз ғалтаки индуктивиятаи 30 мҲн ҷараёни 0,8 А ҷорист. Энергияи майдони магнитии ғалтакро ёбед (мҶ).
 A) 1,2; B) 4; C) 2; D) 9,6.
15. Аз ғалтак ҳангоми ҷорӣ шудани 2 А ҷараён энергияи майдони магнитии он 40 мҶ бошад, индуктивияти он ба чӣ баробар аст (мҲн)?
 A) 20; B) 40; C) 25; D) 10.

Мафҳум, қоида ва қонунҳои дар боби II омӯхташуда

Ҳодисаи индуксияи электромагнитӣ	Бо туфайли тағйирёбии сели магнитӣ дар контури сарбастии дар ҳамин майдон чойгирифта тавлидшавии ҷараён.
Қонуни индуксияи электромагнитӣ	Мавриди тағйирёбии сели магнитии контури сарбастро бурида гузаранда пайдошавии ҷараёни электрикӣ.
Қонуни индуксияи электромагнитӣ	ҚЭҲ-и индуксияи электромагнитии дар контури сарбаст ҳосилшуда аз ҷиҳати ададӣ ба тағйирёбии сели магнитии ҳамин контурро бурида гузашта баробар буда, аз ҷиҳати ишора муқобил аст: $\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$.

Қоидаи Ленс	Чараёни индуксионии дар занчири сарбаст тавлидшуда ҳамин тавр самт дорад, ки вай бо майдони магнитии худ ба тағйирёбии сели магнитии ҳамин чараёнро ба вучудоранда монеъгӣ нишон медиҳад.
Сели магнитии ноқили чараёндор ҳосилкарда	Сели магнитии (Φ) ноқили чараёндор ҳосилкарда ба чараёни аз он чоришаванда ва индуктивияти ноқил (L) вобаста аст: $\Phi = L \cdot I$.
Воҳиди индуктивият	Мавриди суръати тағйирёбии қувваи чараён $1 \frac{\text{А}}{\text{с}}$ будан дар контур ҚЭХ-и худиндуксияи як волт пайдо шавад, индуктивияти контур ба 1 Ҳн баробар мешавад.
ҚЭХ-и худиндуксия	$\mathcal{E} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$ бузургии қувваи электроҳаракатдиҳандаи худиндуксия бар суръати ($\frac{\Delta I}{\Delta t}$) қувваи чараёни контур мутаносиби роста аст.
Магнетикҳо	Моддаҳои бо таъсири майдони магнитии беруна ба магнит табдилёбанда.
Нуфузпазирии магнитӣ	Ба табиати муҳит вобаста буда, нисбати индуксияҳои майдони магнитӣ дар муҳит ва дар вакуумро нишон медиҳад.
Диамангнетикҳо	Моддаҳои нуфузпазирии магнетиашон аз як хурд ($\mu < 1$).
Парамагнетикҳо	Моддаҳои нуфузпазирии магнетиашон аз як каме калон ($\mu > 1$).
Ферромагнетикҳо	Моддаҳои нуфузпазирии магнетиашон аз як басо калон ($\mu \gg 1$). Онҳо ҳосияти пурзӯркунии майдондоранд.
Энергияи майдони магнитӣ	$W_m = \frac{L \cdot I^2}{2}$ Энергияи майдони магнитии чараён ба нисфи ҳосили зарби индуктивияти контур ва квадрати қувваи чараёни аз он қорӣ буда баробар аст.

Боби III.

ЛАПШИШҲОИ ЭЛЕКТРОМАГНИТӢ

ОҒОЗ

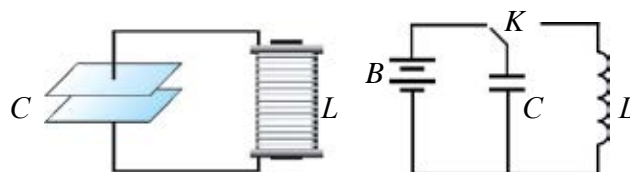
Мо дар шаҳр ва дехоти гуногуни республикаи чонамонамон зиндагӣ дорем. Онҳо аз пойтахт дар дурии садҳо ва ҳазорҳо километр ҷойгиранд. Онҳо новобаста аз якдигар дур ҷойгир бошанд ҳам аз муваффақиятҳои якдигар ҳамеша бохабарем. Бидуни ин, мо аз воқеаҳои дунё ҳам хабардорем. Ин хабарҳоро мо аз намоишҳои телевизор, радиошунавонӣ, телефон бештар медонем. Хӯш, ин хабарҳоро аз гӯшаҳои гуногуни дунё ба телевизорамон, радиоҳоямон, телефони мобилиамон чӣ гирифта меояд?

Нақли нутқ, овоз, тасвир ё ахборотҳои дигар ба масофаҳои дур дар намуди сигналҳои электромагнитӣ *телекоммуникация* номида мешавад. Ба воситаи ноқилҳои нақли ахборотҳоро дар намуди сигналҳои электронӣ ихтироҷиёни англис У. Кук ва Ч. Уитстонҳо соли 1837 ихтироъ кардаанд. С. Морзеи америкой ки касби асосиаш расом буд, фикр карда илочи фиристонидани хабарро бо алфавити махсуси аз нуқта ва тиреҳо иборат меёбад. Ин усулро дар тамоми дунё ба истофодабарӣ сар намуданд. Соли 1876 А.Г. Белл телефонро ихтироъ намуд. Дар вақти ҳозира ба хонадонамон ва муассисаҳо телефонҳо бо симҳои металлӣ бо стансияи васл шуда бошанд, байни давлатҳо ва шаҳрҳо стансияҳои телефонӣ бо кабелҳои нахҳои оптикӣ (шуоълӯла) васл шудаанд. Ба воситаи ин гуна кабелҳо хабарҳо бо ёрии нури лазерӣ нақл карда мешавад. Ба воситаи як ҷуфт кабел дар як вақт 6000 абонентҳои телефон гуфтугӯӣ карданашон мумкин. Бидуни ин, радиоприёмникҳо ва телевизорҳои мо бе сим ахборотҳоро мегиранд. Бо телефони дастӣ бе сим ивази ахбор мекунем. Ин ахборот ба воситаи мавҷҳои электромагнитӣ нақл мешаванд.

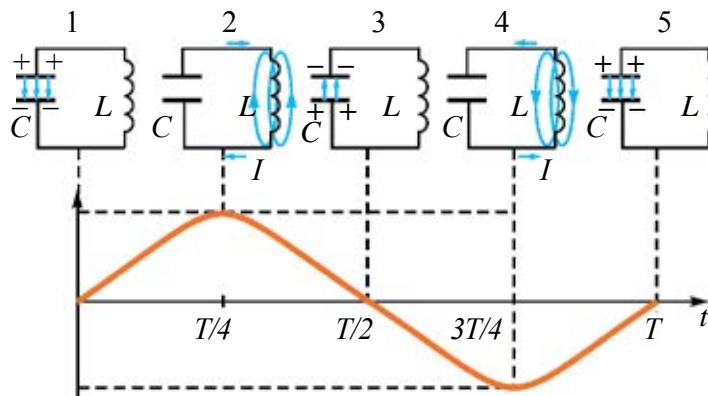
Тасвир ва овозҳои телевизор, радиоприёмникҳо ва телефони дастӣ, ки ба воситаи хабарҳо меоянд, чӣ хел ҳосил мешаванд? Ба ин суолҳо, Шумо хонандагони азиз, дар боби мазкур ҷавоб меёбед.

Мавзӯи 11. ЛАППИШҲОИ (ЛАРЗИШҲОИ) ЭЛЕКТРОМАГНИТИИ ОЗОД (КОНТУРИ ЛАППИШ). ТАҒЙИРЁБИИ ЭНЕРГИЯ ДАР КОНТУРИ ЛАППИШ

Лаппишҳои оддии электромагнитиро дар занҷири электрикии аз конденсатор ва ғалтаки индуктивият иборат ҳосил кардан мумкин. Занҷири электрикии аз конденсатор, ғалтаки индуктивият, манбаи ҷараёни доимӣ ва калит (басту кушо) иборатро тартиб медиҳем (расми 3.1). Дар ин ҳол барои соддатар намудан муқовимати занҷири электрикиро ба ҳисоб намегирем. Калит ба тарафи чап васл шавад, рӯяҳои конденсатор C аз батарея заряд мегирад. Дар ин ҳол дар байни рӯяҳои конденсатор майдони электрикии энергияш максимал $W_3 = \frac{q_M^2}{2C}$ тавлид мешавад. Сипас, калитро ба тарафи рост васл мекунем, конденсатори заряднок бо ғалтак L васл мегардад. Ҷараёни ояндаро муфассал дида мебароем (расми 3.2).



Расми 3.1.



Расми 3.2.

Боиси рӯи болоии конденсатор мусбат, рӯи поёни манфӣ заряднок шуданаш манбаи ҷараён шуда менамояд (ҳолати 1). Дар натиҷа аз рӯи мусбат ба воситаи ғалтак ба тарафи рӯи манфӣ зарядҳо мекӯчанд, яъне ҷараён ба вучуд меояд. Дар атрофи ин ҷараён майдони магнитӣ ба

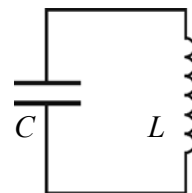
вучуд меояд. Ин чараён бо сабаби индуктивияти ғалтак бо оҳистагӣ зиёд шуда, ба қимати максималии худ мерасад (назар ба графики расм кунед). Майдони магнитии дар атрофи чараёни аз ғалтак чорӣ шудаистода ҳам афзоянда мешавад (ҳолати 2). Дар ин ҳол энергияи майдони электрикии байни рӯяҳои конденсатор то сифр кам мешавад. Энергияи майдони магнитии атрофи ғалтак афзуда ба қимати максималии худ $W_m = \frac{LI_m^2}{2}$ мерасад. Аз мавзӯҳои пештара маълум аст, ки дар асоси ҳодисаи индуксияи электромагнитӣ дар ғалтаки дар майдони магнитии тағйирёбанда ҷойгирбуда шиддати индуксионӣ тавлид мешавад. Қувваи чараён кам шуда рафта, шиддати индуксионӣ конденсаторро нисбат ба пешина бо ишораи баръакс заряднок мекунад (ҳолати 3). Конденсатори заряднок боз аз сари нав дар ғалтаки индуктивият чараён ҳосил мекунад (ҳолати 4). Ин чараён ҳам афзоянда буда, майдони магнитии тавлидкардаи он дар ғалтак шиддати индуксиониро ба вучуд меорад. Чараён кам шуда рафта, конденсатор аз ҳисоби шиддати электрикӣ аз нав заряднок мешавад (ҳолати 5). Дар ҳолати 5 ва ҳолати 1 ишораи зарядҳои конденсатор як хел. Бинобар ин чараёнҳои оянда дар пайдарпаии пешина давом меёбад.

Аз чараёнҳои дидашуда хулосаҳои зерин бармеояд:

1. Дар занчири аз конденсатор ва ғалтаки индуктивият иборатбуда, як маротиба аз манбаи чараёни доимӣ заряди ба конденсатор додашуда, дар занчири сарбаст чараёни тағйирёбанда ҳосил мекунад.

2. Энергияи дар ибтидо аз манбаъ гирифта ба сифати энергияи майдони электрикии байни рӯяҳои конденсатор чамъ шавад, сонитар ба энергияи майдони магнитии атрофи ғалтак табдил меёбад. Сипас энергияи майдони магнитӣ ба энергияи майдони электрикӣ ва ҳоказо, яъне бо равиши даврӣ табдил ёфта меистад.

Дар синфи 10 ҳар гуна чараёни такрорёбанда лаппиш номида мешуд. Бинобар ин, чараёни дар занчири аз конденсатор ва ғалтак иборат рӯйдиханда дорои характери даврист. Инро **лаппишҳои электромагнитӣ** мегӯянд. Занчири сарбастии аз ғалтак (L) ва конденсатор (C) иборат, ки дар он лаппишҳои электромагнитӣ тавлид мешавад **контури лаппиш** номида мешавад (расми 3.3).



Расми 3.3.

Формулаи муайянкунии даври (басомади) лаппишҳои электромагнитии дар контури лаппиш тавлидшуда аз тарафи физики англис У. Томсон аниқ қарда шудааст.

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

Дар ин чо: T –даври лаппишҳо бо сония, ν –басомади лаппиш бо $\frac{1}{c} = 1$ Ҳз чен карда мешавад.

Дар контурҳое, ки лаппишҳои электромагнитӣ рӯй медиҳанд бо равиши даврӣ энергияи майдони электрикӣ ба энергияи майдони магнитӣ ва баръакс рӯй медиҳанд. Дар контури лаппиши идеалӣ аз набудани сарфи энергия лаппишҳо хомӯш намешаванд. Энергияи пурра коҳиш намеёбад ва қимати он дар лаҳзаҳои дилхоҳ баробари зайл аст:

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

Дар ин: L –индуктивияти ғалтак, C –ғунҷоиши конденсатор, i ва I_m –қиматҳои лаҳзавӣ ва максималии. Қувваи ҷараён, q ва q_m – мувофиқан қиматҳои лаҳзавӣ ва максималии заряди конденсатор.

Дар контури лаппиш ҳодисаи энергияи майдони электрикии конденсатор ба энергияи майдони магнитии ғалтак ва баръакс, энергияи майдони электрикии конденсатор табдил ёфта истоданаширо бо энергияи потенциалии пружинаи ёзида дар раққосаки пружинӣ ба энергияи кинетикии бор ва баръакс даврӣ табдил ёфта истоданаширо муқоиса кардан мумкин. Дар асоси ин, монандии байни параметрҳои лаппишҳои механикӣ ва электрикиро дар ҷадвали зерин меоварем.

Бузургҳои механикӣ	Бузургҳои электрикӣ
x –координата	q –заряд
v –суръат	i –қувваи ҷараён
m –масса	L – индуктивият
k –сахтии пружин	$1/C$ –бузургии чаппаи ғунҷоиш
$kx^2/2$ –энергияи потенциалӣ	$q^2/(2C)$ –энергияи майдони электрикӣ
$mv^2/2$ –энергияи кинетикӣ	$Li^2/2$ –энергияи майдони магнитӣ

Таъкид намудан ҷоиз, ки лаппишҳои электромагнитӣ ва механикӣ дорои табиати гуногун бошанд ҳам, бо муодилаҳои монанд ифода меёбанд.

Намунаи ҳалли масъала

1. Ғунҷоиши конденсатори контури лаппиш 10^{-5} Ф, индуктивияти ғалтак 0,4 Ҳн. Шиддати максималии конденсатор ба 2 В баробар аст. Даври лаппишҳои хусусии контури лаппиш ва энергияи максималии контурро ёбед.

Дода шуда аст: $C = 10^{-5} \text{ Ф}$ $L = 0,4 \text{ Хн}$ $U = 2 \text{ В}$	Формулааш: $T = 2\pi\sqrt{LC}$ $W = \frac{q^2}{2C} = \frac{CU^2}{2}$	Ҳалли он: $T = 2 \cdot 3,14 \sqrt{0,4 \cdot 10^{-5}} \text{ с} =$ $= 6,28 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ с} = 0,01256 \text{ с.}$ $W = \frac{10^{-5} \cdot 2^2}{2} \text{ Ҷ} = 20 \text{ мкҶ.}$ Ҷавобаш: 0,01256 с, 20 мкҶ.
Ёфтан лозим: $T - ?$ $W - ?$		



1. Дар ҳолати расми 3–3 энергияи контур дар қучо чамъ омадааст?
2. Дар контури лапшиш лапшишҳо чӣ тавр ба вуҷуд меоянд?
3. Басомади лапшишҳои электромагнитии дар контури лапшиш тавлидшуда ба индуктивияти ғалтак чӣ гуна вобастагӣ дорад?

Мавзӯи 12. ТАСВИРКУНИИ ЛАПШИШҲО БО ТАРЗИ ГРАФИКӢ. ЛАПШИШҲОИ ЭЛЕКТРОМАГНИТИИ ХОМӢШШАВАНДА

Барои ҳосил кардани лапшишҳои электромагнитии дар контури лапшиш тавлидшаванда, ки мо дида баромадем, дар ҳолати ибтидоӣ, $t_0 = 0$ ба конденсатор заряди q_m дода шуда, пас аз он ба система аз берун ягон ҳел таъсир нишон намедиханд. Лапшишҳое, ки дар ҳолати набудани таъсири беруна тавлид шудаанд **лапшишҳои озод** номида мешаванд.

Аз монандии муодилаҳои лапшишҳои механикии дар синфи 10 омӯхташуда ва лапшишҳои электромагнитӣ тағйирёбии заряд дар конденсаторро чун зайл менависем:

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

$U = q/C$ буданаширо ба ҳисоб гирифта барои тағйирёбии шиддати конденсатор ифодаи

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

ро гирифтани мумкин. Қувваи чараён дар ғалтак бо қонунияти

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

аниқ қарда мешавад.

Бузургиҳои физикие, ки бо гузашти вақт дар асоси қонуни синус ё косинус даврӣ тағйир меёбад **лапшишҳои гармоникӣ** номида мешавад.

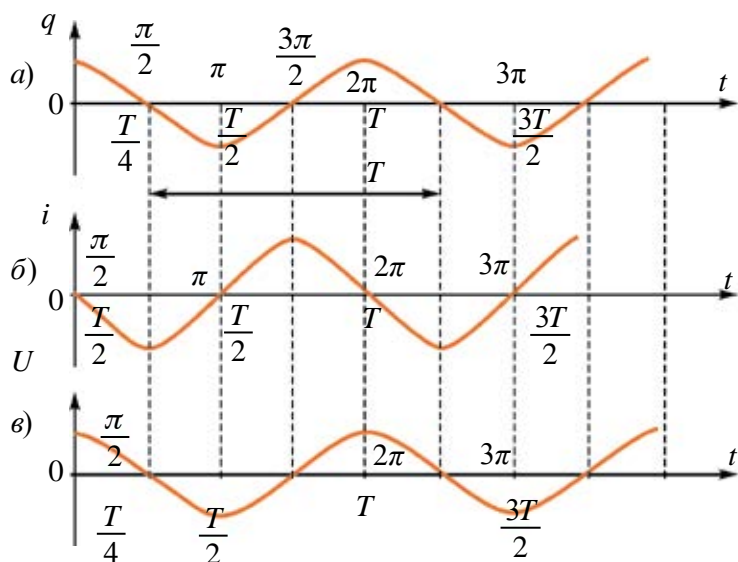
Модули қимати аз ҳама калонтарини бузургии лапшишноқ **доманаи лапшиш** ё қимати доманавӣ номида мешавад.

Дар лапшишҳои механикӣ домана ба майли калонтарини ҷисм аз ҳолати мувозинатӣ, дар лапшишҳои электромагнитӣ бошад ба қимати калонтарини заряди электрикӣ (q_m) рӯяҳои конденсатор баробар аст.

Барои тасвир намудани вобастагии бузургиҳои лапшишҳои гармоникӣ ба нисбати вақт усули графикӣ мақбул аст.

Вобастагии заряд, шиддат ва қувваи ҷараёни лапшишҳои электромагнитӣ нисбат ба вақтро мекашем. Барои ин аз муодилаҳои (3–3), (3–4) ва (3–5) -и ин бузургиҳо истифода мебарем. Ин муодилаҳоро муқоиса намуда, лапшишҳо аз якдигар бо ғеҷиши фаза тафовут доштаро дидан мумкин.

Графики муодилаҳои болоиро мекашем. Ба таҳти тири абсисса вақти бо қисмҳои давр ифодаёфта, ба болои он фазаи лапшиши ба он мувофиқоянда гузошта шудааст. Ба тирҳои ордината бузургиҳои тааллуқдор q , i ва U гузошта шудаанд (расми 3.4).



Расми 3.4.

Дар ин график масштаб маълум бошад, аз тири абсисса давр (вақт), аз тири ордината доманаи бузургии лапшишноқ ё қимати лаҳзагии онро

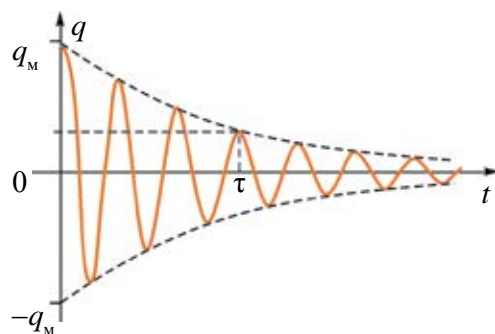
аниқ кардан мумкин. Бидуни ин гечиши фазаҳоро ҳам бо муқоисакунии график ёфтан мумкин. Масалан, заряд ва шиддат дар рӯяҳои конденсатор мавриди максималӣ будан қувваи ҷараён баробари сифр аст.

Лаппишҳои қувваи ҷараёни контур аз ҷиҳати фаза аз лаппишҳои заряд ба $\frac{\pi}{2}$ пеш меравад. Заряд ва шиддат дар фазаи якхела тағйир меёбанд.

Чун гуфтаҳои болоӣ лаппишҳои дар контури лаппиши идеалӣ тавлидшуда хомӯш намегарданд. Дар контури реалӣ аз R баробари сифр набудан энергияи электрикӣ ба гармӣ мубаддал гашта, домани лаппишҳо бо мурури вақт кам шуда меравад (расми 3.5).

Ин гуна лаппишҳо *лаппишҳои хомӯшшаванда* номид мешаванд.

Ҳаминро таъкид намудан ҷоиз, ки муқовимати контур чӣ қадар калон бошад дар $Q = FRt$ ҳамон қадар зиёд энергия сарф мешавад. Бо афзудани муқовимати ноқил даври лаппиш ҳам меафзояд. Бинобар ин лаппишҳои хомушшаванда лаппишҳои гармоникӣ намешудааст.



Расми 3.5.

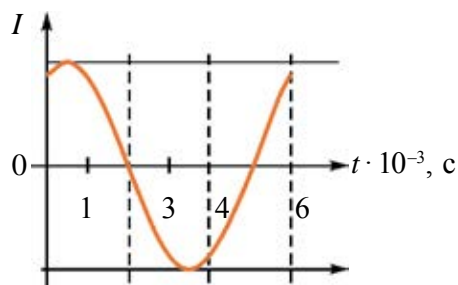
Лаппишҳои хомӯшшаванда ба лаппишҳои ғайридаврӣ тааллуқ дорад. Боиси муодилаҳои онҳо ба воситаи муодилаҳои дифференциалӣ ифода шуданашон масъалаи мураккаб меҳисобанд. Бо ин сабаб ҳалли онҳоро наоварда, бо овардани графики онҳо маҳдуд мешавем.

Намунаи ҳалли масъала

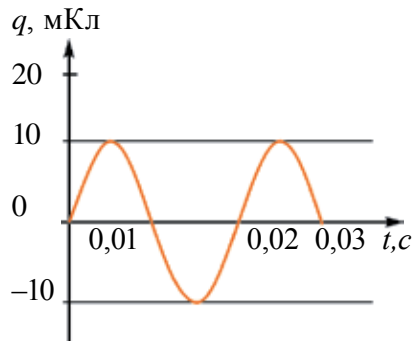
1. Дар расм тағйироти ҷараёни контури лаппиш оварда шудааст. Дар фосилаҳои вақти $2 \cdot 10^{-3}$ с ва $3,5 \cdot 10^{-3}$ с тағйироти энергияро шарҳ диҳед.

Ҳалли он: Дар асоси графики овардашуда қувваи ҷараёни аз ғалтак чоришаванда дар фосилаи вақти $2 \cdot 10^{-3}$ с ва $3,5 \cdot 10^{-3}$ с афзуда, ба қимати максималии худ мерасад.

Аз ин рӯ, энергияи майдони электрикии конденсатор то сифр кам шуда энергияи майдони магнителии ғалтак афзуда, ба қимати максималӣ мерасад.

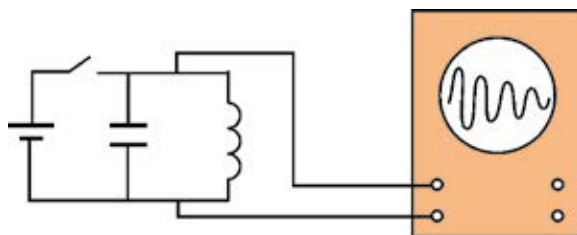


- ?** 1. Графикҳои вобастагии энергияҳои майдони магнитӣ ва электрикии контури лаппиширо кашед.
2. Хомӯшиавии лаппишҳои контур ба адади печакҳои ғалтак чӣ гуна вобаста аст?
3. Дар расм вобастагии заряди конденсатори контур бар вақт оварда шудааст. Қимати қувваи ҷараёни ғалтаки индуктивияти контурро дар лаҳзаи вақти $t = 1/300$ с ёбед.



Мавзӯи 13. ГЕНЕРАТОРИ ЛАППИШҲОИ ЭЛЕКТРОМАГНИТИИ ТРАНЗИСТОРӢ

Мо донистем, ки дар контури лаппиш лаппишҳои электромагнитии баландбасомад тавлид мешудааст. Дар экрани осциллограф лаппишҳои дар контур тавлид шудаистодаро мушоҳида кунем, дар он доманаи лаппишҳо бо мурури вақт кам шуда меравад (расми 3.6).



Расми 3.6.

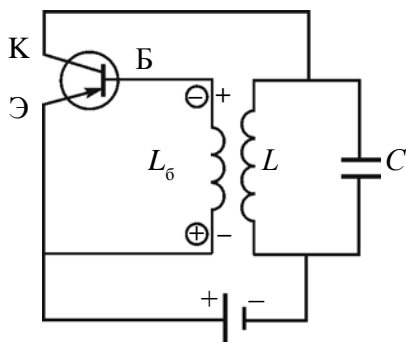
Ба ин сабаб, чун гуфтаҳои болоӣ муқовимати электрикии симҳои васлқунӣ ва ғалтаки контурро ташкилдода аст. Маълум аст, ки ноқил боиси муқовимати электрикӣ доштан ҷараён ҷорӣ шавад, гарм мешавад. Энергияи электрикӣ ба энергияи ҳароратӣ табдил меёбад. Аз ин рӯ лаппишҳои электромагнитии озоди дар контур пайдо шуда лаппишҳои хомӯшиавандаанд.

Барои хомӯш нагаштани лаппишҳо энергияи сарфшударо бо ёрии батарея ба контури лаппиш даврӣ интиқол намудан лозим. Ин онро ифода мекунад, ки қалит набояд бо равиши доимӣ дар контур васл бошад, балки басту кушои даврӣ шуда истоданаш лозим. Аз синфи 10 фазаи лаппишҳоро ба хотир оред. Аз ин рӯ басту кушо дар даври аз нав заряднокшавии рӯяҳои конденсатор мавриди мувофиқ омадани ишораи шиддати қутбҳои батарея васл шуданаш лозим.

Барои ин калит бояд чӣ тавр кор кунад? Фарз мекунем, басомади лаппишҳои контур 1 МХз бошад. Дар ин ҳол дар як сония калитро бояд миллион маротиба басту-кушо бояд намуд. Ин вазифаро ҳеч гуна ҷузъиёти механикӣ ё электромеханикӣ иҷро карда наметавонад.

Ин вазифаро фақат асбоби электронӣ, транзистор иҷро карда метавонад. Принсипи кори транзистори намуди *p-n-p*, ки дар синфи 10 оварда шуда буд, хотирнишон мекунем. Барои аз транзистор ҷоришавии ҷараён ба байни база – эмиттер алоҳида, ба байни коллектор эмиттер алоҳида батарея васл карда мешуд. Мавриди васли қутби манфии батарея ба база, ба эмиттер бошад, қутби мусбат аз транзистор ҷараён мегузарад (басту кушо васл аст). Агар қутбҳои батарея баръакс васл гардад, ҷараён ҷорӣ намегардад (басту кушо кушода аст). Бинобар ин транзистор вазифаи басту кушо (калид)ро иҷро карда метавонад. Дар асоси ин дар контур барои ҳосил кардани лаппишҳои электромагнитии хомӯшнашаванда онро ба манбаъ ба воситаи транзистор бояд васл намуд.

Дар расми 3.7 нақшаи генераторе, ки лаппишҳои электромагнитии хомӯшнашавандаи басомадаш баланд ҳосил мекунад, оварда шудааст. Дар ин контури аз L ва C иборат ба манбаи ҷараён ба воситаи транзистор васл аст. Дар лаҳзаи васл ҷараёни аз L ғалтак гузаранда дорои характери зиёдшавӣ аст. Майдони магнитии дар атрофи он ҳосилшуда ҳам характери афзудан дорад. Ин майдони магнитӣ L_6 ғалтаки робитавиро бурида



Расми 3.7.

гузашта, дар байни худ қувваи электроҳаракатдиҳандаи индуктивиро ҳосил мекунад. Дар расми 3.7 ишораҳои нӯгҳои ғалтак L_6 дар дохили давраҳои нишон дода шудааст. Дар ин ҷо ба базаи транзистор (Б) ишораи манфӣ, ба эмиттер (Э) шиддати ишорааш мусбат гузошта мешавад ва аз транзистор ҷараёни пурра мегузарад. Дар ин лаҳза конденсатори C пурбор (заряднок) мешавад. Бо тӯфайли индуктивияти ғалтак L ҷараёни аз он ҷорӣ шуда истода аз афзудан бозмеистад. Дар L_6 қувваи электроҳаракатдиҳанда ҳосил намешавад ва аз транзистор ҷараён намегузарад. Калид кушода шуд. Акнун конденсатор C зарядашро ба ғалтаки L дода ба безарядшавӣ сар мекунад ва дар контури лаппиш лаппишҳои электромагнитӣ тавлид мешавад. Ҳангоми рӯйдоди лаппишҳои электромагнитии контур ҳам бузургӣ ва ҳам самти ҷараёни аз ғалтак L ҷоришаванда тағйир ёфта меистад. Бинобар ин, қувваи электроҳаракатдиҳандаи дар L_6 ҳосилшуда тағйир ёфта меистад. Транзистор гоҳ дар ҳолати кушод гоҳ дар ҳолати пӯшида мешавад.

Ҳамин тавр, конденсатори C контур бо равиши даврӣ аз батарея заряд мегирад. Лекин, манбаъи шиддат ба контури лаппиш бо тарзи даврӣ, ба рӯяи конденсатори ба қутби мусбат васлшуда дар вақти заряднокунии мусбат пайваस्तкунанда бошад, конденсатор бефосила заряднок шуда меистад. Дар ин ҳолат лаппишҳо хомӯш намешавад. Дар акси ҳол лаппиш ба вучуд намеояд. Аз ин рӯ, кушода – пӯшида шудани транзисторро худи лаппишҳо бояд идора кунанд. Занчири база – эмиттери транзистор занчири *воридшавӣ*, занчири коллектор – эмиттер занчири *баромад* номида мешавад. Одатан шиддати (ҷараёни) ба қисми воридшавӣ гузошташуда, ҷараёни баромадро танзим мекунад. Дар транзистори генераторӣ бошад, акси ин, шиддати (дар контур) баромад шиддати ворид (L_6)-ро идора мекунад. Ин гуна ҷараён робитаи акс гуфта мешавад. Бо туфайли ин робитаи акс энергияи контур бо равиши *даврӣ таъмин* шуда меистад.

Таъкид намудан ҷоиз, ки барои таъмин намудани хомӯшнашавии лаппишҳо, аз ҷиҳати фаза шиддатҳои занчири ворид ва баромад ба 180° тафовут дошта бошад.

Басомади лаппишҳои электромагнитие, ки дар генератор тавлид мешавад, бо формулаи Томсон (3–1) ифода меёбад.

Ҳамин тариқ, дар генератор *автолаппишҳои* хомӯшнашаванда тавлид меёбад. Автолаппишҳо навъи дуҷуми лаппишҳои хомӯшнашаванда ба ҳисоб меравад. Тафовути асосии онҳо аз лаппишҳои мачбурӣ он аст, ки таъсири даврии беруна лозим нест. Дар ин гуна система манбаъи энергия дар худ мавҷуд буда, додани энергияи пуркунӣ ба ҷойи энергияи сарфшударо худи система ба тартиб андохта меистад. Ҳар гуна системаи автолаппиш аз қисмҳои зайл иборат манбаъи *энергия, системаи лаппишҳо ва калити электронӣ*.

Басомади автолаппишҳо дар диапозони басо васеъ тағйир меёбад. Онҳо дар радиоалоқа, телевидение, МҲЭ ва ҷузъиётҳои дигар ба қор мераванд.

Лаппишҳои электромагнитӣ ба организмҳои зинда ҳам нафъовар, ҳам зарарнок аст. Ҳар як аъзои организми инсон ба басомади резонансии ба худ хос дорад.

Басомади таъсири лаппиши берунӣ ба басомади ҳамин резонанс баробар шавад, таъсир пурзӯр мегардад. Таъсири афканишоти электромагнитӣ ба руҳияти инсон исбот карда шудааст.

Дар тиббиёти замонавӣ истифодабарӣ аз усулҳои табобатии лаппишҳои электромагнитии басо баландбасомад рӯз аз рӯз васеъ паҳн шуда истодаанд. Инчунин дар табобат, дар ташхисгузорӣ аз афканишоти электромагнитии диапозони оптикӣ (нурҳои УБ) истифода мебаранд.



1. Барои чӣ лапшиҳои озод дар контури лапшиши реалӣ хомӯишавандаанд?
2. Автолапшиҳо аз лапшиҳои маҷбурӣ чӣ тафовут доранд?
3. Системаи автолапшиҳо аз кадом элементҳои асосӣ иборат аст?
4. Мавриди кори генератор транзистор кадом вазифаро иҷро мекунад?
5. Робитаи акс чист?

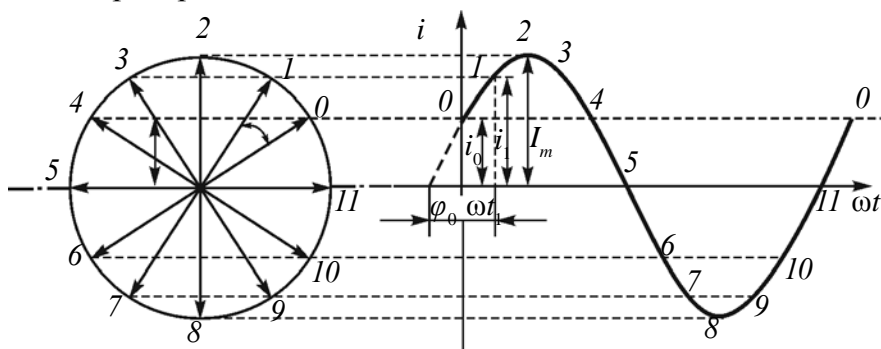
Мавзӯи 14. МУҚОВИМАТИ ФАЪОЛ ДАР ЗАНЧИРИ ЧАРАЁНИ ТАҒЙИРЁБАНДА

Мо дар боло бо тарзи графикӣ тасвир намудани вобаста ба вақт тағйирёбии баъзе бузургиҳои физикиро дида будем. Барои тасвиркунии онҳо усули диаграммаҳои векторӣ ҳам васеъ истифода бурда мешавад. Бигӯем, тағйирёбии чараёни занҷир бо муодилаи

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

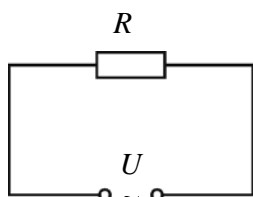
дода шуда бошад

Вектори дарозияш I_m ро гирифта, онро бо самти акси акрабаки соат ба ҳаракати гирдхатта меорем. Дар ин ҳол вақти ба як маротиба давр задани он сарфшуда ба тағйирёбии як даври бузургии i баробар бошад. Дар ин ҳол проексияи вектори \vec{I}_m дар тири амудӣ ба қимати лаҳзагии бузургии i баробар мешавад.



Расми 3.8.

Дар ҳаёти ҳаррӯза ва техника ба занҷири чараёни тағйирёбанда истеъмолкунандагони гуногун васл мешаванд. Дарзмол, лампочкаи электрикӣ, телевизор ва ғайраҳо. Дар онҳо энергияи электрикӣ ба энергияи гармӣ, рӯшноӣ, механикӣ ва энергияҳои дигар табдил меёбад. Ин истеъмолкунандаҳо ба манбаъи шиддат пайваست шаванд, ба ҷорӣ шудани чараёни электрикӣ муқовиматҳои гуногун нишон меодаанд. Барои омӯзиши табиати онҳо ба занҷири чараёни тағйирёбанда истеъмолкунандаҳои табиаташон гуногунро васл намуда мебинем.



Расми 3.9.

Пеш аз ҳама ҳолати ба занҷири ҷараёни тағйирёбанда васл будани муқовимати R -ро ки ба мо маълум аст, дида мебароем (расми 3.9). Бигзор ин муқовимат *муқовимати фаъол* бошад. Сабаби фаъол гуфтани ин муқовимат мавриди аз он гузаштани ҷараён энергияи электрикии он ба навъҳои дигари энергия (гармӣ, рӯшноӣ ва дигарҳо) пурра мубаддал мешавад.

Бо ноқилҳои симин муқовимати R ба манбаи ҷараёни тағйирёбандаи шиддаташ U васл шуда бошад. Шиддат бо қонунияти

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

тағйир ёбад. Аз қонуни Ом барои қитъаи занҷир истифода бурда, қимати лаҳзагии қувваи ҷараёни аз муқовимати R ҷоришавандаро меёбем

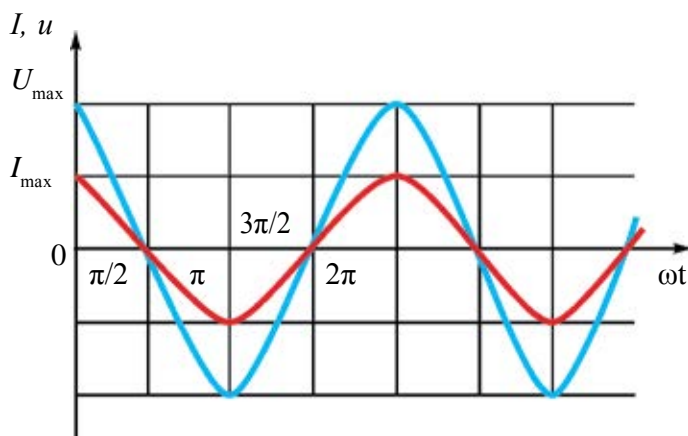
$$i = \frac{u}{R} = \frac{U_m \cos \omega t}{R} = I_m \cos \omega t.$$

Дар ин ҷо: $I_m = \frac{U_m}{R}$ – қимати доманагии қувваи ҷараён. Ҳамин тариқ, тағйироти қувваи ҷараёни занҷири фақат муқовимати фаъолдор дар намуди

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

мешудааст.

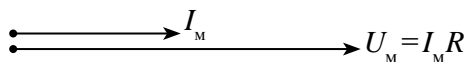
Муодилаи тағйирёбии шиддат (3-6) ро бо муодилаи барои қувваи ҷараён ҳосил карда муқоиса кунем, ба хулосаи лапишҳои шиддат дар муқовимати фаъол ва қувваи ҷараён дар як фаза мелаппанд бармеоем. Графикҳои лапишҳои шиддат ва қувваи ҷараён дар расми 3.10 оварда шудааст.



Расми 3.10.

Муносибати байни фазаҳои лаппишҳои шиддат ва қувваи ҷараёнро ба воситаи диаграммаи векторӣ нишон додан мумкин (расми 3.11).

Дар диаграмма доманаи қувваи ҷараёни тағйирёбанда ва доманаи шиддати тағйирёбанда дар намуди векторҳои мувозӣ (параллел) тасвир мекунам, кунчи байни онҳо, яъне фарқи фазаҳо баробари сифр аст.



Расми 3.11.

Басомади шиддати электрики дар ҳаёти ҳаррӯза истеъмолкунанда 50 Ҳз аст. Яъне мӯяки лампочкаи тафсониши электрикӣ дар як сония 100 маротиба хомӯш ва фурузон мегардад. Аммо чашми мо дар як сония ба ҳисоби миёна 16–20 маротиба ҷараёни тағйирёбиро фарқ накардан, хомӯш ва фурузоншавии лампочкаро ҳис намекунем. Аз ин рӯ, доништани тавоноии ҷараён дорои аҳамияти калон аст.

Тавоноии занҷири муқовиматаш ғаёол. Тавоноии лаҳзагии ҷараёни тағйирёбанда бо $P = i U$ амиқ карда мешавад. Ифодаҳои (3–7) ва (3–6)-ро барои қиматҳои лаҳзагии қувваи ҷараён ва шиддат гузорем, ба,

$$P = I_M \cos \omega t \cdot U_M \cos \omega t \text{ ё ки } P = P_M \cos^2 \omega t \quad (3-8)$$

соҳиб мешавем.

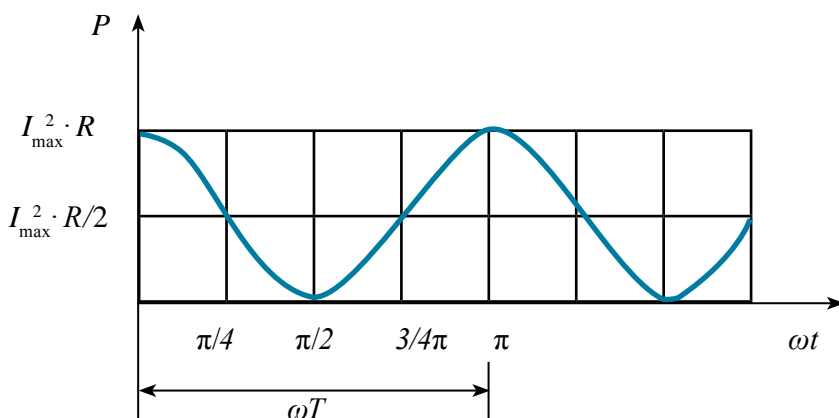
Дар ин ҷо: $P_M = I_M \cdot U_M$ буда, қимати максималии ҷараёни тағйирёбанда гуфта мешавад. Аз сабаби $\cos^2 \omega t$ ҳама вақт мусбат буданаш, қимати лаҳзавии тавоноии ҷараёни тағйирёбанда ҳам ишораи мусбат дорад (расми 3.12).

Аз расми 3.12 намоён аст, ки бузургии тавоноии лаҳзавии ҷараёни тағйирёбанда бо равиши даврӣ тағйир ёфта меистад. Дар ин ҳол ҳангоми аз плитаи электрикӣ гузаштани ҷараёни тағйирёбанда миқдори гармии хоричшуда бо ёрии кадом формула аниқ карда мешавад? Барои ин мафҳуми қимати самарабахши ҷараёни тағйирёбандаро дохил мекунем.

Қимати самарабахши қувваи ҷараёни тағйирёбанда I_c ҳангоми ҷоришавӣ аз муқовимати ғаёол ҳамчени ҳамон қадар қувваи ҷараёни доимист, ки он дар ҳамон қадар вақт ҳамон қадар гармӣ хорич мегардонад.

Таҷрибаҳо ҳамонро нишон медиханд, ки қимати самарабахши қувваи ҷараён бо қимати максималии он чунин вобаста аст:

$$I_c = \frac{I_M}{\sqrt{2}} \quad (3-9)$$



Расми 3.12.

Қимати самарабахши шиддати тағйирёбандаро ба монанди (3–9) навиштан мумкин:

$$U_c = \frac{U_M}{\sqrt{2}}. \quad (3 - 10)$$

Намунаи ҳалли масъала

1. Ба занҷири ҷараёни тағйирёбандаи қимати доманааш 30 В резистор васл шавад, аз он 2 А ҷараён ҷорӣ шуд. Тавоноии миёнаи дар резистор ҷудошударо ёбед.

Дода шуда аст:

$$U_M = 30 \text{ В}$$

$$I_M = 2 \text{ А}$$

Ёфтан лозим:

$$P = ?$$

Формулааш:

$$P = \frac{I_M U_M}{2}$$

Ҳалли он:

$$P = \frac{2 \text{ А} \cdot 30 \text{ В}}{2} = 30 \text{ Вт.}$$

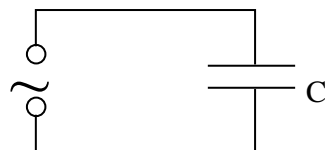
Ҷавобаш: 30 Вт.



1. Муқовимати фаъол гуфта чиро меноманд?
2. Дар муқовимати фаъол геҷиши фазаи байни шиддат ва қувваи ҷараён ба чӣ баробар аст?
3. Формулаи дар муқовимати фаъол тавоноии самарабахши ҷудошударо нависед.
4. Қувваи ҷараёни занҷир аз рӯйи қонуни $i = 8,5 \sin(628 \cdot t + 0,325)$ тағйир меёбад. Қимати самарабахши қувваи ҷараён, фазаи лаптишҳо ва басомади онро ёбед.

Мавзӯи 15. КОНДЕНСАТОР ДАР ЗАНЧИРИ ЧАРАЁНИ ТАҒЙИРЁБАНДА

Тачрибаҳо ба занчири чараёни доимӣ конденсатор васл карда шавад, аз он чараён қорӣ нашуданаширо нишон медиҳад. Чунки рӯяхои он бо диэлектрик ҷудо карда шудаанд. Лекин конденсатор ба занчири чараёни тағйирёбанда васл карда шавад, аз он чараён қорӣ мешудааст.



Расми 3.13.

Барои чараёни аз конденсатор қоришаванда ба ҷӣ гуна параметрҳои физикӣ вобаста буданаширо омӯхтан, фақат ҳолати ба занчири чараёни тағйирёбанда васл будани конденсаторро дида мебароем (расми 3.13).

Ғунҷоиши конденсатор баробарии C ва шиддати ба он гузошта бо қонунияти

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

бигзор тағйир ёбад. Муқовимати симҳои васлкунанда $R=0$ бошад.

Дар ин ҳол шиддати конденсатор $u = U_m \cos \omega t = \frac{q}{C}$ мешавад. Дар ин ҷо

q –заряди рӯяхои конденсатор буда ба, $q = CU_m \cos \omega t$ баробар аст. Барои ёфтани қувваи чараёни занҷир аз формулаи заряд ҳосилаи тартиби якум ро мегирием: $i = q' = -U_m C \omega \sin \omega t = U_m C \omega \cos(\omega t + \frac{\pi}{2})$. Инро бо қувваи

лаҳзагии қувваи чараён муқоиса кунем, $I_m = U_m C \omega$ буданаши бармеояд. Дар ин ҷо I_m –қимати максималии қувваи чараён. Бинобар ин, муодилаи қувваи чараёни аз конденсатор қорӣ шудаистода чунин аст:

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

Ин муодиларо бо ифодаи (3-11) шиддати ба конденсатор гузошта муқоиса кунем, лаппиши қувваи чараёни занҷир аз лаппиши шиддат аз рӯйи фаза ба $\frac{\pi}{2}$ пеш рафтанаширо мебинем (расми 3.14). Дар расми 3.15, ки ба занчири чараёни тағйирёбанда фақат конденсатор васл шудааст, диаграммаи вектории қувваи чараён ва шиддат оварда шудааст.

Муқовимати ғунҷоишии конденсатори занҷир:

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

Дар ин ҳол қимати доманавии қувваи чараён чунин мешавад:

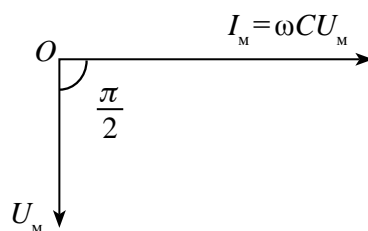
$$I_m = \frac{U_m}{X_C}.$$

Ин ифода қонуни Ом барои китъаи занҷир буда, дар ҷойи муқовимати фаъол бузургии X_C истодааст. Аз ин сабаб онро **муқовимати ғунҷоишӣ (муқовимати реактивӣ)** номида мешавад. Муқовимати ғунҷоиши ҳам бо Ω (Ом) чен карда мешавад.

Аз ин қувваи ҷараёни аз конденсатор ҷоришаванда ба ғунҷоиши конденсатор ва басомади ҷараёни тағйирёбанда вобаста буданаш бармеояд. Ғунҷоиш ва басомад чӣ қадар калон бошад, муқовимати занҷир ҳамон қадар хурд мешавад ва бо равиши мувофиқ қувваи ҷараён калон мешавад.



Расми 3.14.



Расми 3.15.

Намунаи ҳалли масъала

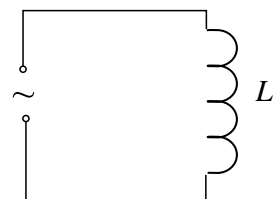
Ба занҷири ҷараёни тағйирёбандаи басомадаш 50 Ҳз конденсатори ғунҷоишаш 50 мкФ васл шудааст. Муқовимати ғунҷоиши занҷир ба чӣ баробар аст?

Дода шудааст: $C = 50 \text{ мкФ} = 50 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$ $\nu = 50 \text{ Ҳз}$	Формулааш: $X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi\nu C}$	Ҳалли он: $X_C = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 50 \cdot 10^{-6}} \text{ Ом} =$ $= \frac{10^6}{6,28 \cdot 2500} \text{ Ом} = 63,69 \text{ Ом}.$
Ёфтан лозим: $X_C - ?$		Ҷавобаш: 63,69 Ом.

1. Аз чӣ сабаб аз конденсатор ҷараёни доимӣ ҷорӣ намешавад, лекин ҷараёни тағйирёбанда ҷорӣ мешавад?
2. Муқовимати ғунҷоишӣ ба кадом бузургиҳо вобаста аст?
3. Дар ҳолати ба занҷири ҷараёни тағйирёбанда фақат конденсатор васл шуда бошад, геҷиши фазаҳои байни қувваи ҷараёни тағйирёбанда ва шиддат ба чӣ баробар аст?
4. Аз ифодаи $X_C = \frac{1}{2\pi\nu C}$ воҳиди муқовимат Ом-ро ҳосил кунед.

Мавзӯи 16. ҒАЛТАКИ ИНДУКТИВИЯТ ДАР ЗАНЧИРИ ЧАРАЁНИ ТАҒЙИРЁБАНДА

Ин гуна таҷриба мегузаронем. Ба занҷири чараёни доимӣ лампочкаи электрикӣ ва ғалтаки индуктивияти пай дар пай пайваст шударо мегирем. Дар ин ҳол ба равшании лампаи фурузон эътибор медиҳем. Пас аз ин лампочкаи электрикӣ ва ғалтаки индуктивияти пай дар пай васл шударо ба манбаи шиддати самарабахшаш ба шиддати



Расми 3.16.

доимӣ баробар ($U_C = U_{\text{доимӣ}}$) пайваста ба равшании он эътибор медиҳем. Дар ин равшании лампочкаи ба чараёни тағйирёбанда васлшуда камтар буданаширо мебинем. Барои аниқ кардани сабаби ин ҳолати фақат ғалтаки индуктивият пайваст буданро дида мебароем (расми 3.16).

Қувваи чараёни аз ғалтаки индуктивият L ҷорӣ шудаистода дар асоси қонунияти

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

тағйир ёбад. Муқовимати симҳои васлқунанда ва ғалтак $R_C = R_L = 0$ бошад.

Чараёни аз ғалтак гузаранда бо туфайли индуктивияти ғалтак дар он қувваи электроҳаракатдиҳандаи (ҚЭХ) худиндуксия ҳосил мекунад. Қимати лаҳзагии он бо:

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

аниқ карда мешавад. Дар ин ҷо i' – ҳосилаи тартиби якӯми аз қувваи чараён нисбат ба вақт гирифта $i' = I_M \omega \sin \omega t$ буданаш ба ҳисоб гирифта шавад, қимати лаҳзагии ҚЭХ ба

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

баробар мешавад. ҚЭХ-и занҷир, шиддати нӯғҳои ғалтак ва афтиши потенциал дар муқовимати фаъол бо муносибати

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

робита дорад. $R=0$ буданаш ба ҳисоб гирифта шавад, муодилаи (3-16) ба намуди

$$0 = \mathcal{E} + u \quad \text{ё ки} \quad u = -\mathcal{E}$$

соҳиб мешавад. Дар ин ҳол шиддат бо муодилаи

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

муайян карда мешавад. Инро бо қимати лаҳзагии шиддат муқоиса кунем, $U_M = I_M \omega L$ буданаш бармеояд. Дар ин ҷо: U_M – қимати доманаи шиддат. Дар ин ҳол муодилаи шиддати ба нӯғҳои ғалтак додашуда ба:

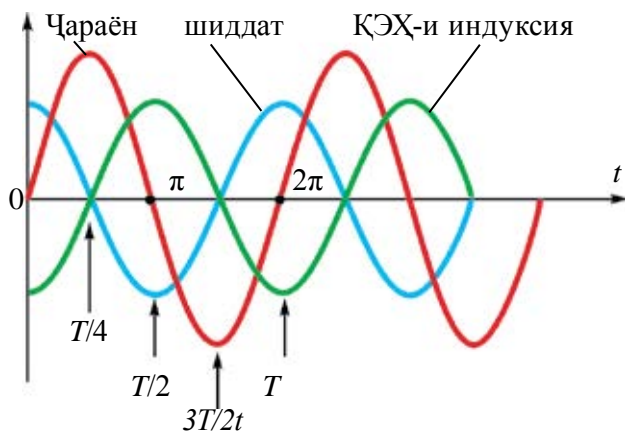
$$u = U_m \cos(\omega t + \frac{\pi}{2}). \quad (3-18)$$

баробар мешавад.

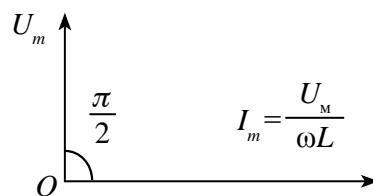
Ин муодиларо бо ифодаи (3-14) қувваи ҷараёни аз ғалтак гузаранда муқоиса намоем, лаппишҳои шиддати ба нўғҳои ғалтак гузашташуда аз лаппишҳои қувваи ҷараён аз рўйи фаза ба $\frac{\pi}{2}$ пеш рафтаниро мебинем (расми 3.17). Дар расми 3.18 барои ҳолати ба занҷир фақат ғалтаки индуктивият пайваст будан диаграммаи вектории қувваи ҷараёни тағйирёбанда ва шиддат оварда шудааст.

Қимати доманагии шиддати ғалтак бо қонуни Ом-и ба як қисми занҷир навишташуда муқоиса карда шавад, ҳосили зарби ωL муқовиматро ифода карданиш маълум мегардад. Ишоракунӣ дохил мекунем $X_L = \frac{U_m}{I_m}$

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



Расми 3.17.



Расми 3.18.

Дар ин ҳол қимати доманагии қувваи ҷараён чунин мешавад:

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

Ин ифода қонуни Ом ба як қисми занҷир буда, ба ҷойи муқовимати фаёл бузургии X_L истодааст. Аз ин рӯ онро **муқовимати индуктивӣ (муқовимати реактивӣ)** гуфта мешавад. Муқовимати индуктивӣ ҳам бо Ом чен карда мешавад.

Аз ин қувваи ҷараёни аз ғалтак ҷоришаванда ба индуктивияти ғалтак ва басомади ҷараёни тағйирёбанда вобаста буданиш бармеояд. Индуктивият ва басомад чӣ қадар калон бошад, муқовимати занҷир ҳамон қадар калон мешавад ва бо равиши мувофиқ қувваи ҷараёни ҷорӣ шудаистода кам мешавад.

Намунаи ҳалли масъала

Ба занҷири ҷараёни тағйирёбандаи басомадаш 10 кҲз ғалтаки индуктивияташ 5 Ҳн васл шудааст. Муқовимати индуктивии занҷир ба чӣ баробар аст?

Дода шудааст:	Формулаи он:	Ҳалли он:
$\nu = 10 \text{ кҲз} = 10000 \text{ Ҳз}$	$X_L = \omega L = 2\pi\nu L$	$X_L = 2 \cdot 3,14 \cdot 10000 \cdot 5 \text{ Ом} =$
$L = 5 \text{ кҲн}$		$= 6,28 \cdot 50000 \text{ Ом} = 314000 \text{ Ом} =$
Ёфтган лозим:		$= 314 \text{ кОм.}$
$X_L = ?$		Ҷавобаш: 314 кОм.



1. Индуктивият дар занҷири ҷараёни тағйирёбанда ба қувваи ҷараён чӣ гуна таъсир нишон медиҳад?
2. Дар мавриди ба занҷири ҷараёни тағйирёбанда фақат галтак пайвастан фарқи фазаҳои байни қувваи ҷараёни тағйирёбанда ва шиддат ба чӣ баробар аст?
3. Муқовимати индуктивӣ ба чӣ гуна бузургиро вобаста аст?
4. Аз муқовимати индуктивӣ бо чӣ мақсадҳо истифода бурдан мумкин аст?
5. Аз ифодаи $X_L = \omega L$ воҳиди муқовимат Ом-ро ҳосил кунед.

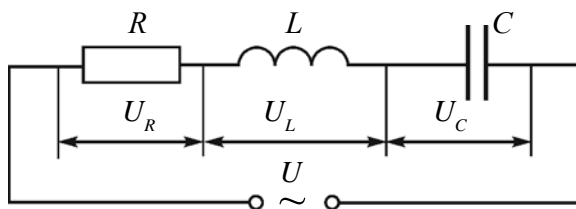
Мавзӯи 17. ҚОНУНИ ОМ БАРОИ ЗАНҶИРИ ҶАРАЁНИ ТАҒЙИРЁБАНДАИ МУҚОВИМАТИ ФАЪОЛ, ҒАЛТАКИ ИНДУКТИВӢ ВА КОНДЕНСАТОРИ ПАЙ ДАР ПАЙ ВАСЛШУДА

Резистори муқовиматаш R , ғалтаки индуктивияти индуктивнокиаш L ва конденсатори ғунҷоишаш C бударо пай дар пай пайваста, занҷир тартиб медиҳем (расми 3.19) ва ба нӯғҳои он шиддати тағйирёбандаи $u = U_m \cos \omega t$ -ро медиҳем. Аз сабаби истеъмолчиён пай дар пай пайваст шуданашон қувваи ҷараён як хел мешавад. Ин қувваи ҷараён бо қонунияти

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

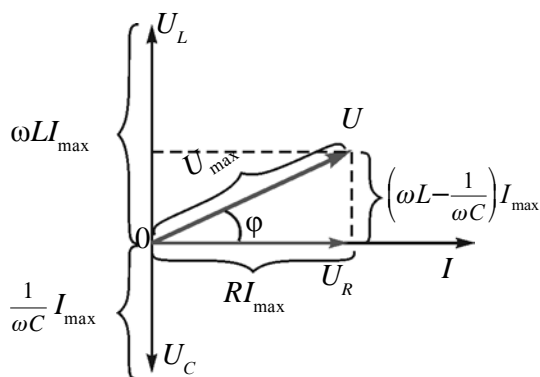
тағйир меёбад. Шиддати умумӣ бошад, ба суммаи векторҳои афтиши шиддатҳои ҳар як истеъмолчӣ баробар аст:

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



Расми 3.19.

Дар ин чо: \vec{U} –шиддати умумии занҷир, \vec{U}_R –шиддат дар резистор, \vec{U}_C –шиддат дар конденсатор ва \vec{U}_L –шиддат дар ғалтак. Қиматҳои доманавиҳои онҳоро бо U_R , U_C ва U_L ишора карда, диаграммаи векторӣ месозем.



Расми 3.20.

Доманаи қувваи ҷараёнро дар намуди вектори бо тири уфуқӣ равшануда мегирем (расми 3.19). Фазаи лаппишҳои шиддат дар муқовимати ғайрӣ бо фазаи лаппишҳои қувваи ҷараён мувофиқ меояд. Лаппишҳои шиддат дар конденсатор аз лаппишҳои қувваи ҷараён аз ҷиҳати фаза ба $\frac{\pi}{2}$ кадар қафо мешавад. Дар ғалтак бошад, лаппиши шиддат аз лаппиши қувваи ҷараён ба $\frac{\pi}{2}$ пеш меравад. Дар диаграммаи векторӣ шиддат дар конденсатор $U_C = \frac{1}{\omega C} \cdot I_{\max}$ ва шиддат дар ғалтак $U_L = \omega L \cdot I_{\max}$ дар самти акс мешавад. Шиддати натиҷавӣ $U_{LC} = U_L - U_C$ аст.

Шиддати умумӣ (U)-ро барои ёфтани вектори \vec{U}_{LC} ро бо вектори \vec{U}_R ҳам мекунем. Аз расми 3.20 $U^2 = U_R^2 + U_{LC}^2$. Аз ин ифодаи қимати максималии шиддати умумӣ чунин мешавад:

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

Дар асоси қонуни Ом

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

Инҳо ба ифодаи (3-22) гузошта шавад,

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

Аз ин:

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

Ин ифода **қонуни Ом барои занҷири пурраи ҷараёни тағйирёбанда** ҳисоб меёбад.

$X_L = \omega L$ ва $X_C = \frac{1}{\omega C}$ ҳоро ба (3-23) гузорем, ба

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

соҳиб мешавем. Дар инҷо муқовимати:

$X_L - X_C = \omega L - \frac{1}{\omega C}$ муқовимати реактивӣ номида мешавад.

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

Ин ифода **муқовимати пурраи занҷири ҷараёни тағйирёбанда** номида мешавад.

Фарқи фазаҳои лаппишҳои ҷараён ва лаппишҳои шиддати занҷирро аз диаграммаи векторӣ истифода бурда аниқ намудан мумкин:

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

Хусусияти характерноки занҷири ҷараёни тағйирёбанда дар он аст, ки энергияи аз генератор гирифта, фақат дар муқовимати актив ба сифати энергияи гармӣ хориҷ мешавад. Дар муқовимати реактивӣ гармӣ ҷудо намешавад.

Дар муқовимати реактивӣ бо тарзи даврӣ энергияи майдони электрикӣ ба энергияи майдони магнитӣ ва баръакс табдил ёфта меистад. Дар ҷоряки давр мавриди заряднокшавии конденсатор, энергия ба занҷир дода мешавад ва бо тарзи энергияи майдони электрикӣ ҷамъ мешаванд. Дар ҷоряки дигари давр ин энергия ба намуди энергияи майдони магнитӣ аз нав ба манбаъ дода мешавад.

Намунаи ҳалли масъала

Ба манбаи чараёни қимати максимали шиддаташ 120 В, басомадаш 100 Ҳз буда, муқовимати фаъоли 200 Ом конденсатори ғунҷоишаш $5 \cdot 10^{-6}$ Ф ва ғалтаки индуктивияташ 400 мГн васл карда шудааст. Қимати максималии қувваи чараёнро ёбед.

Дода шуда аст: $R=200$ Ом $U=120$ В $\nu=100$ Ҳз $C=5 \cdot 10^{-6}$ Ф $L=400$ мҲн $X_H=0,4$ Ҳн	Формулааш: $I_{\max} = \frac{U_m}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}$ $\omega = 2\pi\nu$	Ҳалли он: $I_{\max} = \frac{120}{\sqrt{40000 + (251,2 - 318,5)^2}} \text{ А} =$ $= \frac{120}{211} \text{ А} = 0,57 \text{ А.}$
Ёфтан лозим: $I_{\max} = ?$		Ҷавобаш: 0,57 А.



1. *Аз чӣ сабаб дар занҷири чараёни тағйирёбанда байни лапшишҳои қувваи чараён ва лапшишҳои шиддат гезиши фаза ба вучуд меояд?*
3. *Дар ҳолати дар занҷир мавҷуд будани муқовимати фаъол ва ғалтак формулаи ҳисобкунии қимати доманавии қувваи чараёнро ҳосил кунед.*
4. *Дар мавриди мавҷудияти муқовимати фаъол ва конденсатор дар занҷир формулаи ҳисобкунии фарқи фазаи байни қувваи чараёни тағйирёбанда ва шиддатро нависед.*

Мавзӯи 18. ҲОДИСАИ РЕЗОНАНС ДАР ЗАНҶИРИ ЧАРАЁНИ ТАҒЙИРЁБАНДА

Ба шумо маълум аст, ки муқовимати пурраи занҷири чараёни тағйирёбанда, ки ба он муқовимати фаъол R , ғалтаки индуктивияташ L ва конденсатори ғунҷоишаш C пай дар пай пайваст карда шудааст, ба

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

баробар аст. Аз ин, агар $X_C = X_L$ шуда монад, $X_C - X_L = 0$ фарқ баробари нол шуда, $Z_{\min} = R$ шуда монденаш бармеояд. Дар ин ҳол муқовимати

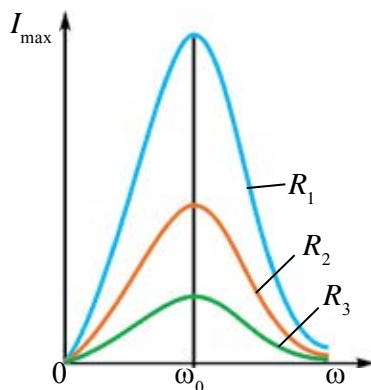
занчир ба қимати минималии худ мерасад. Доманаи қувваи ҷараёни занчир

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

Бинобар ин дар ин шароит доманаи қувваи ҷараёни занчир меафзояд. Ин ҳодиса **резонанс** дар занчири электрикӣ номида мешавад.

Барои мушоҳидаи резонанс бояд шарт $\omega L = \frac{1}{\omega C}$ ё, ки $\omega_{рез} = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ ро қаноат кунониданаш лозим.

Мо мавриди сифр будани муқовимати ғайрирезонанс дар контури лапшиш басомади лапшишҳои озоди дар он тавлидшуда бо ифодаи $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ аниқ қарда шуданашро ме-донем. Дар ин ҳол барои занчир резонанс пайдо шуданаш басомади шиддати берунаи даврии ба занчир додашуда бояд баробари басомади хусусии занчир бошад. $\omega_{рез} = \omega_0$. Дар расми 3.21 графика



Расми 3.21.

вобастагии қимати доманавии қувваи ҷараёни занчир ва басомади шиддати берунаи ба он гузошта оварда шудааст. Графика ба басомад вобаста будани I_M хати қачи резонанс номида мешавад.

Дар расми 3.21 $R_1 < R_2 < R_3$. Бо афзудани басомади қувваи беруна қимати доманавии ҷараёни занчир меафзояд ва $\omega_{рез} = \omega_0$ шудан ба қимати максималӣ мерасад. Сипас бо афзудани басомад қимати ҷараён кам шуда меравад.

Ҳодисаи резонанси мушоҳида шударо **резонанси шиддатҳо** меноманд. Дар мавриди резонанс бо афзудани ҷараён якбора шиддатҳои ғалтак ва конденсатор ҳам меафзоянд. Қимати онҳо аз қимати шиддати беруна ҳам зиёд шуданаш мумкин.

Дар вақти резонанс доманаи лапшишҳои шиддат дар ғалтаки индуктивият ва конденсатор чунин зайл мешавад:

$$U_{Lрез} = U_{Cрез} = I_M X_L = I_M X_C = \frac{U_M}{R} \sqrt{L}. \quad (3-27)$$

Дар контури лаппиш шарти $\frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}} > 1$ ичро мешавад. Бинобар ин шиддатҳои ғалтак ва конденсатор аз шиддати ба занҷир гузошта зиёд мешавад ва бо камшавии R меафзояд. Умуман дар қиматҳои калони муқовимати фаъол дар амал резонанс мушоҳида намешавад.

Дар даври резонанс қимати доманавии ҷараёни тағйирёбанда ва доманавии шиддати умумӣ дар як хел фаза мелаппад.

Аз ҳодисаи резонанс дар техника васеъ истифода мебаранд. Дар радиоприёмникҳо аз даруни радиостансияҳои аз берун оянда сигнали радиостансияи лозимиро ҷудо карда гирифтани ба ҳодисаи резонанс асос карда шудааст. Барои ин қимати индуктивият ё ғунҷоиши контури лаппиши соҳаи воридро тағйир дода, басомади хусусии онро бо басомади сигнали стансияи лозимӣ баробар намудан лозим. Дар контур айнан барои сигнали басомадаш дархостшуда ҳодисаи резонанс рӯй медиҳад, шиддати ҳосилкардаи он аз ҳама калон мешавад. Дар асбобҳои электротехникӣ ҳам ҳодисаи резонансро ба ҳисоб мегиранд. Чунки дар даври резонанс афзуда рафтани шиддати ғалтак ё конденсатор ба *сӯрохшавии электрикӣ (пробой)* гирифта омаднаш мумкин.

Намунаи ҳалли масъала

1. Ба занҷири электрикии ҷараёни тағйирёбандаи басомадаш 50 Ҳз ғалтаки индуктивии индуктивияташ 100 мҲн ва конденсатори ғунҷоишаш C васл карда шудааст. Ғунҷоиши конденсатор ба чӣ баробар шавад, дар он ҳодисаи резонанс рӯй медиҳад?

Дода шудааст: $v = 50 \text{ Ҳз}$ $L = 100 \text{ мҲн} = 0,1 \text{ Ҳн}$ Ёфтани лозим: $C = ?$	Формулааш: $\omega L = \frac{1}{\omega C}$ $4\pi^2 v^2 L = \frac{1}{C}$ $C = \frac{1}{4\pi^2 v^2 L}$	Ҳалли он: $C = \frac{1}{4 \cdot 3,14^2 \cdot 50^2 \cdot 100 \cdot 10^{-3}} \Phi = \frac{10}{98596} \Phi \approx$ $\approx 0,0001 \Phi \approx 101,4 \text{ мк}\Phi$ Ҷавобаш: $\approx 100 \text{ мк}\Phi$.
--	---	--



1. Диаграммаи векторие кашед, ки ба ҳодисаи резонанси шиддатҳо мувофиқ ояд.
2. Чӣ гуна шарт иҷро шавад, дар занҷири ҷараёни тағйирёбанда сӯрохиҳои электрикӣ ба амал омаданиш мумкин?
3. Аз резонанси шиддатҳо боз дар кучоҳо истифода бурдан мумкин?
4. Оё резонанси ҷараёнҳо ҳам мешавад?
5. Дар вақти резонанс дар контури лаппиши идеалӣ қимати доманавии қувваи ҷараён ба чӣ баробар мешавад?

Мавзӯи 19. КОРИ ЛАБОРАТОРӢ: ОМУӢЗИШИ ҲОДИСАИ РЕЗОНАНС ДАР ЗАНЧИРИ ЧАРАӢНИ ТАӢЙИРӢБАНДА

Мақсади кор. Омӯхтани ҳодисаи резонанси шиддатҳо дар занчири чараӢни таӢйирӢбанда.

Асбобҳои лозимӣ. 1. Генератори чараӢни (ГЧ) таӢйирӢбанда.

2. Ғалтаки индуктивияти дилаки ферромагнитӣ дошта ($L = 1$ Ҳн).

3. Батареяи конденсаторҳои ғунҷоишашон то 10 мкФ таӢйирӢбанда.

4. Ду мултиметр.

5. Маҷмӯи муқовиматҳо.

6. Калит (басту кушо) ва симҳои васлкунанда.

Иҷрои кор. Дар асоси расми 3.22 асбобҳоро васл намуда занҷир тартиб диҳед.

1. Дар баромади ГЧ онро ба 100 Ҳз ва 10 В рост мекунад.

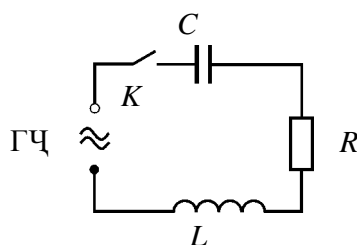
2. Мултиметрро ба ҳолати ченкунии шиддати таӢйирӢбанда ва диапазони ченкунии 20 В гузаронида онҳоро дар ҳолати параллелӣ ба конденсатор ва ғалтак васл мекунад.

3. Калитро сарбаст намуда, нишондодҳои мултиметри ба конденсатор (U_C) ва ғалтак (U_L) васлшударо навишта мегиранд. Дар ин ба $U_C > U_L$ буданаш эътибор медиҳанд.

4. Басомади чараӢни таӢйирӢбандаи баромади генераторро аз 10 Ҳз зиёд намуда рафта, U_C ва U_L хоро навишта мегиранд.

5. Таҷрибаро то $U_C = U_L$ шудан давом медиҳанд. Натиҷаҳо ба чадвал навишта мешавад.

6. Дар ҳолати иҷро шудани шарти $U_C = U_L$ аз $2\pi\nu L = \frac{1}{2\pi\nu C}$ басомади резонанси занҷир ҳисоб карда мешавад: $\nu_r = \frac{1}{\sqrt{4\pi^2 LC}}$. Қимати бо ҳисобкунӣ ёфташудаи басомад бо қимати басомади дар таҷриба аниқ кардашуда муқоиса карда мешавад.



Расми 3.22.

Таҷриба №	Басомади ГЧ, Ҳз	U_C , В	U_L , В
1.			
2.			

7*. Тачриба басомадро зиёд намуда такрор карда мешавад.

8. Графики вобастагии шиддатҳои конденсатор U_C ва индуктивияти ғалтак U_L ба басомади генераторро кашед.



1. Дар мавриди афзудани индуктивият дар аввал қувваи ҷараён зиёд шуда пас аз он кам мешавад. Сабаби ин гуна тағйирёбӣ дар чист?
2. Ҳангоми афзудани гуноғии қувваи ҷараён аввал зиёд шуда, сониян кам мешавад, сабаби тағйирёбӣ дар чист?
3. Агар андаруни ғалтак дилакро бо оҳистагӣ ҷойгир карданӣ шавем, афтиши шиддат дар конденсатор, ғалтак ва муқовимати фаъол тағйир меёбад. Аз чӣ сабаб?

Мавзӯи 20. КОР ВА ТАВОНОИИ ҶАРАЁНИ ТАҒЙИРЁБАНДА. КОЭФФИТСИЕНТИ ТАВОНОИ

Аз синфи 8 ба Шумо маълум, ки кори ҷараёни доимӣ ба сифати ҳосили зарби шиддат, қувваи ҷараён ва вақти чоришавии ҷараён аниқ карда мешуд:

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

Барои муайян кардани кори иҷрокардаи ҷараёни тағйирёбанда қимати онро дар фосилаи вақти басо хурд собит гуфта назар мекунем. Дар ин ҳол қимати лаҳзавии кори иҷрокардаи ҷараёни тағйирёбанда ҳам бо ҳамин гуна формула аниқ карда мешавад:

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

Агар шиддати ба нӯғҳои ноқил гузошташуда бо қонунияти

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

тағйир ёфта истода бошад, қувваи ҷараёни он ҳам бо қонунияти гармоникии аз ҷиҳати фарқи фаза фарқкунанда тағйир меёбад:

$i = I_m \cos(\omega t + \varphi)$. Дар ин ҳол барои қимати лаҳзагии кори иҷрокардаи ҷараёни тағйирёбанда чунин менависем:

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

Кори дар воҳиди вақт иҷронамуда тавоноӣ номида мешавад. Дар ин асос қимати лаҳзагии тавоноии ҷараёни тағйирёбанда дар намуди

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

навишта шуданаш мумкин.

Дар инчо бо мурури вақт тавоной ҳам бо модуль, ҳам аз ҷиҳати ишора тағйир меёбад. Дар нимаи якуми давр тавоной ба занҷир дода шавад ($p > 0$), дар нимаи дуюм як қисми тавоной баргашта ба шабака дода мешавад ($p < 0$).

Одатан, дар ҳамаи ҳолатҳо донишмандони тавоноии ба як давр мувофиқро аниқ намудан кифоя аст.

Барои ёфтани тавоноии ба як давр ростоянда аввал формулаи (3–31) ро ба намуди новобаста ба вақт меорем. Барои ин аз формулаи ҳосили зарби ду косинуси курси математика истифода мекунем:

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

Дар ин ҳолат $\alpha = \omega t$ ва $\beta = \omega t + \varphi$, Тибқи ин,

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

Дар ин ҷо қимати миёнаи ҷамъшавандаи дуҷуми ифода дар муддати як давр баробари сифр аст. Бинобар ин аъзои ба вақт новобастаи тавоноии миёнаи ба як давр рост омада

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

Ифодаи қиматҳои самарабахши ҷараён ва шиддатро ба ҳисоб гирем, яъне: $U_c = \frac{U_M}{\sqrt{2}}$ ва $I_c = \frac{I_M}{\sqrt{2}}$ буданаш соҳиби ифодаи зайл мешавем:

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

Ин бузургӣ **тавоноии ҷараёни тағйирёбандаи** як қисми занҷир номида мешавад:

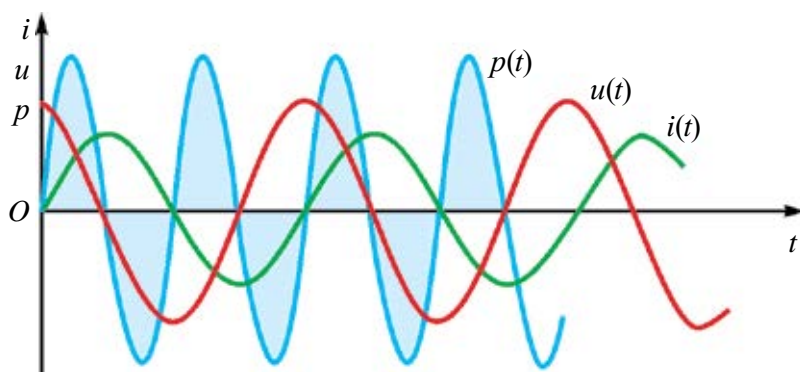
$$P = U \cdot I \cos\varphi. \quad (3-32)$$

Мувофиқи ин кори иҷрокардаи ҷараёни тағйирёбанда бо формулаи зерин аниқ карда мешавад:

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

Ҳамин тавр, кори иҷрокарда ва тавоноии ҷараёни тағйирёбандаи як қисми занҷир бо қиматҳои самарабахши қувваи ҷараён ва шиддат аниқ карда мешавад. Он ба ғеҷиши фазаи байни шиддат ва қувваи ҷараён ҳам вобаста аст. Зарбкунандаи $\cos\varphi$ -и формулаи (3–32) **коэффитсиенти тавоной** номида мешавад.

Агар дар занҷир муқовимати реактивӣ набошад, он гоҳ $\varphi=0$, $\cos\varphi=1$, $P=U \cdot I$ яъне мо тавоноии ҷараёни тағйирёбандаро мегирем. Дар занҷир муқовимати фаъол набошад, $\varphi=+\frac{\pi}{2}$, $\cos\varphi=0$ ва $P=0$ шуда мемонад. Фақат тавоноии ҷудошудаи занҷири дорои муқовимати реактивӣ баробари ҳеч (сифр) аст. Дар занҷир ҷараён мавҷуд бошад, чӣ тавр тавоноии миёна сифр шуданаш мумкин? Инро бо ёрии графики дар расми 3.23 овардашуда фаҳмонидан мумкин. Дар график қиматҳои лаҳзагии шиддат, қувваи ҷараён ва тавоноӣ дар қимати $\varphi=\frac{\pi}{2}$ будан оварда шудааст.



Расми 3.23.

Қимати тавоноии лаҳзагӣ аз графики ба вақт вобастагӣ бо ҳосили зарби қувваи ҷараён ва шиддат дар ҳар як momenti вақт ёфта мешавад. Аз график аён аст, ки вақт қимати тавоноӣ дар чоряки қисми давр мусбат буда, энергия ба қисми мазкури занҷир дода мешавад; лекин дар чоряки ояндаи давр тавоноӣ ба қимати манфӣ соҳиб буда, энергия аз қисми мазкури занҷир ба шабакаи энергия гирифта бармегардад. Дар қисми чоряки давр энергия ба занҷир додашуда дар майдони магнитии ҷараён ҳам мешавад, сипас ба шабака бармегардонад.

Дар лоиҳасозии занҷири электрикии тағйирёбанда ба калон будани $\cos\varphi$ эътибор нигаронида мешавад. Дар акси ҳол қисми бештари энергия аз генератор ба занҷир ва акси ин давр мезанад. Аз сабаби симҳо дорои муқовимат будан, энергия ба гармкунии онҳо сарф мешавад.

Дар соҳаҳои саноат ва хизмати маишӣ аз муҳаррикҳои электрикӣ басо васеъ истифода мебаранд. Онҳо дорои муқовимати калони индуктивӣ ва муқовимати фаъоли хурданд.

Бо ивази ҳамин қимати $\cos\varphi$ кам мешавад. Барои зиёд намудани он дар шабакаҳои корхонаҳо конденсаторҳои компенсациякунандаи махсус мепаиванданд. Ба беҳуда даврзании муҳаррик ва бе бори кифоягӣ кор накунондани он эътибор додан лозим. Одатан таҷҳизотҳои $\cos\varphi < 0,85$ бударо ба кор кунонидан иҷозат намедиханд.

Намунаи ҳалли масъала

1. Ғалтаки индуктивияти индуктивиаш $0,5 \text{ Хн}$, муқовимати ғаёлаш 100 Ом ва конденсатори ғунҷоишаш 10 мкФ ба манбаи шиддати тағйирёбандаи $U = 300 \sin 200\pi t$ пайваст шудааст. Тавоноии чараён ва коэффитсиенти тавоноиро ёбед.

Дода шудааст:

$$L = 0,5 \text{ Хн}$$

$$R = 100 \text{ Ом}$$

$$C = 10 \text{ мкФ} = 10^{-5} \text{ Ф}$$

$$U = 300 \sin 200\pi t$$

Ёфтган лозим:

$$\cos\varphi = ?$$

$$P = ?$$

Формулаш:

$$P = U \cdot I \cos\varphi = \frac{U_M^2}{2Z} \cos\varphi,$$

$$\cos\varphi = \frac{R}{Z} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}$$

Ҳалли он:

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

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

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



1. Тавоноӣ ва қори чараёни тағйирёбанда чӣ тавр аниқ қарда мешавад?
2. Коэффитсиенти тавоноӣ гуфта чиро мефаҳмед?
3. Барои зиёд қардани коэффитсиенти тавоноӣ чӣ гуна чораҳо дида мешавад?
4. Барои зиёд қардани коэффитсиенти тавоноӣ Шумо чӣҳо тақлиф мекардед?

Машқи 3.

1. Контурни лаппиш аз конденсатори ғунчоишаш 8 пФ ва ғалтаки индуктивияташ 0,5 мХн иборат. Қимати максимали қувваи чараёни ғалтак 40 мА бошад, қимати максималии шиддати конденсатор ба чӣ баробар аст? (Ҷавобаш: 317 В)

2. Ғалтаки индуктивияташ 31 мХн ба конденсатори масоҳати рӯяхояш 20 см², ва масофаи байни рӯяхояш 1 см буда пайваст шудааст, Қимати максималии қувваи чараён 0,2 мА, қимати максималии шиддат бошад 10 В. Нуфузпазирии диэлектрикии байни рӯяхои конденсатор ба чӣ баробар аст? (Ҷавобаш: 7)

3. Контурни лаппиши идеалӣ аз ғалтаки индуктивияташ 0,2 Хн ва конденсатори ғунчоишаш 20 мкФ иборат аст. Мавриди шиддат дар конденсатор 1 В будан қувваи чараёни контур 0,01 А шуд. Қимати максимали қувваи чараёнро ёбед. (Ҷавобаш: 0,012 А)

4. Контурни лаппиш аз конденсатори ғунчоишаш 2,5 мкФ ва ғалтаки индуктивияташ 1 Хн иборат аст. Доманаи (амплитудаи) заряди рӯяхои конденсатор 0,5 мкКл бошад, муодилаи лаппиши зарядро нависед. (Ҷавобаш: $0,5 \cdot 10^{-6} \cdot \cos \cdot 630 \cdot 10^6 t$)

5. Басомади лаппиши озоди контур 800 Хн буда, индуктивияти ғалтаки контурни лаппиш 0,04 Хн аст. Ғунчоиши конденсатори контур чӣ гуна аст? (Ҷавобаш: 1 мкФ)

6. Конденсатори зарядноки ғунчоишаш 0,5 мкФ ба ғалтаки индуктивияташ 5 мХн васл шудааст. Пас аз чӣ қадар вақт энергияи майдони электрикии конденсатор бо энергияи майдони магнитии ғалтак баробар мешавад? (Ҷавобаш: $39 \cdot 10^{-5}$ с).

7. Графики муодилаи $q=0,03 \cos (100 \pi t + \frac{\pi}{3})$ ро кашед.

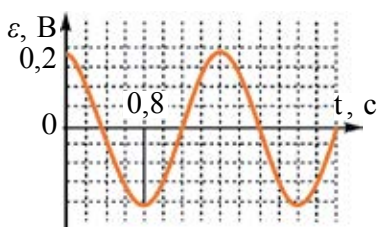
8. Қимати доманагии шиддати занчири чараёни тағйирёбандаи муқовимати фаъолаш 50 Ом буда ба 100 В, басомади лаппиш ба 100 Хз. баробар аст. Муодилаи лаппишҳои чараёни занчирро нависед. (Ҷавобаш: $2 \cos 200\pi t$)

9. Қувваи чараёни занчир бо қонуни $8,5 \sin(628t+0,325)$ тағйир меёбад. Қимати самарабахши қувваи чараён, фазаи лаппишҳо ва басомадашро ёбед. (Ҷавобаш: 6,03 А; 0,325 рад; 100 Хз).

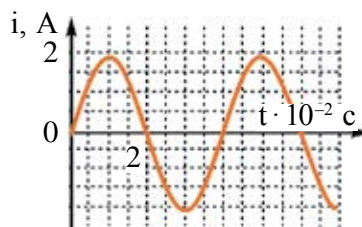
10. Дар конденсатори ба занчири чараёни тағйирёбанда васлшуда қувваи чараён бо қонуни $0,03 \cos (314 t+1,57)$ тағйир меёбад. Шиддати максималии конденсатор 60 В бошад, ғунчоиши онро ёбед. (Ҷавобаш: 5,3 мкФ)

11. Доманаи шиддати ба нўгҳои ғалтаки занчири чараёни тағйирёбанда васлшуда 157 В, доманаи қувваи чараён 5 А, басомади чараён 50 Ҳз бошад, индуктивияти он ба чӣ баробар аст? (Ҷавобаш: 0,1 Ҳн)

12. Ба занчири қимати самарабахшаш 127 В ғалтаки индуктивияташ 0,16 Ҳн, муқовимати фаёли 2 Ом ва конденсатори ғунҷоишаш 64 мкФ пайопай пайваста шудааст. Басомади чараён 200 Ҳз. Қимати самарабахши қувваи чараёнро ёбед.

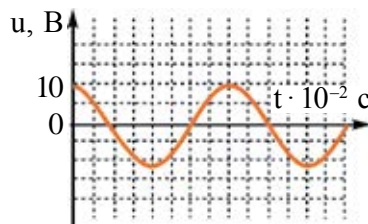


Расми 3.24.



Расми 3.25.

13. Дар расми 3.24 графикаи вобастагии ҚЭХ-и занчир нисбат ба вақт оварда шудааст. Қимати максималии қувваи чараёни тағйирёбанда, даври он ва басомадашро ёбед. Формулаи вобастагии $\mathcal{E}(t)$ -ро нависед.



Расми 3.26.

14. Дар расми 3.25 графикаи вобастагии қувваи чараён нисбат ба вақт оварда шудааст. Қимати максималии қувваи чараёни тағйирёбанда, даври он ва басомадашро ёбед. Формулаи вобастагии $i(t)$ -ро нависед.

15. Дар расми 3.26 графикаи вобастагии шиддати занчир нисбат ба вақт оварда шудааст. Қимати максималии чараёни тағйирёбанда, даври он, басомади онро ёбед. Формулаи вобастагии $U(t)$ -ро нависед.

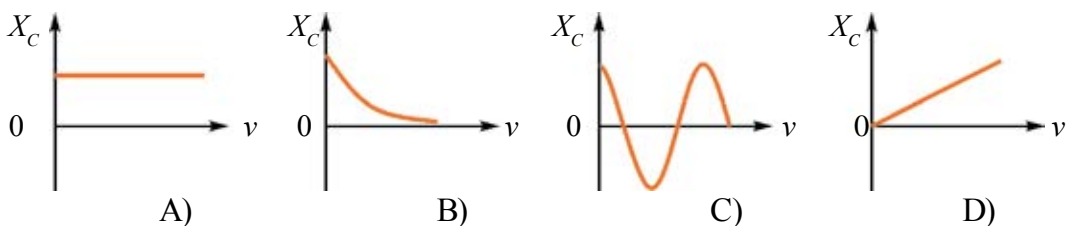
16. Ба занчири чараёни тағйирёбандаи басомадаи 400 Ҳз ғалтаки индуктивияташ 0,1 Ҳн васл карда шудааст. Ба занчир конденсатори ғунҷоишаш чӣ гуна пайваста шавад, ҳодисаи резонанс мушоҳида мешавад? (Ҷавобаш: 1,6 мкФ)

17. Ғунҷоиши конденсатори ба контури лаппиш пайваस्त кардашуда 50 пФ, басомади лаппишҳои озодаш 10 МҲз. Индуктивияти ғалтакро ёбед. (Ҷавобаш: 5,1 мкҲн)

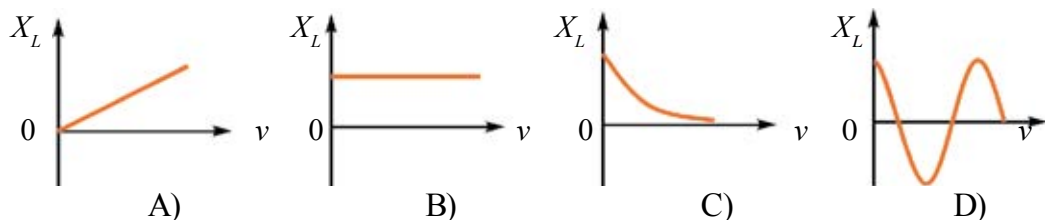
18. Доманаи шиддати контур 100 В, басомади лаппиши он 5 МҲз. Пас аз чӣ қадар вақт шиддат ба 71 В баробар мешавад? (Ҷавобаш: 25 нс)

САВОЛҲОИ ТЕСТӢ ОИДИ ЧАМӢБАСТИ БОБИ III

- Заряди электрикии конденсатори контури лаппиш тибқи қонуни $q = 10^{-3} \cdot \cos 100\pi t$ (Кл) тағйир ёфта истодааст. Басомади лаппишҳои электромагнитии дар контур тавлидшударо ёбед.
 А) 100 Хн ; В) $100\pi \text{ Хн}$; С) 50 Хн ; Д) $50\pi \text{ Хн}$.
- Заряди занҷири электрикии конденсатори контури лаппиш тибқи қонуни $q = 10^{-3} \cdot \cos 1000t$ (Кл) тағйир ёфта истодааст. Доманаи қувваи ҷараёни дар контур тавлидшударо ёбед.
 А) 10^{-3} А ; В) 1 А ; С) 10 А ; Д) $\pi \text{ А}$.
- Ғунҷоиши конденсатори контури лаппиши идеали 9 маротиба кам карда шавад, басомади контури лаппиш чӣ гуна тағйир меёбад?
 А) 3 маротиба кам мешавад; В) 3 маротиба меафзояд;
 С) 9 маротиба кам мешавад; Д) 9 маротиба меафзояд.
- Дар контури лаппиши идеалии электромагнитӣ лаппишҳо тавлид шуда истодаанд. Қимати максималии энергияи майдони электрикии конденсатор 2 мҶ, қимати максималии энергияи майдони магнитии ғалтак ҳам 2 мҶ шуд. Энергияи пурраи контури лаппиш ба чӣ баробар аст?
 А) аз 0 то 2 мҶ тағйир меёбад;
 В) аз 0 то 4 мҶ тағйир меёбад;
 С) тағйир намеёбад ва баробари 2 мҶ аст;
 Д) тағйир намеёбад ва баробари 4 мҶ аст.
- Дар кадоме аз графикҳои поёнӣ вобастагии муқовимати ғунҷоиши занҷири электрикии тағйирёбанда ба басомад оварда шудааст?



- Дар кадоме аз графикҳои поёнӣ вобастагии муқовимати индуктиви занҷири электрикии тағйирёбанда ба басомад оварда шудааст?



7. Муқовимати пурраи занчири резистор, ғалтаки индуктивият ва конденсатори пай дар пай васлшуда дар даври резонанс чӣ хел мешавад?
- A) Аз муқовимати фаъол калон аст;
 B) Баробари муқовимати фаъол аст;
 C) Аз муқовимати фаъол хурд аст;
 D) Аз муқовимати фаъол якчанд маротиба калон аст.
8. Кадоме аз хосиятҳои овардашуда ба лаппишҳои хомӯшшаванда тааллуқ доранд?
1. Лаппишҳои гармоникӣ. 2. Лаппишҳои дар контури лаппиши идеалӣ буда. 3. Лаппишҳои дар контури лаппиши реалӣ буда.
- A) 1; B) 2; C) 3; D) 1 ва 3.
9. Формулаи муайянкунии басомади сиклии лаппишҳои электромагнитии дар контури лаппиш тавлидшударо нишон диҳед.
- A) $\frac{1}{T}$; B) $\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$; C) $2\pi\sqrt{LC}$; D) $\frac{1}{\sqrt{LC}}$.
10. Кадоме аз ифодаи поёнӣ энергияи пурраи контурро ифода мекунад?
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 ва 4.
11. Аз рӯи аналогияи (монандӣ) лаппишҳои механикӣ ва лаппишҳои электромагнитӣ масса дар маятникӣ пружинӣ бо кадом бузургии физикии лаппиши электромагнитӣ мувофиқ меояд?
- A) заряд; B) кувваи чараён;
 C) индуктивӣ; D) бузургии акси ғунҷош.
12. Аз рӯи аналогияи лаппишҳои механикӣ ва лаппишҳои электромагнитӣ кувваи чараёни контури лаппиш ба кадом бузургии физикии лаппишҳои механикӣ мувофиқ меояд?
- A) координата; B) суръат;
 C) масса; D) сахтии пружина.
13. Дар транзистори генераторӣ барои таъминоти хомӯшнашавии лаппишҳо шиддат аз рӯи фаза дар занчири даромад ва баромад чӣ қадар фарқ дорад?
- A) 60° ; B) 90° ; C) 180° ; D) 270° .

Муқовимати фаъол– R	Муқовимате, ки энергияи чараёни тағйирёбанда дар он ба намуди дигари бебозгашт табдил меёбад.
Муқовимати реактивӣ– X_C, X_L	Муқовимате, ки энергияи чараёни тағйирёбандаро ба энергияи майдони электрикӣ ё магнитӣ ва баръақс табдил медиҳад. $X_C = \frac{1}{\omega C}$; $X_L = \omega L$.
Тавоноии занчири муқовимати фаъолдор	$P = P_m \cos^2 \omega t$.
Қиматҳои самарабахши чараён ва шиддати тағйирёбанда	$I_3 = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$; $U_3 = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$.
Қонуни Ом барои занчири пурраи чараёни тағйирёбанда	$I_m = \frac{U_m}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}$.
Муқовимати пурраи занчири чараёни тағйирёбанда	$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$.
Ғеҷиши фазаи байни лаппишҳои чараёни занҷир ва шиддат	$\operatorname{tg} \varphi = \frac{U_L - U_C}{U_m}$ ё ки $\operatorname{tg} \varphi = \frac{X_L - X_C}{R}$.
Ҳодисаи резонанс	Мавриди басомади қувваи мачбурқунандаи берунӣ бо басомади хусусии система баробар шудан афзудани доманаи лаппишҳо.
Резонанси пай дар пай ё резонанси шиддатҳо	Дар занчири чараёни тағйирёбанда басомади манбаи электрикии берунӣ бо басомади хусусии занҷир мавриди баробар шудан якбара зиёд шудани шиддат дар конденсатор ва ғалтак.
Тавоноии чараёни тағйирёбанда	$P = U \cdot I \cos \varphi$.
Кори чараёни тағйирёбанда	$A = U \cdot I \cdot t \cos \varphi$.

Боби IV. МАВҶҲОИ ЭЛЕКТРОМАГНИТӢ ВА ОПТИКАИ МАВҶӢ

Омӯзиши лаппишҳои электромагнитӣ дар занҷири электрикӣ ҳаминро нишон медиҳад, ки тағйирёбии шиддат ва қувваи ҷараён аз як қисми занҷир ба қисми дигари он бо суръати басо калон, яъне бо 300 000 км/сек паҳн мешавад. Ин суръат аз суръати ҳаракати ботартибонаи зарядҳои электрикии озоди ноқил якчандҳо маротиба калон аст. Механизми нақли лаппишҳои электромагнитӣ аз як нуқта ба нуқтаи дуҷумро фақат аз мафҳуми майдон истифода бурда фаҳмонидан мумкин аст.

Ҷ.К.Максвелл соли 1864 гипотезаи мавҷудияти мавҷҳои электромагнитии дар вакуум ва диэлектрик паҳншаванда (густаришбанда)-ро баён намуд. Мо бо назарияи мавҷҳои электромагнитӣ ва майдони электромагнитӣ мухтасар шинос мешавем.

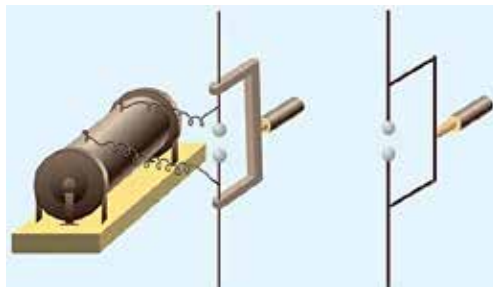
Мавзӯи 21. ГУСТАРИШИ МАВҶҲОИ ЭЛЕКТРОМАГНИТӢ. СУРЪАТИ МАВҶҲОИ ЭЛЕКТРОМАГНИТӢ

Максвелл пас аз батафсил омӯзиши ҳодисаи индуксияи электромагнитии аз тарафи М. Фарадей дар соли 1831 кашф намуда ба хулосаи зерин омад: ҳар гуна тағйирёбии майдони магнитӣ дар фазои атрофи худ майдони электрикии тӯфони (гирдбодӣ)-ро тавлид мекунад.

Сабабгори дар занҷири сарбасти таҷрибаи Фарадей тавлиди ҚЭҲи индуксия ана ҳамин майдони тағйирпазир ҳисоб меёбад. Ин майдони гирдбодӣ на фақат дар ноқил, балки дар фазо ҳам тавлид шуданаш мумкин. Ҳамин тавр майдони магнитӣ майдони электрикӣ меофарад. Оё дар табиат акси ин ҳодиса нест, яъне майдони электрикии тағйирпазир оё майдони магнитӣ ҳосил намекунад? Ин тахмин аз нуқтаи назари симметрия гирем, асоси гипотезаи Максвелл-ро ташкил мекунад. Тибқи ин гипотеза ҳар гуна тағйирпазирии *майдони электрикӣ дар фазои атрофи он майдони гирдбодӣ тавлид мекунад*.

Ин гипотезаи Максвелл муддате тасдиқи худро наёфт. Мавҷҳои электромагнитӣ фақат пас аз 10 соли вафоти Максвелл бо роҳи экспе-

рименталӣ аз тарафи Х.Р.Хертз ҳосил карда шуд. Х.Хертз солҳои 1886–1889 барои ҳосил кардани мавҷҳои электромагнитӣ ду сакҳои диаметраш 10–30 см ё цилиндр, ки бо қабати ҳавои борик аз якдигар ҷудо карда шудааст, гирифта ба нӯғҳои милаи рост маҳкам намуд (расми 4.1). Дар таҷрибаҳои дигараш аз варақи металли тарафҳояш 40 см истифода бурд. Масофаи байни сакҳо ҳоро якчанд мм гузошт. Силиндр ё сакҳо ба манбаи баландшиддат васл кардашуда онро бо ишораи мусбат ва манфӣ заряднок мекунад. Ҳангоми шиддат ба ягон кимат расидан байни онҳо шарора ба вучуд меояд. Мавриди мавҷудияти шарора дар вибратор лаппишҳои хомушшавандаи баландбасомад ҳосил мешавад. Агар лаппишҳои электромагнитӣ густариш ёфта, мавҷ ҳосил кунанд, дар вибратори дуҷум ҚЭХ тавлид шуданаш ва дар натиҷаи ин шарора бояд пайдо шавад. Хертз ин ҳодисаро мушоҳида намуда мавҷудияти мавҷҳои электромагнитиро тасдиқ намуд.

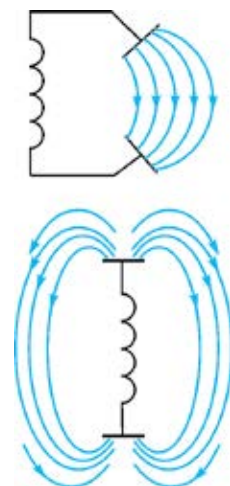


Расми 4.1.

Аз сабаби контури лаппиши дар боби пешина дидамон сарбаст буданаш, аз он лаппишҳо кам густариш меёбад.

Бо оҳистагӣ рӯяҳои конденсаторро аз якдигар дур намудан мегирем (расми 4.2).

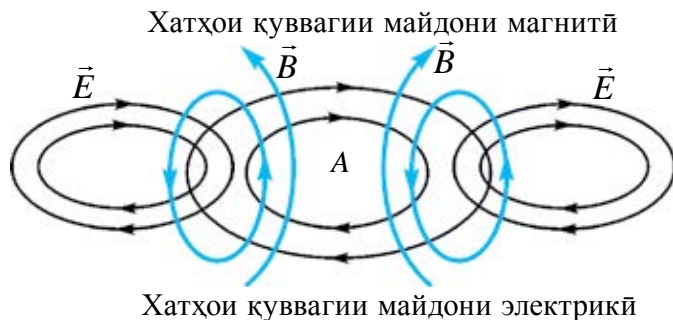
Дар ин ҳол хатҳои қувваи майдон аз байни рӯяҳо баромада дар фазо густариш меёбад. Агар яке аз рӯяҳоро тамоман ба боло, дигарашро ба поён нигаронида монем, лаппишҳои электромагнитӣ пурра ба фазо густариш меёбад. Ин гуна намуди контур **контури қушодӣ лаппиш** номида мешавад.



Расми 4.2.

Барои пешии назар овардани мавҷҳои электрикӣ густаришёбанда расми 4.3-ро дида мебароем. Дар ягон лаҳзаи вақт, дар соҳаи А-и фазо майдони электрикӣ тағйирёбанда бошад. Дар ин ҳол майдони электрикӣ тағйирпазир дар атрофи худ майдони магнитӣ меофарад. Майдони магнитии тағйирпазир дар соҳаи ҳамсоя майдони электрикӣ тағйирёбанда пайдо мекунад. Дар соҳаҳои пайопай ҷойгирифтаи фазо майдони электрикӣ ва майдони магнитии бо якдигар амудии даврӣ тағйирёбанда ҳосил мекунад.

Густариши мавҷҳои электромагнитӣ афканишот номида мешавад.



Расми 4.3.

Дар таҷрибаҳои Ҳертз дарозии мавҷҳо якчанд даҳҳо сантиметрро ташкил дода буд. Басомади лаппишҳои электромагнитии хусусии дар вибратор ҳосил шудаистодаро ҳисоб намуда, суръати густариши мавҷҳои электромагнитӣ бо формулаи $v = \lambda \cdot \nu$ аниқ қарда мешавад. Вай баробари суръати рӯшноӣ аст.

Ҳисобкунҳои замонавии охириин ҳам дурустии ин қиматро тасдиқ намуданд.

Намунаи ҳалли масъала

Шиддати контури лаппиши кушод тибқи қонуни $i = 0,3 \sin 5 \cdot 10^5 \pi t$ тағйир меёбад. Дарозии мавҷи электромагнитии дар фазо густаришёфта λ -ро ёбед.

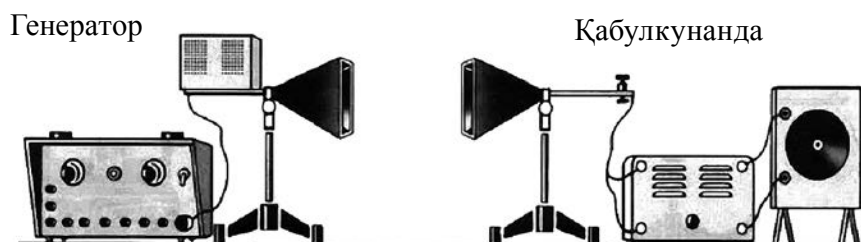
Дода шудааст: $\omega = 5 \cdot 10^5 \pi \cdot \text{с}^{-1}$ $v = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ Ёфтан лозим: $\lambda = ?$	Формулааш: $\omega = 2\pi\nu \Rightarrow \nu = \frac{\omega}{2\pi}$ $\lambda = \frac{v}{\nu}$	Ҳалли он: $\nu = \frac{5 \cdot 10^5 \cdot \pi \cdot \text{с}^{-1}}{2\pi} = 2,5 \cdot 10^5 \text{ Хз.}$ $\lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{2,5 \cdot 10^5} \text{ м} = 1200 \text{ м.}$ Ҷавобаш: 1200 м.
---	---	--



1. Контури кушодаи лаппиши гуфта чиро мефаҳмед?
2. Дар офариниши назарияи мавҷудияти майдони электромагнитӣ Максвелл ба чиҳо таъя намуд?
3. Дар вибратори Ҳертз ба байни саққоҳои ба стержени дурум шинонидашуда васли манбаъ набошад ҳам, аз чӣ сабаб шарора мепарад?
4. Оиди истифодаи лаппишҳои электромагнитӣ Ҳертз чӣ гуна фикрҳо гуфтааст?

Мавзӯи 22. ХОСИЯТҲОИ УМУМИИ МАВЧҲОИ ЭЛЕКТРОМАГНИТӢ (ИНЪИКОС ВА ШИКАСТ ДАР САРҲАДИ ДУ МУҲИТ). МАФҲУМҲОИ АСОСӢ ВА БУЗУРГИҲОИ ТАВСИФКУНАНДАИ МАВЧ

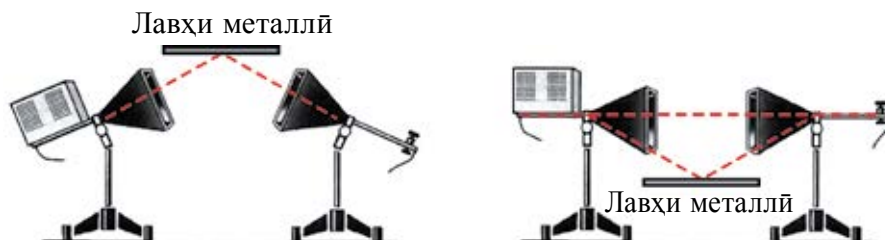
Хосиятҳои мавҷҳои электромагнитиро бо ёрии генератори махсус, ки мавҷҳои электромагнитӣ мебарорад, омӯхтан мумкин. Мавҷи электромагнитии баландбасомади дар генератор тавлидшуда ба антеннаи густаришӣ, ки номи *рупори генераторӣ* дорад, дода мешавад (расми 4.4).



Расми 4.4.

Намуди антеннаи қабул чун антеннаи густариш мешавад. Мавҷҳои электромагнитии дар антенна қабулшуда, ки ҚЭҲ ҳосил мекунад, дар диоди кристаллӣ ба ҷараёни пулсатсиядор табдил меёбад. Пас аз пурқувват кардани ҷараён ба галванометр нақл шуда дар он қайд мешавад.

Инъикоси мавҷҳои электромагнитӣ. Ба мобайни рупори густариш ва рупори қабул лавҳи металлӣ гузорем, овоз шунида намешавад. Мавҷҳои электромагнитӣ аз лавҳи металлӣ нагузошта бармегарданд. Акнун рупори густаришро ба боло (паст) нигаронида чун нишондоди расми 4.5 лавҳи металлро ҷойгир мекунем. Дар ин ҳол антеннаи қабул чун кунҷи афтиш ҷойгир карда шавад, қабули хуби овозро ҳис намудан мумкин.



Расми 4.5.

Инъикоси мавҷҳои электромагнитӣ аз лавҳи металлиро чунин маънидод кардан мумкин. Мавҷҳои ба лавҳаи металлӣ афтида дар сатҳи металл лаппишҳои маҷбурии электронҳои озодро тавлид мекунад. Басомади ин лаппишҳои маҷбурий бо басомади мавҷҳои электромагнитӣ баробар аст. Мавҷ аз металл гузашта наметавонад. Лекин ҳуди сатҳи металл манбаи мавҷҳои дуҷумӣ мегардад, яъне мавҷ аз сатҳ инъикос меёбад. Таҷрибаҳо мавриди инъикоси мавҷ аз сарҳади ду муҳит иҷро шудани қонуни инъикосро нишон медиҳад.

Ба ҷойи лавҳаи металлӣ диэлектрик гирифта шавад, аз он мавҷҳои электромагнитӣ басо кам инъикос мешаванд. Чунки дар онҳо электронҳои озод басо каманд.

Аз инъикоси мавҷҳои электромагнитӣ дар радиоалоқа ва радиолокаторсия васеъ истифода мебаранд (расми 4.6).



Расми 4.6.



Расми 4.7.

Шикасти мавҷҳои электромагнитӣ. Барои омӯзиши ин ба ҷойи лавҳаи металлӣ аз призмаи секунҷаи бо парафин пур кардашуда истифода мебаранд (расми 4.7). Антенаи қабул мавҷро қайд мекунад. Аз ин рӯ, мавҷи электромагнитӣ мавриди гузаштан аз сарҳади ду муҳит ҳаво – парафин ва парафин – ҳаво мешиканад. Таҷрибаҳо мавҷи электромагнитӣ аз як муҳит ба муҳити дуюм гузарад **қонуни шикаст** иҷро шуданаширо нишон медиҳад:

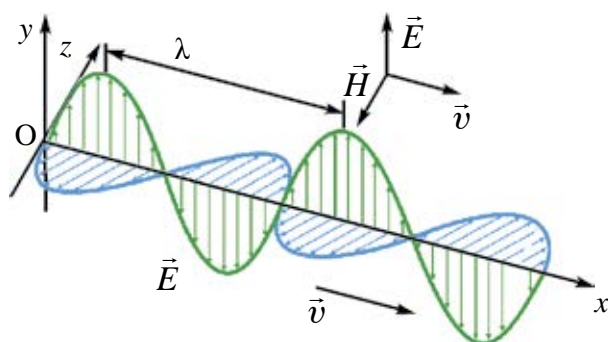
$$n_{21} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_1}} \frac{\sqrt{\epsilon_2}}{c} = \sqrt{\frac{\epsilon_2}{\epsilon_1}}; \quad (4-1)$$

дар ин ҷо: ϵ_1 ва ϵ_2 – дар ҳолати мувофиқ нуфузпазирии диэлектрикни муҳити якум ва дуюм.

Фазаи лаппишҳояшон як хел, масофаи ба якдигар наздиктарини байни ду нуқта дарозии мавҷи электромагнитӣ номида мешавад: $\lambda = \frac{c}{\nu}$.

Характеристикаи асосии мавҷи электромагнити басомад ν (давр T) ҳисоб меёбад. Чунки мавҷи электромагнитӣ аз як муҳит ба муҳити дигар гузарад, дарозии мавҷи он тағйирпазир буда басомад тағйирнопазир аст.

Шадибияти майдони электрикӣ ва самти лаппиши вектори индуксияи майдони магнитӣ ба самти густариши мавҷ амудӣ аст (расми 4.8). Аз ин рӯ, мавҷҳои электромагнитӣ, мавҷҳои арзӣ будаанд.



Расми 4.8.

Суръати \vec{v} густариши мавҷи электромагнитӣ ба вектори шадибияти майдон \vec{E} ва вектори индуксияи магнитӣ \vec{B} амудӣ аст.

Яке аз характеристикаи энергетикаи асосии мавҷҳои электромагнитӣ зичии сели нурҳои афкандаи мавҷи электромагнитӣ аст.

Нисбати энергияи электромагнитии миёнаи W аз сатҳи масоҳаташ S -и ба самти густариши мавҷ амудӣ дар вақти Δt гузашта бар ҳосили зарби масоҳати сатҳу вақти гузашти энергия зичии сели нурҳои афкандаи мавҷи электромагнитӣ номида мешавад:

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

Зичии сели нурҳои афкандаи мавҷ аз тавоноии миёнаи нурҳои афкандаи электромагнитии дар як давр аз масоҳати воҳидии сатҳ гузаранда иборат аст. Инро *интенсивияти мавҷ* мегӯянд.

$P_{\text{миёна}} = \frac{W_{\text{миёна}}}{t}$ ро ба (4-2) гузорем, $I = \frac{P_{\text{миёна}}}{S}$ бармеояд. Зичии сели нурҳои афканда ё воҳиди интенсивияти мавҷ $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$.

Силиндри ташкилдиҳандааш $S\Delta t$, масоҳати самташ ба самти сели нури афканда амудӣ ҷойгирифта S -ро мегирем. Ҳаҷми цилиндр ба

$\Delta V = S \cdot c \Delta t$ баробар аст. Энергияи майдони электромагнитии дохили цилиндр ба ҳосили зарби зичии энергия бар ҳаҷм баробар аст:

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

дар ин ҷо: w – зичии энергияи мавҷҳои электромагнитӣ. Формулаи (4-3) ро ба (4-2) гузошта ҳосил мекунем:

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

Зичии сели мавҷи электромагнитӣ ба ҳосили зарби зичии энергияи электромагнитӣ ва суръати густириши мавҷ баробар аст.

Мавҷҳои электромагнитии аз манбаъи нуқтагӣ баромада ба ҳама тараф густириш меёбад. Тибқи ин, соҳаи атрофи манбаъро ихотакардари чун кура пиндошта, формулаи (4-2) чунин навишта мешавад:

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

дар ин ҷо: $S = 4\pi R^2$ масоҳати сатҳи кура. Бинобар ин интенсивияти мавҷи аз манбаъи нуқтагӣ афканишёфта бо равиши мутаносибӣ ба квадрати масофа кам шуда меравад.

Шадиияти \vec{E} майдони электрикии майдони электромагнитӣ ва индуксияи \vec{B} майдони магнитӣ ба шитоби зарраҳои лаппишнок \vec{a} мутаносиб аст. Бинобар ин аз $E \sim \omega^2$ ва $B \sim \omega^2$ буданашро ба ҳисоб гирем, зичии энергияҳои майдонҳо ба дараҷаи чоруми басомад мутаносиб буданаш бармеояд:

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

Намунаи ҳалли масъала

1. Мавҷҳои электромагнитӣ $2 \cdot 10^8$ м/с густириш ёфта истодааст. Агар басомади мавҷҳои электромагнитӣ 1 МҲз бошад, дарозии мавҷи он ба чӣ баробар аст?

Дода шудааст:	Формулааш:	Ҳалли он:
$v = 2 \cdot 10^8$ м/с	$\lambda = \frac{v}{\nu}$	$\lambda = \frac{2 \cdot 10^8}{10^6} \frac{\text{м/с}}{\text{Ҳз}} = 200 \text{ м.}$
$\nu = 1 \text{ МҲз} = 10^6 \text{ Ҳз}$		
Ёфтан лозим:		
$\lambda = ?$		Ҷавобаш: 200 м.



1. *Аз чӣ сабаб ҷараёни тағйирёбандаи шабакаҳои равшанкунӣ мавҷҳои электромагнитӣ намеафкананд?*
2. *Аз инъикос ва шикасти мавҷҳои электромагнитӣ дар кучо истифода мебаранд?*
3. *Аз фурубарии мавҷҳои электромагнитӣ дар кучоҳо истифода мебаранд?*
4. *Басомади мавҷҳои электромагнитӣ 3 маротиба кам шуд. Дар ин ҳол энергияи афканишот чӣ хел тағйир меёбад?*

Мавзӯи 23. АСОСҲОИ ФИЗИКИИ РАДИОАЛОҚА. СОХТ ВА КОРИ РАДИОИ СОДДАТАРИН. РАДИОЛОКАТСИЯ

Дар замонҳои қадим одамон барои ба яқдигар расондани хабарҳо аз воситаҳои гуногун истифода бурдаанд. Фиристонидани хатҳо бо корвонҳои аз як мамлакат ба мамлақати дигар рафтуой кунанда, ба пойи кабутар маҳкам намуда фиристонидани хат ва ғайраҳо. Баъзан мактубро гирифта, аспони тездавро савор шуда беист давонида бурда расонидаанд. Дар ин ҳол суръати бурда расонидани хату хабар ба суръати корвон ё аспӣ тездав вобаста буд.

Аз тарафи дуҷум дар роҳи воситаи баранда монеаҳои бисёре буда, ба бурда расонидани хату хабар кафолат набуд.

Оё барои расонидани хабар аз мавҷҳои электромагнитӣ истифода бурдан мумкин аст?

Аввалан суръати густариши мавҷҳои электромагнитӣ басо калон аст. Дуҷум, дар роҳ роҳзанҳо ё душманҳо дошта наметавонад.

Боиси аз басо хурд будани тавоноии шарораҳои дар вибратори Ҳертз тавлидшуда аз он сигналҳоро ба масофаҳои дур нақл карда намешуд. Панҷ сол пеш аз ихтирои А.С. Попов, ки фиристонидани хабар ва воситаи мавҷҳои электромагнитиро кашф карда буд, физики фаронсавӣ Е.Бранли усули бовариноки ҳассосиаш баланди қайди мавҷҳои электромагнитиро меёбад. Ин асбобро Е.Бранли *когерер* (лот. *cohaerens*—дар алоқа будан) ном ниҳод. Когерер аз найчаи шишагини ба дохили он ду электрод шинонидашуда буда, байни онҳо оҳанрезаҳо андохта шудааст. Дар шароити оддӣ муқовимати ин

асбоб калон аст. Мавчи электромагнитии ба контур воридшуда дар он чараёни тағйирпазири баландбасомадро тавлид мекунад. Байни оҳанрезаҳо шарораҳои хурд пайдо шуда, онҳоро ба якдигар часпонида мемонад. Дар натиҷа муқовимати онҳо якбора кам мешавад (Дар таҷрибаи А.С. Попов аз 100 000 Ом то 1000 Ом яъне, аз 100 маротиба зиёд). Лекин пас аз як маротиба гузаштани чараён оҳанрезаҳо часпида мемонанд. Когерерро афшонид, онро боз ба ҳолати корӣ овардан зарур. Аз ин рӯ А.С. Попов ба занҷири когерер ба воситаи релеи электромагнитӣ занги электрикиро васл мекунад. Мавриди тавлиди мавчи электромагнитӣ болғачаи ин занг дар як вақт ба когерер мезанад ва онро ба ҳолати корӣ меорад.

Якумин маротиба муҳандиси рус А.С. Попов дар шаҳри Санкт-Петербурги Россия 7 майи соли 1895 бо мавҷҳои электромагнитӣ фиристонида қабул намудани хабарро намоиш дод. Додугирифтӣ хабарҳо ба воситаи мавҷҳои электромагнитӣ **радиоалоқа** номида мешавад. Таҷҳизоти хабар фиристанда **радионақл**, таҷҳизоти қабулкунӣ **радиоқабул** гуфта мешавад.

А.С. Попов дар соли 1899 радиоалоқаро дар масофаи 20 км гузаронида бошад, соли 1901 ба 150 км расонид.

Таҷҳизоти ба ин монандро муҳандиси италийӣ Г. Маркони ҳам бо равиши параллелӣ фикр карда баромад.

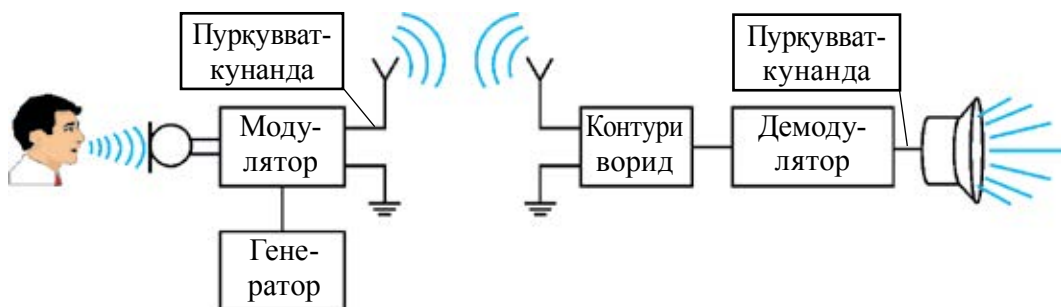
Басомади мавҷҳои электромагнитӣ хурд бошад, энергияи он кам буда, ба масофаи дур густариш намеёбад ($W \sim v^4$). Дуюм ин, ки хабарҳои ду радиостансияи ба якдигар наздик бо ҳам омехта шуда меравад. Боиси ин дар радиоалоқа зарурияти истифодабарии лаппишҳои электромагнитии баландбасомад ба миён омад.

Дар соли 1913 ихтирои генератори тавлидкунандаи лаппишҳои электромагнитии хомӯшнашаванда қадами муҳим шуд.

Ба воситаҳои мавҷҳои электромагнитии баландбасомад нақли хабарҳо сар шуд. Барои ин ба лаппишҳои электромагнитии баландбасомади дар генератор тавлидшуда лаппишҳои пастбасомад (басомади садо) ҳамроҳ намуда фиристонида мешавад. Дар ин лаппишҳои садо бо ёрии **микрофон** ба лаппишҳои электромагнитӣ мубаддал мешавад.

Лаппишҳои электрикии пастбасомадро ба лаппишҳои электрикии баландбасомад ҳамроҳ намуда нақлкунӣ **модулятсия** номида мешавад. Блок – схемаи бурдани радиоалоқа дар расми 4.9 оварда шудааст.

Лаппишҳои модулятсия кардашуда бо ёрии антенна ба фазо густариш меёбад. Қисми қабули радиоалоқа ҳам антенна аст. Мавҷҳои электроманитии омада ба он зада, лаппишҳои электромагнитиро ҳосил мекунад. Дар радиоқабул аз даруни радиостансияҳои бисёру гуногун лозимиашро қабулкунӣ ба воситаи **контури ворид** ба амал оварда мешавад. Пас аз ин чудо карда гирифтани лаппиши пастбасомади бо лаппишҳои баланбасомад ҳамроҳ фиристонидашуда ба амал меояд. Инро **демодулятор** иҷро мекунад. Дар баландгӯяк (карнай)и телефон лаппишҳои электрикӣ пастбасомад ба лаппишҳои садо табдил меёбад.

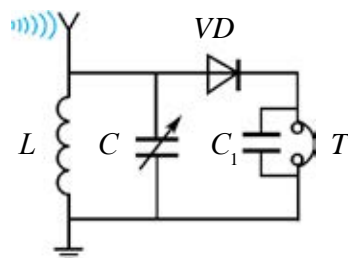


Расми 4.9.

Аз кадом блокҳо ташкил ёфтани радиоқабул ба Шумо маълум. Акнун аз чӣ гуна деталҳо ташкил ёфтани радиоқабули соддатаринро дида мебароем (расми 4.10).

Радиомавҷҳои ба антенна қабул омада зада, дар он лаппишҳои электромагнитӣ тавлид мекунад. Ғалтаки индуктивият (L) ва конденсатори ғунҷоишаш тағйирпазир (C) контури лаппишро ҳосил мекунад. Бо ёрии конденсатори ғунҷоишаш тағйирпазир басомади контур бо басомади радиостансия қабулаш лозимӣ як хел карда мешавад. Бо ҳамин аз дохили сигналҳои бисёри радиостансияҳо лозимиаш чудо карда мешавад.

Маълум аст, ки хабари фиристонида ҳамроҳи лаппишҳои баланбасомад меоянд. Чун гуфтаҳои болоӣ, вазифаи онҳоро аз якдигар чудо карданро таҷҳизоти демодулятор иҷро мекунад. Онро бештар **детектиронӣ** меноманд. Ин вазифаро диоди нимноқилӣ иҷро мекунад. Шиддати баланд басомади дар контури ворид тавлидшуда ба воситаи диод VD , конденсатор C_1 ва телефон T чараёнро ба вучуд меорад. Дар



Расми 4.10.

мавриди аз диод гузаштан сигналҳои баландбасомад ва пастбасомад аз якдигар чудо мешаванд. Сигналҳои баландбасомад ба воситаи конденсатори C_1 сигналҳои пастбасомад ба воситаи телефон T мегузарад. Телефонро ба ғӯш ниҳода, радиошунавоиро бемалол шунидан мумкин. Дар радиоқабули соддатарин бо сабаби вазифаи **детекторро** диод иҷро намудан ва қорбаст набудани дигар асбобҳои электронӣ ин қабулкунак (приёмник)-ро **қабулкунаки детекторӣ** меноманд.

Аз мавҷҳои электромагнитӣ дар радиолокати ҳам васеъ истифода мебаранд (расми 4.11).



Расми 4.11.

Чун гуфтаҷоямон дар мавзӯи пешина дар ин аз падидаи инъикоси мавҷҳои электромагнитӣ истифода мебаранд. Ба воситаи радиолокати баландии самолёти дар парвозбуда, суръат ва дар кадом дурӣ воқеъ буданаширо саҳеҳ чен кардан мумкин. Барои ин радионақлро дар муддати бағоят кӯтоҳ қанда, аз нав пайвандем, радиомавҷи ба самолёт зада инъикос ёфтара қайд намудан мумкин.

Бо ёрии электроаппаратура вақти байни мавҷи фирстондашуда ва инъикос ёфта баргаштара Δt чен кунем, роҳи тайкардаи мавҷҳои электромагнитиро ёфтан мумкин: $s = ct$. Дар ин ҷо: c – суръати мавҷи электромагнитӣ. Роҳи то объект ва аз он баргашта тай намудаи мавҷ $s = 2l$ мешавад. $l = \frac{ct}{2}$ – аст. Барои аниқ намудани мавқеи объект дар фазо радиомавҷҳо дар шакли дастаи борики нур фирстонда мешавад. Барои ин антеннаро дар намуди ба шакли сферикӣ наздик месозанд.

Бо методи радиолокатионӣ масофаҳои аз Замин то Моҳ, инчунин то Меркурий, Венера, Марс ва Муштарӣ аниқ чен карда шудаанд.

Намунаи ҳалли масъала

1. Радиолокатор ба воситаи мавҷи электромагнитии дарозии мавҷаи 15 см қор мекунад ва дар ҳар як сония 4000 импульс мебарорад. Давомнокии ҳар як импульс 2 мкс. Ҳар як импульс чӣ қадар лаппиш дорад ва бо ёрии радиолокатор нишонро дар қадом масофаи наздиктарин муайян кардан мумкин буданаширо ёбед.

Дода шуда аст:	Формулааш:	Ҳалли он:
$\lambda = 15 \text{ см}$	$N = \frac{t \cdot c}{\lambda} = \nu T$	$N = \left(\frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot 3 \cdot 10^8}{15 \cdot 10^{-2}} \right) = 4 \cdot 10^3.$
$n = 4000$		
$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$	$L_{\max} = \frac{1}{2} c \left(\frac{1}{n} - t \right)$	$L_{\max} = \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot 10^8 \left(\frac{1}{4000} - 2 \cdot 10^{-6} \right) \text{ км} \approx$
$t = 2 \text{ мкс} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ с}$		
Ёфтани лозим:		$\approx 37,5 \text{ км}$
$N = ?$		Ҷавобаш: $N = 4000; L_{\max} \approx 37,5 \text{ км}.$
$L_{\max} = ?$		



1. Дар радиоқабул детектор чӣ гуна вазифаро иҷро мекунад?
2. Ба қабулкунак контури ворид барои чӣ лозим аст?
3. Бо ёрии радиолокатор масофа то объект чӣ хел чен карда мешавад?
4. Дар радиоқабул гунҷоиши конденсатор 4 маротиба хурд шавад, дарозии мавҷи электромагнитии қабулкардашуда чӣ гуна тағйир меёбад?

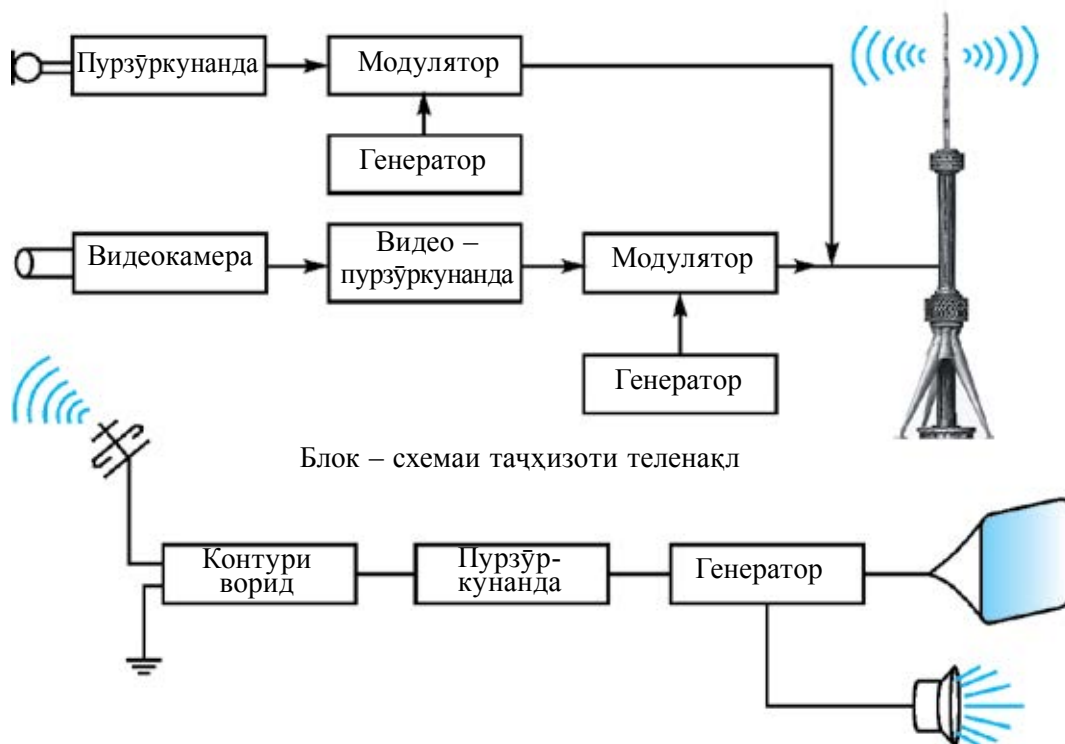


Қабулкунаки детектори соддатарини дар расми 4.10 овардашударо созад ва қор кунонида бинед.

Мавзӯи 24. АСОСҲОИ ФИЗИКИИ ТЕЛЕНАМОИШҲО. ТОШКАНД – ВАТАНИ ТЕЛЕВИЗИОН

Имрӯзҳо хонандае нест, ки телевизор набинад. Маълумот оиди атрофу олам, намоишҳои гуногуни фароғатӣ, мултфилмҳоро ҳама мебинад. Бидуни ин, рӯзҳои фарахбахши ҳаётмон, тӯйҳо, маросимҳо ва тадбирҳоро ҳам ба навор гирифта, сипас дар рӯзи дилхоҳ аз нав диданамон мумкин. Ба Моҳ ва сайёраҳои, Зухро, Марс бевосита нарафта, бо ёрии камераҳои ба киштиҳои кайҳонӣ гузошташуда сатҳи онҳоро мушоҳида намудан ҳам бо туфайли комёбиҳои телевизионӣ аст. Хӯш, видеотасвирҳо аз як ҷой ба ҷойи дигар чӣ хел накл мешавад? Дар ҷойҳои қабул сигналҳо боз чӣ тавр ба тасвир табдил меёбад?

Ин гуна саволҳо хонандагони бисёрро ба шавқ меорад. Блок – схемаи соддаи таҷҳизҳои ба амаловарии теленамоишҳо дар расми 4.12 оварда шудааст.



Расми 4.12.

Дар мавзӯи пешина тибқи лаппишҳои садоро бо микрофон ба лаппишҳои электрикӣ мубаддал кардан гуфта шуда буд. Айнан ҳамин тавр тасвир ҳам аввал ба сигналҳои электрикӣ мубаддал карда мешавад. Ин чараён бо таҷҳизоти махсус – **видеокамера** сурат мегирад. Сигналҳои бо ёрии видеокамера офаридашуда дар ҷузъиёти махсуси электронӣ пурзӯр мегардад.

Дар модулятор сигналҳои тасвир бо лаппишҳои электромагнитии баландбасомад якҷоя мешаванд. Дар ҷузъиёти теленақл қисми ҷудогона радионақл буда, кори он аз таҷҳизотҳои дар мавзӯи пешина овардашуда фарқ намекунад.

Дар блоки охирини теленақл сигналҳои модулятсияшудаи овоз ва тасвир дар ҳолати яклухт ба антеннаи густариш дода мешавад.

Дар антеннаи телеқабул телесигналҳо ба лаппишҳои электрикӣ мубаддал мегардад. Ба воситаи контури ворид дастури лозимӣ дархост

мегардад. Сигнали заифи ҷудонамуда дар блоки махсус пурзӯр карда, ба детектор дода мешавад. Детектор аз сигнали баландбасомад сигналҳои тасвир ва овозро ҷудо карда медиҳад. Сигнали тасвир ба экрани телевизор, сигнали овоз ба радиокарнай (баландгӯяк) меравад.

Телевизорҳои замони ҳозира ранга буда, овоз бо оҳангҳои гуногун бароянда ва аз масофа идоракунонда аст. Аз ин рӯ, дар телевизор бидуни блокҳои дар боло нишон додашуда боз дигар блокҳо ҳам мешавад.

Телехабарҳо дар диапазони фосилаи басомадаш 50 МҲз ва 230 МҲз густариш меёбад. Ин гуна мавҷҳо фақат дар сарҳади намудории антенна паҳн мешаванд. Аз ин рӯ барои ба ҳудуди калон густариши телехабар баландии антеннаи густаришро зиёд ва онҳоро зичтар бояд ҷойгир намуд. Барои бо масофаҳои дур расонидани хабарҳо аз системаи алоқаи ҳамсафарони маснӯъ истифода бурдан мумкин.

Маълум аст, ки дар институти технологияи Санкт-Петербург соли 1911, 9-май Б.Л. Розинг дар экрани найчаи электронӣ – нурии тасвири панҷараи беҳаракатро ҳосил намуд.

Инкишофи ояндаи телевизионӣ бо Тошканд вобаста аст. Лаборанти Университети давлатии Осиёи Миёна Борис Павлович Грабовский бо офаридани аппарати телевизионии дорой тасвири ҳаракатнок буда машғул мешавад. Бо ҳамкориҳои муҳандисон В.И. Попов ва Н.Г. Пискуновҳо конструксияи аппарати “радиотелефот”-ро офариданд. Ба он 9-ноябри соли 1925 гувоҳномаи рақами қабулкунии № 4899 ва пас аз он патенти рақами № 5592 дода шуд. Ин лоиҳа тамоми элементҳои системаи телевизионии замони ҳозираро дарбар мегирад. Албатта барои ба амал баровардани ин лоиҳаи “дидан ба воситаи радио” аппарат ва асбобҳои иловагӣ зарур буд. Бинобар ин, ёвари Б.П. Грабовский, И.Ф. Белянский аз Раиси президиуми КИМ Ўзбекистон Ҷ. Охунбобоев кӯмак пурсида, мурочиат намуд. Раҳбарияти Республика ба ихтироҷиён дар дараҷаи кофӣ маблағ ҷудо мекунонд. Барои таҷҳизоти телевизионӣ тамоми корхонаҳои Тошканд ва лабораторияҳои он дарҳости онҳоро иҷро намуданд.

Санҷиши расмӣ “Телефот” бобои телевизори замони ҳозира рӯзи 26-июли соли 1928 дар бинои алоқа таҳти раисии профессори Университети Давлатии Осиёи Миёна Н.Н. Златовратский шуда гузашт. Дар он якумин маротиба тасвири одами ҳаракатнок намоён шуд. Рӯзи 4-август дар кӯчаи Алишер Навоии шаҳри Тошканд тасвири трамвайи дар ҳаракат ба воситаи “телефот” такмил дода шуд: вариантҳои дигари онро кор карда

баромаданд ва тадқиқотхоро тамоми олимони дунё, муҳандисон гирифта бурданд. Дар натиҷа телевизорҳо дорои намуди имрӯза шуданд. Бинобар ин “Ватани телевизор – Тошканд-гуфта, ифтихор карда метавонем.

* Соли 1956 дар байни собиқ республикаҳои Осиёи Миёна аввалин маркази телевизионии рангаш сафеду сиёҳ дар Тошканд ба кор сар кард. То соли 1990 дар собиқ СССР фақат дуто “Якумӣ (Москва)” ва “Дуюмӣ (Орбита)” канали умумиттифоқ мавҷуд буд. Дар чойҳо бо барномаҳои маҳаллии сеюм теленамоишҳо гирифта бурдаанд. Дар Тошканд ба сифати дастури ҷаҳорум бо навбат телевизиони Қирғизистон ва Тоҷикистон намоиш дода шуда буд. Дар дастури 5-ум. теленамоишҳои Қазоқистонро гирифта намоиш додаанд. Дар соли 1956 дар Тошканд телеманораи баландиаш 180 м сохта шуда, теленамоишҳо мунтазам бурда шуд. Соли 1967 системаи теленамоиши ранга бо номи СЕКАМ ба кор сар кард. Дар Тошканд солҳои 1978–85 дар соҳили рости канали Бӯзсув телеманораи баландиаш 375 м сохта, ба кор андохтанд. Баландии зерзаминии он 11 метр буда, вазни умумии он аз 6000 тонна зиёдтар аст. Телеманора дар Осиёи Марказӣ дар чойи якум, дар ҷаҳон пас аз Останкино (Москва), Торонто (Канада), Токио (Япония) дар чойи 9-ум буд. Дар Ўзбекистон 4 канали давлатӣ буд: ЎзТВ–1, ЎзТВ–2, ЎзТВ–3 ва ЎзТВ–4. Ду канали охирин каналҳои Россияро намоиш меод. Соли 1998 канали 30 номида шудаи хусусӣ ба кор сар намуд. Соли 2008 дар басомади он шунавониданҳо бо забони русӣ дар Соф ТС кори худро сар намуд. Солҳои охир бештар телеканалҳои хусусӣ кушода шуданд. Соли 2017 канали “Ўзбекистон 24”, ки тамоми шабонарӯз кор мекунад, кушода шуд.



1. Дар теленамоишҳо бо ёриши чӣ тасвир ба сигналҳои электрикӣ табдил дода мешавад?
2. Барои чӣ Тошканд ватани телевизор гуфта мешавад?
3. Бо зиёдашавии баландии телеманораҳо дуриши нақли теленамоишҳо чӣ таъвир тағйир меёбад?

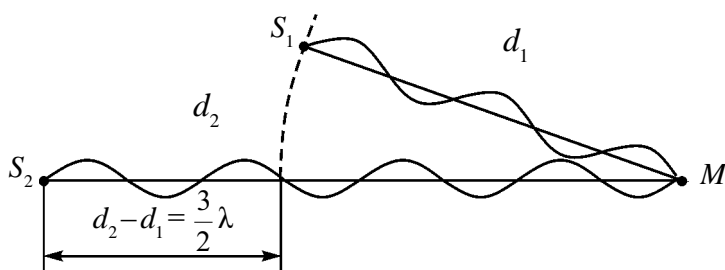


Ҳангоми телевизорӣ дар хонаатон буда кор карда истоданаиш як дастурро бо дастури дигар иваз кунед, баландии овозро тағйир диҳед. Аз чӣ сабаб бо ёриши пулт онҳоро тағйир додан мумкин? Фикр карда бинед.

Мавзӯи 25. ИНТЕРФЕРЕНСИЯ ВА ДИФРАКСИЯИ РӯШНОЙ

Дар вақти баҳор пас аз борон тирукамони дар осмон пайдошуда, пуфаки собун ё дар рағани ба асфалт рехта намоёншавии рангҳои чилдорро дида завқ мебарем. Оиди тавлидшавии сабаби онҳо фикр ҳам намекунем. Сабаби он интерференсия аст. Падидаи интерференсия ба мавҷҳои табиати дилхоҳ дошта хос аст. Барои фаҳмидани моҳияти ин ҳодиса омӯзишро аз интерференсияи мавҷҳои механикӣ сар мекунем.

Дар ягон муҳит мавҷҳо густариш ёбанд, ҳар яки онҳо бо равиши мустақил гӯё дигар мавҷҳо нестанд, паҳн мешаванд. Инро принципи *суперпозитсияи (мустақилӣ)* густариши мавҷҳо номида мешавад. Ғеҷиши натиҷавии зарра дар муҳит дар вақти дилхоҳ ба суммаи *геометрии ғеҷишҳои* чараёнҳои мавҷ иштирок дошта баробар аст. Масалан, дар муҳит ду мавҷ паҳн шуда истода бошад, онҳо зарраи нуктаи расида омадашонро бо равиши мустақилӣ аз якдигар мелалпонанд. Агар басомади ин лаппишҳо баробар, фарқи фазаҳо доимӣ бошад, дар нуктаи вохӯрӣ онҳо якдигарро пурзӯр ё сушт мекунанд. Ин ҳодиса интерференсияи мавҷҳо номида мешавад. Мавҷҳои баробарбасомад ва фарқи фазаҳои онҳо собит **мавҷҳои когерентӣ** номида мешавад. Бинобар ин, ҳодисаи мавриди вохӯрии мавҷҳои когерентӣ якдигарро пурзӯр ё ки сушт намудани онҳо **интерференсияи мавҷҳо** номида мешавад. Дар кадом ҳолат онҳо якдигарро пурзӯр ё сушт мекунанд? Барои омӯзиши ин вохӯрии ду мавҷи когерентии аз манбаъи S_1 ва S_2 дар сатҳи об буда баромадаро дида мебароем (расми 4.13).



Расми 4.13.

d_1 – масофаи тайнамудаи мавҷи аз манбаъи S_1 баромада то нуктаи M
 d_2 – масофаи тайнамудаи мавҷи аз манбаъи S_2 баромада то нуктаи M
 бошад. Дар ин ҳол $d_2 - d_1 = \Delta d$ – фарқи роҳҳои мавҷҳо номида мешавад. Агар фарқи роҳҳо ба адади чуфти дарозии нисфи мавҷ каратӣ бошад:

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

дар ин нуқта пурзӯршавии лаппишҳо мушоҳида мешавад. Муносибати (4-6) шарти максимуми интерференсия номида мешавад.

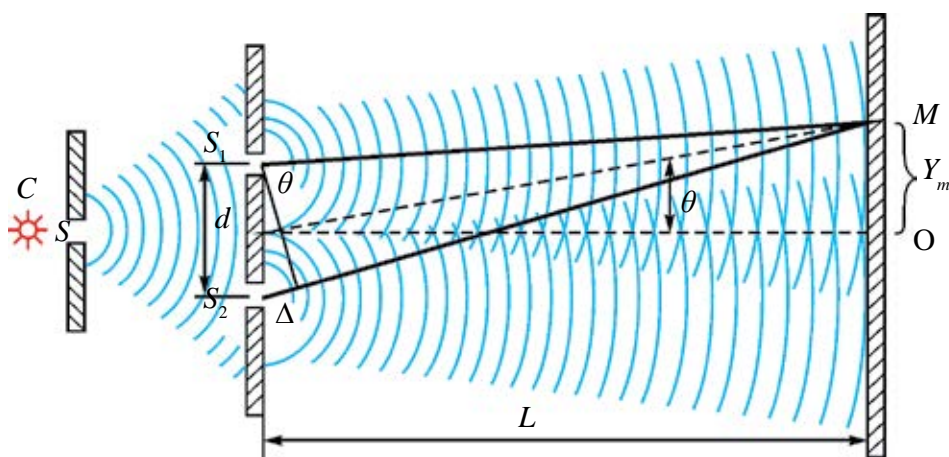
Фарқи роҳ ба адади тоқи дарозии нисфи мавҷ каратӣ бошад:

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

дар ин нуқта сустшавии лаппишҳо мушоҳида мешавад.

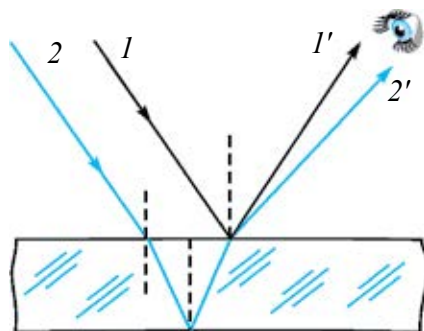
Интерференсияи рӯшноӣ ҳолати хусусии интерференсияи мавҷҳо аст. Барои мушоҳидаи он мавҷҳои рӯшноӣ аз ду манбаи когерентӣ афкандаро ба ягон нуқтаи маълуми фазо чамъ кардан лозим. Лекин ду манбаи ҷудогонро чӣ хел интиҳоб накунем, рӯшноии нурҳои аз онҳо афканишфта когерент намешавад. Аз ин рӯ, асосан нури рӯшноӣ аз як манбаъ афтидаро бо таври сунъӣ ба ду ҷудо карда, нурҳои когерентӣ ҳосил мекунад.

1. Методи Юнг (соли 1801). Методи он дар расми 4.14 оварда шудааст. Нури Офтоб ба ҳонаи торик аз сӯроҳии хурд S мебарояд. Ин нур аз ду сӯроҳии S_1 ва S_2 гузашта ба ду нур ҷудо мешавад. Дар мавриди онҳо дар экран воҳӯрӣ дар қисми марказӣ тасмаи сафед, дар қисмҳои канорӣ тасмаи рангин ҳосил мекунад. Юнг бо таҷрибаҳои худ дарозии мавҷи рӯшноиро аниқ ёфт. Барои қисми бунафши канори спектр дарозии мавҷ 0,42 мкм, барои рӯшноии сурх 0,7 мкм. ро мегирад.



Расми 4.14.

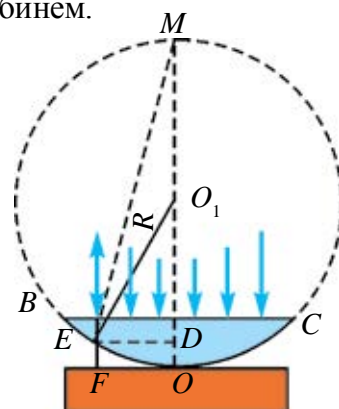
2. Рангҳо дар пардаҳои тунук. Ба ранги рағани ба асфалт рехта ва пуфаки собун бармегардем. А нури сафед ба пардаи тунук афтида истода бошад (расми 4.15), як қисми нурҳои афтида (мавчи 1) аз қисми болоии парда инъикос мешавад. Қисми дигар ба дохили парда гузашта, аз сатҳи поёни инъикос мешавад (мавчи 2).



Расми 4.15.

Ҳар дуи мавҷи инъикосёфта ($1'$ ва $2'$) бо роҳҳояшон фарқ мекунанд. Онҳо дар чашм бархӯрда, манзараи интерференсионӣ ҳосил мекунанд. Аз ранги сафед мавҷи дарозиаҷ дар фосилаи аз 380 то 760 нм буданаш дар нуқтаҳои гуногуни қабулкунанда якдигарро пурзӯр менамояд ва тасвири ранга мебинем.

3. Ҳалқаҳои Нютон. Бигзор ба болои лавҳаи тунук линзаи дорои сатҳи барҷаста гузошта шуда бошад (расми 4.16). Дар ин байни лавҳаи параллел ва линзаи дар нуқтаи O ба он расидаистода қабати ҳаво мешавад. Рӯшани аз қисми ҳамвори линза афтида аз қабати болоӣ ва поёнии он инъикос мегардад. Ин нурҳо дар вохӯрӣ манзараи интерференсиониро нишон медиҳанд.



Расми 4.16.

Агар ҷузъиёт бо рӯшноии монохроматикӣ рӯшан карда шавад, манзараи интерференсионӣ шакли ҳалқаҳои равшан ва тираро мегирад. Агар ҷузъиёт бо рӯшноии сафед рӯшан карда шавад, дар рӯшноии инъикосшуда аз нуқтаи расиши линза бо ҳамворӣ доғи тира намудор мешавад. Дар атрофи он ҳалқаҳои рангин ҷойгир аст. Диаметри ҳалқаи рақами тааллуқро чен карда, дарозии мавҷи рӯшноӣ ё радиуси қачигии линзаро аниқ кардан мумкин:

$$r_{\text{рӯш}} = \sqrt{\left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda R} \text{ – радиуси ҳалқаҳои рӯшан; } R \text{ – радиуси қачигии линза,}$$

$$m = 0, 1, 2, 3 \dots$$

$$r_{\text{тира}} = \sqrt{m\lambda R} \text{ – радиуси ҳалқаҳои тира.}$$

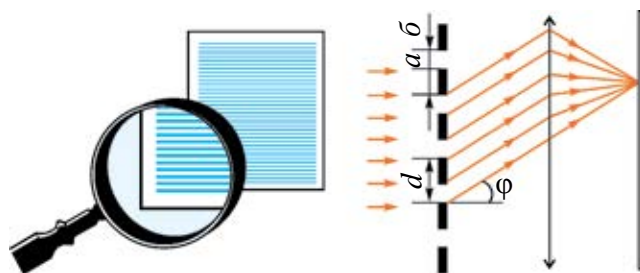
Дифраксияи рӯшноӣ. Дар мавриди ба монеъа бархӯрии рӯшноӣ дар роҳи худ ба қисми канори монеъа гузаштани онро одамон кайҳо дарк намудаанд. Шарҳи илмӣ ин падида бори нахуст Ф. Грималди додааст. Он хиратар баромадани сояи паси ашӯхоро ашро маънидод кард. Вай ин ҳодисаро дифраксия номид. Ҳамин тавр, *монеъаи роҳи худро давр зада гузаштани мавҷ дифраксияи мавҷҳо* номида мешавад. Дар ин ҳол қонуни густариши ростхаттаи рӯшноӣ иҷро намешавад. Барои мушоҳидаи ҳодисаи дифраксия андозаи монеъа (садд) аз дарозии мавҷи ба он зада хурд шуданаш лозим. Дифраксияи рӯшноӣро мавриди гузаштани он аз роғаи танг ҳам мушоҳида кардан мумкин. Дар ин ҳо ҳа андозаи роға аз дарозии мавҷи рӯшноӣ хурд шуданаш лозим.

Барои гирифтани ва мушоҳидаи манзараи дифраксионӣ равшан ва аниқ аз панҷараи дифраксионӣ истифода мебарем. Панҷараи дифраксионӣ – аз маҷмӯи адади зиёди садд ва роғаи ба мушоҳидаи дифраксияи рӯшноӣ пешбинишуда иборат аст. Панҷараи дифраксионӣ аз рӯи ҷойгиршавии роғаҳо ба ду намуд ҷудо мешавад, *панҷараҳои ботартиб (мунтазам) ва бетартиб*.

Дар панҷараи дифраксионӣ ботартиб роғаҳо бо ягон тартиби қатъии маълум ҷойгир мешаванд. Дар панҷараи дифраксионӣ бетартиб роғаҳо бетартиб ҷой мегиранд.

Барои тайёр намудани панҷараи ҳамвори дифраксионӣ ботартиб бо ёрии алмос ба лавҳаи шаффоф хатҳои мувозӣ (параллел) ва ба якдигар наздик ҷойгирфта мекашанд. Хатҳои қашида вазифаи садд (монеъа), мобайни хатҳо роғаро иҷро мекунанд. Бари роға a , бари садд b бошад. Дар ин ҳол $a + b = d$ *доими панҷара ё даври* он меноманд.

Аз панҷараи дифраксионӣ гузаштани рӯшноӣро дида мебароем (расми 4.17).



Расми 4.17.

Дар ин ҳол нури монохроматикӣ ба ҳамвории роғаҳои панчара амудӣ афтада истода бошад. Бо туфайли падидаи дифраксия нурҳои аз роға гузашта ба кунчи φ майл меҳӯранд. Онҳоро чамъ намуда, ба экран мефароранд. Дар экран манзараи дифраксионӣ – қатори тасмаҳои равшани бо фосилаҳои рангаи сиёҳтоб ҷудошуда намоён мегардад.

Дар ин ҷо d – доимии панчара, λ – дарозии мавҷи рӯшноӣ, φ – кунчи майлхӯрии нур дар панчара бо ёрии формулаи зерин вобаста мешавад:

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

n – рақами тартибии максимумҳои дифраксионӣ. Агар $n = k$ ($k = 0, 1, 2, \dots$) бошад, мавриди вохӯрӣ нурҳо якдигарро пурзӯр мекунад. $n = \frac{2k+1}{2}$ бошад нурҳо якдигарро суст мекунад.

Ҳодисаҳои интерференсия ва дифраксия бо рӯшноӣ мушоҳидашаванда ба хусусияти мавҷӣ тааллуқ доштани онро тасдиқ мекунад. Аз ин ҳодисаҳо дар техника истифода мегаранд. Масалан, асбоби номи интерферометр дошта басо ҳассос буда, бо он кунчи басо хурдро сахҳ чен намудан, қобилияти шуоъшикании моддаҳои гуногунро муайян кардан, носуфтагии сатҳро чен намудан ва дараҷаи ҷиллодиҳиро аниқ кардан мумкин аст.

Намунаи ҳалли масъала

1. Ба панчараи дифраксионӣ рӯшноии монохроматикӣ дарозии мавҷаш 500 нм меафтад. Спектри тартиби дуюм таҳти кунчи 30° намудор шавад, доимии панчара баробари чист?

<p>До да шуда аст:</p> <p>$\lambda = 500 \text{ нм} = 500 \cdot 10^{-9} \text{ м}$</p> <p>$n = 2$</p> <p>$\varphi = 30^\circ$</p> <hr/> <p>Ёфтан лозим</p> <p>$d = ?$</p>	<p>Формулааш:</p> <p>$d \sin \varphi = n \lambda$</p> <p>$d = \frac{n \lambda}{\sin \varphi}$</p>	<p>Ҳалли он:</p> <p>$d = \frac{2 \cdot 500 \cdot 10^{-9}}{\sin 30^\circ} \text{ м} =$</p> <p>$= \frac{10^{-6}}{0,5} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ м.}$</p> <p>Ҷавобаш: $2 \cdot 10^{-6} \text{ м.}$</p>
---	---	---



1. Аз чӣ сабаб аз ду лампочкаи як қорхона истеҳсолкардаи дорои тавоноии як хел буда рӯшноии баромада интерференсия ҳосил намекунад?
2. Аз падидаи дифраксия дар қучоҳо истифода бурдан мумкин?
3. Оё рақами тартиби спектри дар панчараи дифраксионӣ мушоҳидашаванда интиҳо дорад?

4. Дар мавриди мушоҳидаи ҳодисаи интерференсия фарқи роҳ баробари $3,5 \lambda$ бошад, чӣ мушоҳида мешавад?

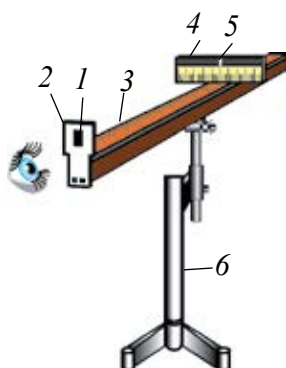


Бо диски компьютер ва лазер оиди интерференсия ва дифраксия таҷриба гузаронед.

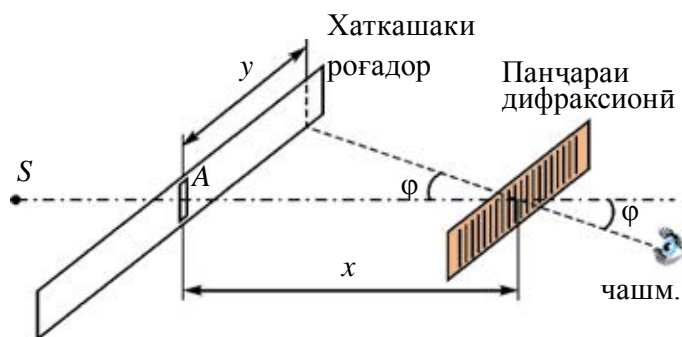
Мавзӯи 26. КОРИ ЛАБОРАТОРӢ: МУАЙЯН КАРДАНИ ДАРОЗИИ МАВЧӢ РӮШНОӢ БО ЁРИИ ПАНЧАРАӢ ДИФРАКЦИОНӢ

Мақсади кор. Омӯхтани муайянкунии дарозии мавчӣ рӯшноӣ бо ёрии панчараи дифраксионӣ.

Асбобҳои лозимӣ ва ҷиҳозҳо: 1. Панчараи дифраксионии доимиаш $\frac{1}{100}$ мм ё ки $\frac{1}{50}$ мм. 2. Манбаи рӯшноӣ. 3. Экрани сиёҳи мобайнаш роғадор. 4. Хаткашакҳои масштабаш миллиметрии дароз ва кӯтоҳ. 5. Асос барои ҷойгиркунии асбобҳо (расми 4.18).



Расми 4.18.



Расми 4.19.

Иҷрои кор. Ба болои асоси асбобҳо (6) ҷойгир шуда хаткашаки масштабаш (3)-ро ҷойгир мекунем. Ба яке аз нӯгҳои он экрани (4) дар мобайнаш роғадори сиёҳ (5)-ро мегузорем. Ба экрани сиёҳ хаткашаки кӯтоҳи масштаби миллиметрӣ маҳкам карда шудааст. Экрани сиёҳ ҳамин тавр ҷойгир мешавад, ки онро дар рӯи хаткашаки дароз гечонидан мумкин бошад. Ба нӯги дуоми хаткашаки дарози рамкадор (2) панчараи дифраксионӣ (1) гузошта мешавад, манбаи рӯшноиро ба кор меандозем. Ба воситаи панчара ва роға ба манбаи рӯшноӣ назар андозем, дар ду тарафи роға спектрои дифраксионии тартибҳои якум,

дуюм ва ғайраҳо намоён мешаванд. Хаткашаки роғадор ё, ки панҷараи дифраксиониро дар рӯйи хаткашаки дароз ғечонида нури сурхи дар тартиби якум буда ба r ба рӯйи адади бутуни шкала оварда мешавад. Масофа аз роға то нури дархост y -ро аниқ мекунем (расми 4.19). Пас аз ин масофаи аз панҷараи дифраксионӣ то хаткашаки роғадор x -ро чен мекунем. Дар ин ҷо $y \ll x$ буданаш $\sin \varphi \approx \text{tg} \varphi$ гуфта мегиранд. $\text{tg} \varphi = \frac{y}{x}$ буданашро ба ҳисоб гирифта аз формулаи (4–8) дарозии мавҷи рӯшноӣ ҳисоб карда мешавад:

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

дар ин ҷо: λ – дарозии мавҷи нури рӯшноӣ, d – доимии панҷара.

Таҷрибаро ба нури сурхи тартиби дуюм ва сеюм мегузаронем. Ин гуна таҷрибаҳои монандро ба спектрҳои тарафи чап ҳам мегузаронем.

Ченкунӣ ва натиҷаҳои ҳисобкуниро ба ҷадвали зайл менависанд.

Ранги нур	x , мм	y , мм	n , рақами тартиби спектр	λ , нм	λ_m , нм	$\Delta\lambda = \lambda_m - \Delta\lambda $	$\Delta\lambda_m$	Ҳатоии нисбӣ $E_n = \frac{\Delta\lambda_m}{\lambda_m}$

Қимати миёнаи натиҷаҳои гирифта ва ҳатоҳои нисбиро ҳисоб мекунанд.

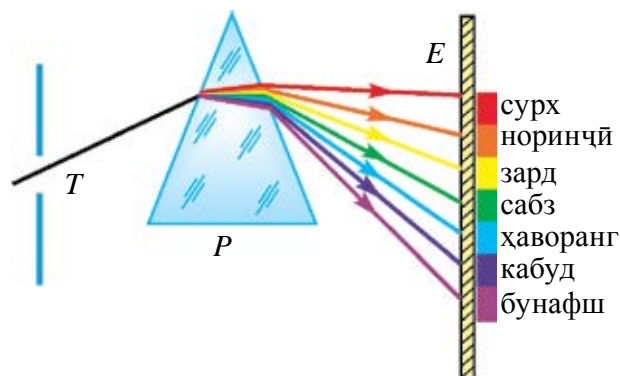
Натиҷаҳои тарафи чап ва тарафи рост муқоиса карда мешавад.



1. Саҳеҳии таҷриба бо зиёд шуда рафтани тартиби спектр чӣ гуна тағйир меёбад?
2. Зиёд шуда рафтани даври панҷара ба саҳеҳии ченкунӣ чӣ таъсир мерасонад?
3. Таҷриба бо нури монохроматӣ (лазерӣ) гузаронида шавад, чӣ гуна манзара намоён мешавад?
4. Таҷриба бо нури сафед гузаронида шавад, чӣ гуна манзара намоён мешавад?

Мавзӯи 27. ДИСПЕРСИЯИ РӯШНОЙ. ТАҲЛИЛИ СПЕКТРӢ

Аз замонҳои қадим суол дар бораи ранги ҷисмҳои гуногун ва моддаҳо одамонро ба ҳайрат ба тавачҷӯҳ меовард. Аз чӣ сабаб мавриди ба уфуқ фуруравӣ Офтоб сурх метобад? Аз чӣ сабаб тирукамон ҳосил мегардад? Аз чӣ сабаб рӯшноӣ ҳангоми аз баъзе кристаллҳо гузаштан рангин метобад? Ба ин гуна саволҳо фақат дар замони Нютон ҷавоб ёфтани мумкин шуд. Соли 1666 И. Нютон оиди таҷрибаҳои гузаронидааш чунин менависад: “Ман мавриди коркард бо шишаҳои шаклашон гуногун ҳодисаҳои маълуми оиди рангро барои санҷидан аз шиша призмаи секунҷа тайёр намудам. Бо ин мақсад хонаро торик намуда, дар тиреза як сӯроҳии хурд барои афтидани нури рӯшноӣ кушодам. Ба ин сӯроҳӣ ман призмаро тавре гузоштам, ки нурҳои аз он шикаста ба девор афтад. Дидан ва мушоҳида кардани рангҳои гуногун ва пурзӯр дар ман шавқи калон ҳосил намуд”. Рӯшноӣ аз призма гузашта маҷмӯи рангҳои гуногун тавлид мекунад, ки онро Нютон **спектр** (лотинӣ – spectrum – дидан) номид (расми 4.20).



Расми 4.20.

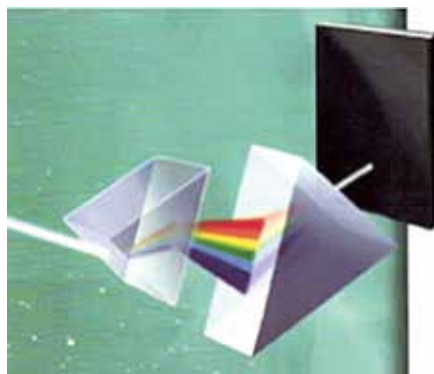
Нютон сӯроҳиро бо шишаи сурх пӯшида дар девор фақат доғи ранги сӯрх, бо шишаи рангаш сабз сӯроҳро пӯшида, фақат доғи сабз шуданаширо мушоҳида намуд. Дар ин ҳол вай шикасти онҳоро ҳам таҳқиқ намуд ва рангҳои ҳар хел буда гуногуншикаст буданаширо дарк намуд.

Масалан, ранги сурх нисбат ба дигарон кам шиканад, ранги бунафш аз ҳама саҳт мешиканад.

Нютон сабаби инро намедонад. Лекин ин таҷриба мураккаб будани ранги сафедро нишон медиҳад. Вай асосан аз ҳафт ранг иборат аст: сурх, норинҷӣ, зард, сабз, ҳаворанг, кабуд ва бунафш.

Тачрибаҳои дигари Нютон ҳам далели исботи мураккаб будани рӯшноии сафед аст. 1. Нютон доира гирифта, онро бо тарзи сектор ҳафт хел ранг мекунад. Ин доира ба меҳвари гардиши муҳаррик шинонида мешавад. Дар ягон суръати маълум доираи ранга сафед менамояд.

2. Ба роҳи нури аз призмаи якум баромада, ки ранга мебарояд, призмаи дигарро нисбат ба ин призма ба 180° тоб дода гузорем, ин призма вазифаи линзаи чамъоварандаро иҷро мекунад. Дастаи рӯшноии аз он баромада дар нуқтаи чамъшавӣ ранги сафед дорад (расми 4.21).



Расми 4.21.

Ин ҳодисаи кашф намудаи Нютон номи дисперсия (лотинӣ *disberge* – мепароканам) рӯшноӣ ном гирифта. Ҳамин тарик, Нютон нурҳои сафеди аз Офтоб оянда аз чамъи ҳама гуна нурҳои ранга иборат буданаширо исбот намуд. Сабаби ашё ва предметҳои таҳти нури Офтоб буда, дар рангҳои гуногун намудор шуданаш, фурубарӣ ва инъикоси баъзе рангҳо аз тарафи предмет аст. Ҷисмҳои мутлақ сиёҳ ҳама гуна рангҳоро фуру мебаранд, ҷисмҳои сафед бошанд, инъикос мекунанд. Дар асоси назарияи мавҷи рӯшноӣ – мавҷҳои дар фазо ба суръати басо калон густаришбанда аст. Ранги он ба басомадаш вобастагӣ дорад.

Дарозии мавҷҳои рӯшноӣ басо хурд аст. Масалан, нури сурх ба дарозии мавҷи аз ҳама калонтарин соҳиб буда, қимати он, баробари $\lambda_q = 7,6 \cdot 10^{-7}$ м. Нури дарозии мавҷаш аз ҳама кӯтохтарин тааллуқи нури бунафш буда, бузургии он $\lambda_o = 3,8 \cdot 10^{-7}$ м аст. Дарозии мавҷи нурҳои дигар байни онҳо меҳобанд.

Дар соли 1873 олими англис Ҷ. Максвелл рӯшноӣ – мавҷҳои электромагнитии бо суръати $c = 3 \cdot 10^8$ м/с паҳн шуданаширо аз ҷиҳати назариявӣ исбот намуд. Тасдиқи ин назария дар таҷрибаҳои Ҳ. Ҳертз ба шумо маълум аст.

Дар мавриди рӯшноӣ аз як муҳит ба муҳити дигар гузаштан дарозии мавҷи он тағйир меёбад, лекин басомади он тағйирнопазир аст. Ба мо маълум аст, ки суръати мавҷ v , дарозии он λ ва басомади он ν байни якдигар чунин вобастаанд:

$$v = \lambda\nu.$$

Аз ин густариши нурҳои гуногунранг буда дар муҳит суръатҳои ҳар хела доштани бармеояд. Агар вобастагии байни нишондиҳандаи қобилияти шуоъшикании муҳит n ба суръати густариши рӯшноӣ дар вакуум c ва суръати густариши он дар муҳит v -ро ба ҳисоб гирем (аз синфи 9 ба хотир оред).

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

нишондиҳандаи қобилияти шуоъшикании муҳит ба нурҳои гуногунранг ҳар хел будани бармеояд.

Вобастагии нишондиҳандаи қобилияти шуоъшикании нисбат ба дарозии мавҷи рӯшноӣ дисперсия номида мешавад.

Ин таърифи дуум нисбат ба дисперсия аст. Аз ин, сабаби пас аз призма гузаштани нур ба кунҷҳои гуногун майлхӯрии онро дарк намудан мумкин аст. Бинобар ин суръати нурҳои сурх қатъи назар аз муҳит аз суръати нурҳои бунафш калон аст. Масалан, дар об $v_{\text{сх}} = 228\,000$ км/с, $v_{\text{б}} = 227\,000$ км/с, дар сулфати карбон $v_{\text{сх}} = 185\,000$ км/с, $v_{\text{б}} = 177\,000$ км/с. Дар вакуум дисперсияи рӯшноӣ намешавад, чунки дар он ҳамаи мавҷҳои рӯшноӣ бо як хел суръат густариш меёбанд.

Дар соли 1807 физики англис Томас Юнг комбинатсияи рангҳои сурх, сабз ва кабудро гирифта, ранги сафед тавлид шуданиро исбот намуд. Ҳамин тариқ аз комбинатсияҳои рангҳои сурх, сабз ва кабуд, рангҳои дигарро гирифтани мумкин (расми 4.22).



Расми 4.22.

Рангҳои сурх, сабз ва кабудро Юнг рангҳои асосӣ номид. Ягонтои ин рангҳои асосиро аз комбинатсияи рангҳои дигар гирифтани мумкин нест. Инро ба экран рангҳои сурх, сабз ва кабудӣ рӯшноиро фароварда, дар таҷриба бо осонӣ санҷидани мумкин. Ҳамаи се ранг якҷоя ё, ки ҳамроҳ шаванд, ранги сафед ҳосил мешавад, ранги сурх бо ранги кабуд

хамроҳ шавад – сиёхчатоб: сурх ва сабз якҷоя шавад, ранги зард ба вучуд меояд. Дар экранҳои телевизор ва компютерҳои замони ҳозира тасвири ранга аз ҳамроҳшавии ин се ранг ҳосил мешавад.

Рӯшноии аз манбаъҳои гуногун баромадаро аз призма гузаронида дида шавад, ягонтои он (лазер истисно) монохроматик, яъне айнан нури дорои як басомад намешудааст. Моддаҳои тафсоншуда ҳам аз худ нури ба худ хос меафкананд. Спектр (тайф)и онҳоро ба се намуд чудо кардан мумкин.

Спектри бефосила. Спектри Офтоб ё ки спирали лампаи тафсонии дорои спектри бефосила (пайваста) аст. Дар мавриди модда дар ҳолати моеъ ё сахтӣ будан, инчунин газҳои пурзӯр фишурдашуда ҳам дорои спектри бефосилаанд.

Спектри рахрах. Афканишоти рӯшноии молекулаҳои бо якдигар амалан таъсири мутақобил надошта ё ба якдигар таъсири суствдор ба намуди рахрах соҳиб аст. Рахҳо аз якдигар бо тасмаҳои васеи тира чудоянд.

Спектри тасмадор (наворӣ). Дар ин гуна спектр якто хат мешавад. Ин гуна спектрро атомҳои ба якдигар пайваст нашуда мебароранд. Атомҳои аз якдигар ҷудогона нури ба як дарозии мавҷ соҳибро мебароранд.

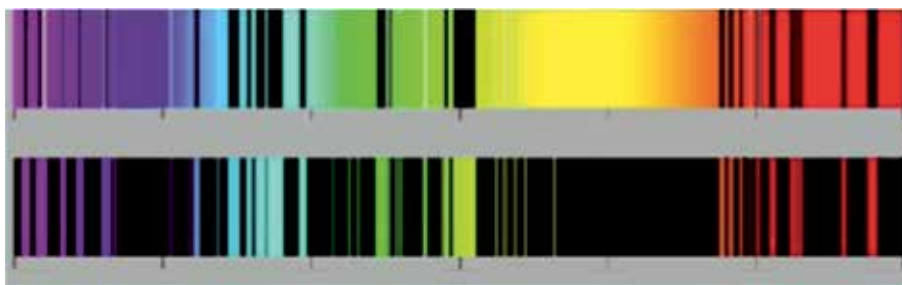
Спектрҳои фурубурд. Ба роҳи нури аз лампочка барои мада шишаи сурх гузошта шавад, аз он фақат нури сурх мегузарад ва нурҳои боқимонда фуру бурда мешавад. Агар нури сафед, аз гази беафканиш истода гузаронида шавад, дар фони спектри бефосилаи манбаъ хатҳои сиёх (торик) пайдо мешавад. Сабаби ин нурҳои ҳамбасомади маълумро фуру бурданаш аст. Омӯзишҳо ҳаминро нишон медиҳанд, ки газ дар вақти тафсон будан чӣ гуна нурҳоро барорад, ҳамин гуна нурҳои басомаддорро фуру мебурдааст.

Унсури кимёвии дилхоҳ дорои спектри ба худ хос аст. Изҳои ангушти ҳар як одам, ки фақат ба худаш хос аст, спектри ҳар як унсур ҳам ба дигараш монанд нест.

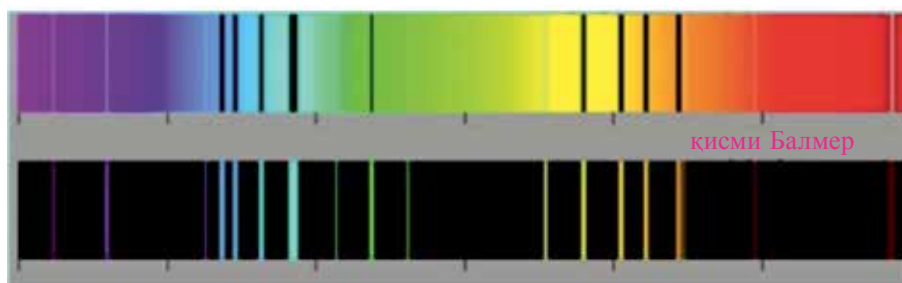
Маҳз аз рӯйи ҳамин хусусият, аниқ кардани таркиби кимёвии моддаҳо **таҳлили спектрӣ** номида мешавад. Ин усули басо ҳассос буда, барои санчидан массаи модда 10^{-10} г буданаш кифоя аст.

Ин гуна таҳлил бештар ба характери сифатӣ соҳиб аст, яъне дар модда чӣ гуна унсур буданашро аниқ гуфтан мумкин. Лекин чӣ қадар будани миқдори онро аниқ намудан мушқил аст. Чунки мавриди паст будани ҳарорат хатҳои спектралӣ моддаҳо намоён намешаванд.

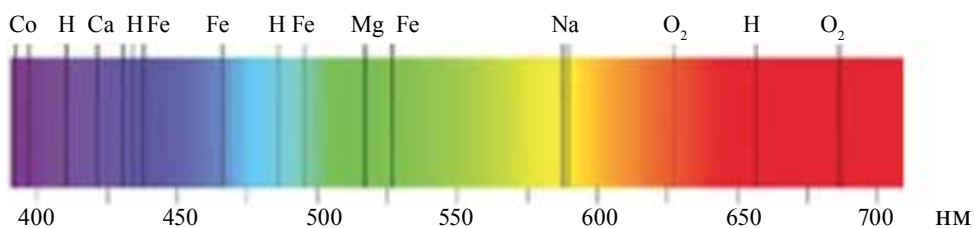
Дар вақти ҳозира спектри ҳамаи атомҳо аниқшуда буда, чадвали онҳо тартиб дода шудаанд (расми 4.23). Бо усули таҳлили спектрӣ рубидий, сезий ва унсурҳои дигари бисёр бо ин роҳ кашф шудаанд. Маънои сезий “самовӣ-ҳаворанг” аст.



Спектри унсури стронсий



Спектри унсури руҳ



Расми 4.23.

Айнан бо ёрии таҳлили спектрӣ таркиби кимёвии Офтоб ва ситорагонро амиқ намудан мумкин шуд. Бо усулҳои дигар онҳоро аниқ қардан номумкин аст. Гуфтаи ҷоиз, ки унсурҳои гелий даставвал дар Офтоб, сонитар дар атмосфераи Замин ёфт шуд. Номи унсур гелий маънои “офтобӣ”-ро дорад. Таҳлили спектриро на фақат ба воситаи спектри нурафканӣ, балки бо ёрии спектри фурӯбурд мегузaronанд.

Намунаи ҳалли масъала

1. Нишондиҳандаи қобилияти шуоъшикании линза барои нури сурх 1,5, барои нури бунафш 1,52 аст. Ду тарафи линза радиуси қачигиаш як хел буда ба 1 м баробар аст. Барои нурҳои сурх ва бунафш фарқи байни масофаҳои фокуси ро ёбед.

Дода шуда аст:	Формулааш:	Ҳалли он:
$n_c = 1,5$	$\frac{1}{F} = (n-1) \frac{2}{R}$	$F_q = \frac{1}{2(1,5-1)} \text{ м} = 1 \text{ м.}$
$n_o = 1,52$		
$R = 1 \text{ м}$	$F = \frac{R}{2(n-1)}$	$F_d = \frac{1}{2(1,52-1)} \text{ м} = 0,961 \text{ м.}$
Ёфтани лозим:	$\Delta F = F_q - F_o$	$\Delta F = 1 \text{ м} - 0,961 \text{ м} = 0,039 \text{ м}$
$\Delta F = ?$		Ҷавобаш: 3,9 см.



1. *Аз чӣ сабаб нури сафед аз призма гузарад, ба нурҳои ранга ҷудо мешавад?*
2. *Аз чӣ сабаб нури Офтоби аз оинаи тиреза гузашта ба спектрҳо ҷудо намешавад?*
3. *Оё нури офтоб аз моеъ гузарад, ба спектрҳо ҷудо шуданиш мумкин?*
4. *Бо ёри таҳлили спектралӣ таркиби моеъҳоро оё аниқ карда мешавад?*
5. *Спектри бо сабаби дифраксия ҳосилшуда аз спектри дисперсия бо чӣ фарқ мекунад?*

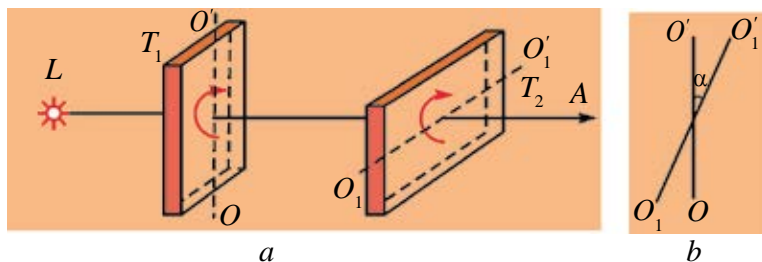
Мавзӯи 28. ҚУТБИШАВИИ РҶШНОӢ

Ҳодисаҳои интерференсия ва дифраксияи рӯшноӣ табиати мавҷи даштани рӯшноиро тасдиқ намуд. Аз синфи 10 ду намуд шудани мавҷҳо: мавҷҳои арзӣ ва тӯлӣ (қадӣ) ба Шумо маълум аст. Дар мавҷҳои тӯлӣ самти лаппиши зарраҳои муҳит бо самти густариши мавҷ як хел буданаш, дар мавҷҳои арзӣ (кӯндаланг) бошад, ба якдигар амудӣ (перпендикуляр) буданаш ба Шумо маълум аст.

Дар давоми вақти тӯлонӣ асосчиёни оптикаи мавҷӣ Юнг ва Френел мавҷҳои рӯшноӣ мавҷҳои арзӣ гуфта ҳисоб кардаанд. Чунки мавҷҳои механикӣ тӯлӣ дар муҳитҳои саҳт, моеъ ва газмонанд густариш ёфта

метавонанд. Мавҷҳои механикӣ арзӣ бошад, фақат дар ҳисмҳои саҳт густариш меёбанд. Лекин таҷрибаҳои зиёди гузаронидашуда мавҷҳои рӯшноӣ мавҷҳои тӯлӣ гуфта нигоҳ кунем, фаҳмонидан мумкин набуданаширо нишон дод. Яке аз ин гуна таҷрибаҳоро мебинем.

Аз кристалли турмалин ба яке аз меҳвари панҷараи кристаллӣ аз ҳамвори параллелӣ (мувозӣ) ҷойгиршуда лавҳа бурида гирифта шуда бошад. Ин лавҳаро ба нури рӯшноӣ амудӣ ҷойгир мекунем (расми 4.24).



Расми 4.24.

Ин лавҳаро дар атрофи меҳвари самти нури рӯшноӣ охиста давр мезанонем. Дар ин ҳол дар интенсивияти нури рӯшноии аз турмалин гузашта ҳеҷ гуна тағйиротро намебинем. Таҷрибаро пас аз лавҳаи T_1 боз ҳамин гуна лавҳаи дигари T_2 ро пас аз он гузошта, такрор мекунем. Лавҳаи T_1 -ро ором гузошта T_2 ро дар атрофи меҳвар охиста давр мезанонем. Дар ин ҳол интенсивияти нури аз ду лавҳа гузашта тағйир ёфтанаширо мушоҳида мекунем. Омӯзишҳо ҳаминро нишон медиҳад, ки агар меҳвари ду лавҳа мувозӣ бошанд, интенсивияти нури гузашта баланд, амудӣ бошанд, баробари сифр мешавад. Таҷрибаҳо ҳаминро нишон доданд, ки интенсивияти нури гузашта ба $\cos^2\alpha$ вобаста аст.

Барои фаҳмонидани ин ҳодиса аз панҷара гузаштани мавҷҳои тӯлӣ ва арзиро дида мебароем (расми 4.25).



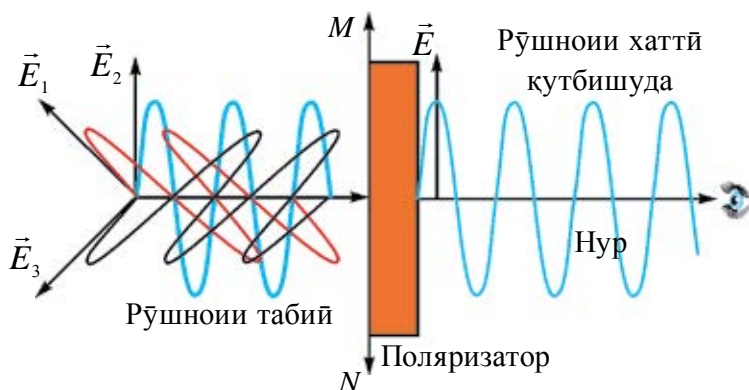
Расми 4.25.

Танобро гирифта як нӯги онро маҳкам мекунем. Нӯги дуюми онро аз роғаи ду панҷара гузаронида меафшонем. Дар ин дар арғамчин мавҷҳои арзӣ ҳосил мешаванд. Дар ҳолати якум аз сабаби мувозӣ будани ҷӯбҳои панҷара мавҷҳои таноб аз ду панҷара бемалол мегузарад. Агар панҷараи дуюмро арзӣ ҷойгир кунем мавҷ аз он нагузашта хомӯш мешавад.

Ҳодисаҳои мушоҳидашудаи рӯшноӣ дар лавҳаҳои турмалинро бо мавҷҳои арзии механикӣ, ки аз панҷара гузаштааст, муқоиса кунем, монандии онҳо бармеояд. Аз ин рӯ мавҷҳои рӯшноӣ, мавҷҳои арзӣ буданаш намоён аст.

Дар расми 4.25 панҷараи якум арзӣ гузашта шавад, аз он мавҷ намегузарад. Лекин дар таҷрибаи аз лавҳаи турмалин гузаштани рӯшноӣ лавҳаи T_1 ро дар атрофи меҳвари худ гардиш диҳем, аз он рӯшноӣ мегузарад. Лавҳаи T_2 -ро гардиш диҳем, интенсивияти рӯшноӣ кам шуда ба сифр меафтад. Бинобар ин, рӯшноӣ аз T_1 гузарад, ҳосияти он тағир меёфтааст.

Инро чунин дарк кардан мумкин. Маҳз аз бетартиб ҷойгиршавии атомҳои манбаи рӯшноиафкин ва дар як вақт афканиш нафтани онҳо нурҳои афканда ба ҳар сӯ бетартиб густариш мёбанд. Тибқи ин самти векторҳои шадидияти майдони электрикӣ ва магнитии онҳо ҳам бетартиб мешаванд. Ҳангоми ба лавҳаи T_1 задани рӯшноӣ аз панҷараи кристаллӣ нурҳои дар самти маълум ориентатсияшуда мегузарад (расми 4.26).



Расми 4.26.

Бинобар ин самтҳои векторҳои шадидияти майдони электрикӣ ва магнитии нурҳои аз T_1 гузашта ҳам бетартиб мешавад. Инро рӯшноии кутбишуда меноманд. Ҳодисаи мушоҳидашуда бошад, кутбияти рӯшноӣ ном гирифтааст. Чун гуфтаҳои болоӣ ба лавҳаи T_2 рӯшноии кутбишуда меафтад. Интенсивияти рӯшноии аз он гузашта дар асоси қонуни Малюс аниқ қарда мешавад:

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

Чӣ тавре, ки гуфта гузаштем, рӯшноӣ ин мавҷи электромагнитии аз густариши якҷояи ду лаппиши бо ҳам амудӣ тавлидёфта аст (расми 4.8). Бо сабабҳои таърихӣ ҳамвории лаппишҳои вектори шадидияти майдони электрикӣ \vec{E} хобанда, ҳамвории лаппишҳо, ҳамвории лаппишҳои вектори шадидияти майдони магнитӣ \vec{H} хобанда ҳамвории кутбишавӣ номида мешавад.

Вектори \vec{E} ва \vec{H} рӯшноии самти лаппишҳош бо ягон тарз ботартибшуда *рӯшноии кутбишуда* номида мешавад. Агар лаппишҳои вектори рӯшноӣ (вектори \vec{E}) ҳама вақт ва дар як ҳамворӣ содир шавад, ин гуна рӯшноиро рӯшноии кутбишудаи ҳамвор (ё ки ростхатта) меноманд.

Асбобҳои, ки рӯшноии табииро ба рӯшноии кутбишуда табдил медиҳанд, поляризатор (кутбикунак) меноманд. Онҳоро аз кристаллҳои шаффофи монанди турмалин (қаҳрабҳои асл), шпати исландӣ тайёр мекунанд. Дарачаи кутбишавии рӯшноӣ, вазъияти ҳамвории кутбишавӣ ҳам бо ёрии поляризатор аниқ карда мешавад. Дар ин ҳолат онҳоро анализатор номида мешавад. Дар расми 4.24 лавҳаи T_1 вазифаи поляроид, лавҳаи T_2 вазифаи анализаторро мебозад.

Дар ҳаёт на фақат кристали турмалин кутбишавии рӯшноиро иҷро мекунад, балки кристалҳои дигар ҳам иҷро намуданашон маълум шуд. Масалан, шпати исландӣ. Ғафсии онҳо 0,1 мм ё ки аз он ҳам хурд шуданашон мумкин. Ҳамин гуна пардаро ба селлулоид часпонида, лавҳи масоҳаташ аз якҷанд детсиметри квадратӣ иборат поляризатор гирифта мешавад.

Аз рӯшноии кутбишуда барои гирифтани расмҳои баландсифат дар техника, аниқ кардани концентратсияҳои кислотаҳои гуногуни органикӣ дар маҳлулҳо, сафедаҳо ва қанд истифода бурдан мумкин аст.



1. *Рӯшноии кутбишуда аз рӯшноии табиӣ бо чӣ фарқ мекунад?*
2. *Аз мавҷҳои арзӣ иборат будани рӯшноиро кадом ҳодисаҳо тасдиқ мекунанд?*
3. *Анализатор чиро таҳлил мекунад?*
4. *Аз чӣ сабаб интенсивияти рӯшноии аз поляроид гузашта кам мешавад?*
5. *Интенсивияти рӯшноии аз анализатор гузашта ба кунҷи гардиши он нисбат ба меҳвари оптикӣ чӣ хел вобаста аст?*

Мавзӯи 29. НУРҲОИ ИНФРАСУРХ. НУРҲОИ УЛТРАБУНАФШ. НУРҲОИ РЕНТГЕНӢ ВА ТАТБИҚИ ОН

Соли 1800 У. Ҳертзхел роҳҳои кам намудани тафсиши асбобҳои таҳти нури Офтоб бударо, ки мавриди ҷараёни тадқиқи Офтоб истифода мебаранд, кӯшиш намуд. Бо асбоби ҳассоси ченкунандаи ҳарорат, ҳарорати ба рангҳои гуногуни спектри аз Офтоб ҳосилшуда мувофиқояндаро чен намуд. Дар ин тафсиши максимум ба соҳаи ба ҷашм ноаёни пас аз нури сурхи сершуда оянда рост омаданаширо аниқ намуд. Ин нурҳои ба ҷашм ноаён нурҳои инфрасурх номида шуд. Аз ҳамин сар карда омӯзиши нурҳои инфрасурх оғоз ёфт.

Дар ибтидо барои ҳосил кардани нурҳои инфрасурх дар лаборатория аз ҷисмҳои тафсон ё разрядҳои газӣ истифода бурда бошанд, баъдҳо аз лазерҳои махсус истифода бурданд.

Комиссияи байналхалқӣ оиди рӯшноӣ ба се гуруҳ ҷудо намудани нурҳои инфрасурхро тавсия мекунад:

1. Диапазони инфрасурхи наздик (NIR): 700 нм–1400 нм;
2. Диапазони инфрасурхи миёна (MIR): 1400 нм–3000 нм;
3. Диапазони инфрасурхи дур (FIR): 3000 нм–1 мм.

Барои ба қайдгирии нурҳои инфрасурхи кӯтоҳ аз фотолавлҳои махсус истифода мебаранд. Барои тадқиқи онҳо аз детекторҳои фотоэлектрикӣ ва фоторезисторҳои ҳассоси дар диапазони васеъ коркунанда истифода мебаранд. Барои қайди нурҳои диапазони инфрасурхи дур аз *детектор – болометрҳои* нисбат ба нурҳои инфрасурх ҳассос истифода мебаранд.

Ҷашми инсон нурҳои инфрасурхро набинад ҳам, ҷонзодҳои дигар дар ин диапазон дида метавонанд. Масалан, баъзе морҳо ҳам нури ба ҷашм намоён, ҳам диапазони инфрасурхро қобилияти дидан доранд. Аз моҳиҳо намудҳои пираня ва моҳии тиллоӣ ҳам дар диапазони сурх қобилияти биниш доранд. Хомӯшакҳои газанда ҳам ба воситаи нурҳои инфрасурх дида, ҷойи серхуни баданро меёбанд ва хунро макида мегиранд.

Аз нурҳои инфрасурх дар техника ва ҳаёт васеъ истифода мебаранд. Хусусан, дар асбобҳои биниши шабона ва камераҳо, дар гирифтани термографияи гармии бадан ва ҷисмҳо, ёфтани нишон аз рӯйи нурафкании гармӣ, гармкукунандаҳои инфрасурхӣ, хушк кардани сатҳҳои рангмолшуда, тадқиқӣ объектҳои қайҳонии дур воқеъбуда, омӯзиши спектри молекулаҳо, идоракунии таҷҳизотҳо аз масофа (пулт-

ҳои телевизор, магнитофон, кондиционер) ва монанди инҳо аз нурҳои инфрасурх истифода мебаранд.

Дар тиббиёт дар муолиҷаи физиотерапия, дар стерелизатсияи хӯрокворӣ, дар санҷиши ҳақиқӣ будани пулҳо ҳам аз ин нурҳо истифода мебаранд.

Нурҳои инфрасурх зарар ҳам дорад. Ба манбаъҳои ҳарораташон баланд ниғаҳ кунем, пардаи ашкбарории чашмо хушк карданаш мумкин.

Пас аз кашфи нурҳои инфрасурх, физики олмонӣ И.В.Риттер омӯзиши қисми мавҷҳои дарозиашон кӯтоҳтарини ба чашм намоёнро сар намуд. Вай соли 1801 таҳти таъсири рӯшноӣ хлориди нукра, ки тез пора мешавад, гирифта ба қисми спектри пас аз бунафш оянда гузошта, боз ҳам тезтар порашавии онро мушоҳида намуд. Тибқи ин Риттер ва олимони дигар ба хулосаи рӯшноӣ аз се компоненти ҷудогона: инфрасурх, ба чашм намоён ва ултрабунафш ташкил ёфтааст, омаданд.

Нурҳои ултрабунафшро ҳам ба чор гуруҳ тақсим намудан тавсия шудааст:

1. Диапазони ултрабунафши наздик (NUV): 400 нм–315 нм;
2. Диапазони ултрабунафши миёна (MUV): 300 нм–200 нм;
3. Диапазони ултрабунафши дур (FUV): 200 нм–122 нм.
4. Диапазони ултрабунафши экстеремалӣ (EUV): 121 нм–10 нм.

Манбаъи асосии нурҳои ултрабунафш дар Замин Офтоб ҳисоб мешавад. Миқдори нурҳои ултрабунафши ба сатҳи Замин расида омада, ба концентратсияи озони атмосфера, ба баландии Офтоб нисбат ба уфуқ, ба баландии он аз баҳр, ба пошхӯрӣ дар атмосфера, ба абрҳои ҳаво вобаста аст.

Нурҳои ултрабунафш ба пӯсти инсон таъсир намуда, онро сияҳ мекунад. Рангҳои полимерҳои бисёр мепарад, дарз меравад, баъзан пурра пора мешаванд.

Аз нурҳои ултрабунафш дар ҳаёти ҳаррӯза ва техника истифода мебаранд. Нурҳои ултрабунафш мавриди дезинфексияи хона, аниқ кардани ҳуччатҳои қалбақӣ ва банкнотҳо, безараркунӣ аз бактерияҳои гуногуни ҳаво, об ва сатҳҳои гуногун, тезонидани реаксияҳои кимёвӣ, таҳлили минералҳо, безараркунии ҳашаротҳо ва ғайраҳо истифода мебаранд.

Нурҳои ултрабунафшро бо ёрии лампаҳои махсус ҳосил мекунанд. Лазерҳои дар ин диапазон коркунанда ҳам мавҷуданд.

Нурҳои рентгенӣ. Дар соли 1895 8-ноябр Вилҳелм Конрад Рентген мавриди омӯзиши нурҳои катодӣ аз худ дар ториқӣ нурафкании

картони қисми болоиаш моддаи барийдор, ки назди лӯлаи нурҳои катодӣ ҷойгир буд, мушоҳида намуд. Рентген ин нурҳоро X-нурҳо номид ва дар давоми якчанд ҳафтаи оянда хосияти онҳоро омӯхт. Натиҷаҳои омӯзишро 28-уми декабри соли 1895 дар мақолааш бо номи “Типи нурҳои нав” эълон намуд. Аз ин 8 сол пеш соли 1887 Никола Тесла ин нурҳоро қайд карда бошад ҳам, ба ин худи Тесла ҳам, дар атрофи он будагон ҳам эътибори ҷиддӣ надоданд.

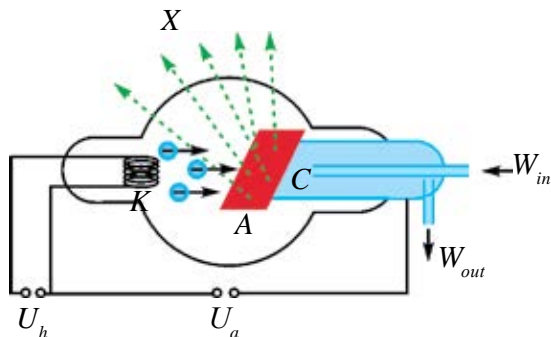
Лӯлаи нурҳои катодӣ, ки Рентген истифода бурд, аз тарафи Я. Хитторф ва В. Крукс сохта шуда буд. Ҳангоми аз он истифодабарӣ нурҳои рентгенӣ тавлид ёфта буданд. Инро Ҳ. Ҳертз ва шогирдони ӯ ҳангоми гузаронидани таҷрибаҳо аз тирашавии фотолаваҳа дарк намудаанд. Лекин ҳеч яки онҳо ба ин эътибор наводаанд ва эълон накардаанд. Аз ин рӯ, Рентген аз кори онҳо бехабар ва бо равиши мустақил дар давоми як сол таҳқиқ намуда, билохир натиҷаро дар се мақолааш эълон намудааст. Ба Рентген соли 1901 дар соҳаи физика мукофоти якумини Нобелӣ дода шуд.

Нурҳои рентгенӣ мавриди якбора тормозхӯрии зарраҳои зарядноки баландсуръат намуда ҳосил мешавад (расми 4.27). Ҳангоми тафсонидани катод K бо туфайли ҳодисаи термоэлектронӣ электронҳо паридани мебароянд (синфи 10-ро ба хотир оред). Таҳти таъсири шиддати анодӣ A онҳо ба сӯи анод бо шитоб ҳаракат мекунанд. Дар даври бархӯрӣ ба анод электронҳо якбора тормоз меҳӯранд ва аз анод нурҳои рентгенӣ афканда мешавад. Вақти бархӯрӣ 1%-и энергияи кинетикии электронҳо ба нурҳои рентгенӣ, 99%-и энергия ба гармӣ табдил меёбад. Аз ин боис анодро хунук карда меистанд.

Нурҳои рентгенӣ ҳам лаппишҳои электромагнитӣ буда, диапазони басомади он дар фосилаи $2 \cdot 10^{15} \div 6 \cdot 10^{19}$ Ҳз аст. Аз рӯи дарозии мавҷ дар байни $0,005 \text{ нм} \div 100 \text{ нм}$ ҷойгир аст (диапазони қабулкардаи умумӣ нест).

Нурҳои рентгенӣ аз бадани инсон бемалол гузашта мераванд. Бидуни ин аъзоҳои тана боиси гуногун фуру бурдани нур тасвири онҳоро гирифтани мумкин (расми 4.28). Дар томографияи компютерӣ тасвири ҳаҷмии органҳои дарунии инсонро ҳам инъикос кардан мумкин аст. Аниқ намудани дефектҳои ашёҳои гуногуни истехсолкарда (релсҳо, чокҳои пайванд кардашуда ва ғайраҳо) дефектоскопияи рентгенӣ номида мешавад. Дар материалшиносӣ, кристаллография, кино ва биология бо нурҳои рентгенӣ структураи моддаро то дараҷаи атомӣ таҳқиқ карда мешавад. Ба тариқи мисол омӯзиши структураи ДНК-ро овардан мумкин. Дар хизматҳои аэропорти ва гумрукӣ доир ба бехатарӣ

ва аниқ кардани чизҳои манъ кардашуда аз нурҳои рентгенӣ истифода мебаранд. Дар тиббиёт ғайр аз корҳои ташхисгузорӣ, барои таъобат ҳам истифода мебаранд.



Расми 4.27.



Расми 4.28.



1. Нурҳои инфрасурх чӣ тавр ҳосил мешаванд? Аз онҳо бо чӣ мақсад истифода бурдан мумкин аст?
2. Хосияти нурҳои ултрабунафиро фаҳмонед. Аз онҳо бо чӣ мақсадҳо истифода бурдан мумкин?
3. Сохти рентгенлӯла ва дар он чӣ тавр тавлидшавии нурҳои рентгенро фаҳмонед.
4. Нурҳои рентгенӣ чӣ гуна хосиятҳо доранд? Аз онҳо бо чӣ мақсадҳо истифода мебаранд.

Мавзӯи 30. СЕЛИ РҶШНОЙ. ҚУВВАИ РҶШНОЙ. ҚОНУНИ РАВШАНӢ

Таъсири рӯшноӣ ба чашм ё ба таҳҷизотҳои дигари қабулқунанда бо энергияи рӯшноӣ ба асбобҳои қабулқунанда бо энергияи рӯшноӣ ба асбобҳои қабулқунанда додасуда ифода меёбад. Аз ин боис, бо бузургҳои энергетикӣ бо энергияи рӯшноӣ вобастабуда шинос мешавем. Қисме, ки ин масъалаи мазкур омӯхта мешавад, **фотометрия** ном дорад.

Бузургҳои, ки дар фотометрия истифода бурда мешаванд, ба чиро қайд карда тавонистани асбобҳои қабулқунандаи энергияи рӯшноӣ вобаста будан гирифта мешавад.

1. Сели энергияи рӯшноӣ. Ченакҳои манбаъи рӯшноиро басо хурд гуфта мегирем. Дар ин ҳол ба нуқтаҳои аз он дар масофаи маълум ҷойгирифта чун ташкилдихандаи сатҳи сферикӣ назар кардан мумкин. Масалан, лампаи диаметраш 10 см сатҳи дар дурии 100 м ҷойгиршударо рӯшан карда истода бошад, ин лампаро чун рӯшноӣ

нуктаві пиндоштан мумкин. Лекин масофа то масоҳати равшаншудаи стода 50 см бошад, манбаъро набояд нуктаві шуморид. Ба мисоли ҳаётӣ ахтаронро гирифтан мумкин. Ба ягон сатҳи S дар муддати вақти t рӯшани энергияаш W афтида истода бошад. **Микдори энергияи ба ягон сатҳ (масоҳат) дар воҳиди вақт афтида сели энергияи рӯшноӣ номида мешавад.** Онро бо ҳарфи Φ ишора кунем,

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

дар ин ҷо: t вақти нисбат ба даври лапишҳои рӯшноӣ тӯлонитар дар назар дошта мешавад. Дар системаи СБ воҳиди сели афканишот бо Вт (ватт) чен карда мешавад.

Дар ҳисобкуниҳои бисёр (масалан, астрономикӣ) на сели рӯшноӣ, балки зичии сатҳии сели нурафканӣ молики аҳамият аст. Бузургии нисбати сели афканишот (нурафканӣ) бар масоҳати сели ҳамин афканишот гузаранда зичии сатҳии сели афканишот номида мешавад:

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

Ин бузургӣ бештар **интенсивияти афканишот** гуфта мешавад. Воҳиди он $1 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$.

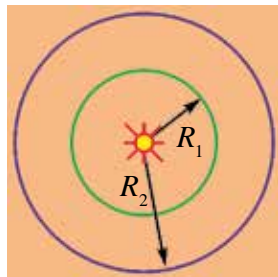
Аз курси геометрия мафҳуми кунчи фазогиро ба хотир меорем. Ба ин чун тариқи мисол кунчи қуллаи конусро гирифтан мумкин. Барои ченкунии кунчи фазогӣ бузургии бо нисбати масоҳати сатҳи сегменти курагӣ (S_0) бар квадрати радиуси кураи марказаш дар қуллаи конусбуда ченшавандаро гирифтан кифоя аст (R^2):

$\Omega = \frac{S_0}{R^2}$. Воҳиди ченаки кунчи фазогӣ – стерadians (ср). 1 ср – кунчи фазогии аз масоҳати кура ҳосилкунандаи соҳаест, ки ба бузургии масоҳати квадрати тарафҳояш чун радиуси кура ва як қуллааш дар маркази он буда баробар аст. Дар ҳолати донишони масоҳати сатҳи кура кунчи фазогии пурраи атрофи нуктаро аниқ қардан мумкин:

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

Ба дурии манбаъ ва кунчи ҳосилкардаи нури афтиш ба масоҳат вобаста будани интенсивияти афканишотро дида мебароем. Манбаъи нуктагии афканишот дар ду маркази ду давраи концентрикии радиусҳояшон R_1 ва R_2 ҷойгир бошад (расми 4.29). Агар рӯшноӣ аз

тарафи муҳит фуру бурда нашавад (масалан, дар вакуум), энергияи пурраи аз кураи якум дар воҳиди вақт гузашта аз масоҳати кураи дуюм ҳам мегузарад. Бинобар ин



Расми 4.29.

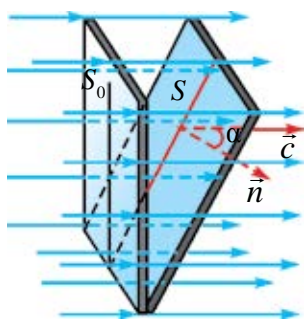
$$I_1 = \frac{W}{4\pi R_1^2 t} \text{ ва } I_2 = \frac{W}{4\pi R_2^2 t};$$

аз ин:

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

Аз ин ҷо, интенсивияти афканишот бо афзудани масофа бо равиши квадратикӣ кам шуда ме-рафтааст.

Барои муайян кардани вобастагӣ ба моилии масоҳати афтиши нур ҳолати расми 4.30-ро дида мебароем. Дар ин ҷо мавҷ аз масоҳатҳои S_0 ва S миқдори баробари энергияро гирифта мегузарад. Бинобар ин



Расми 4.30.

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

Нисбати интенсивияти онҳо:

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

Дар амалиёт бо характеристикаи энергетикаи рӯшноӣ якҷоя бузургҳои фотометрикаи рӯшноии ба чашм намоёнро тавсифкунанда ҳам кор фармуда мешавад. Дар фотометрия бузургии субъективии сели рӯшноӣ номидашуда, ки бевосита бо интенсивияти рӯшноӣ вобастааст, кор мефармоянд. Сели рӯшноӣ бо ҳарфи Φ ишора карда мешавад. Воҳиди он дар СБ (системаи байналмилалӣ) **люмен** (лм).

Характеристикаи муҳими манбаъи дилхоҳи рӯшноӣ – ин қувваи рӯшноӣ ба ҳисоб меравад. Онро бо нисбати сели рӯшноӣ Φ бар кунҷи фазогӣ Ω аниқ мекунанд:

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

Воҳиди қувваи рӯшноӣ – **кандела** (кд) ба системаи воҳидҳои асосии СБ дохил карда шудааст. Ба сифати 1 кд қувваи рӯшноии аз афканишот дар самти амудӣ пурра баромада истода дар ҳолати масоҳаташ $1/600000 \text{ м}^2$, ҳарораташ ба ҳарорати сахтшавии платина баробар,

фишори берунӣ 101325 Па будан қабул карда шудааст. Дар мавриди қабули 1 сд дарозии мавҷи рӯшноии истифода бурдашуда баробари 555 нм буда, ба хассосияти максимуми чашми инсон рост меояд.

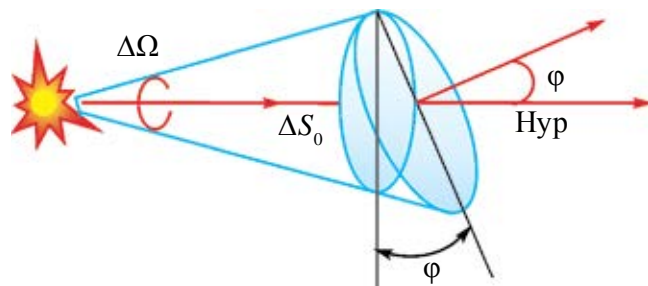
Воҳидҳои дигари фотометрӣ ба воситаи канделла ифода карда мешавад. Масалан 1 люмен сели рӯшноист, ки қувваи рӯшноӣ ҳангоми 1 сд будан аз манбаи нуқтагӣ дар дохили кунҷи фазои 1 ср мебарояд.

Сели рӯшноии ба воҳиди масоҳат афтида равшанӣ номида мешавад:

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

Равшанӣ дар системаи СБ бо **люкс** (лк) чен карда мешавад. Агар ба масоҳати 1 м² сели рӯшноии 1 лм мунтазам тақсим шуда бошад, равшании масоҳат баробари 1 лк мешавад.

Қонунҳои рӯшноӣ. Чӣ тавре, ки дар боло гуфта шуд, равшании масоҳат ба қувваи рӯшноӣ мутаносиби рост аст. Лекин равшанӣ на фақат ба қувваи рӯшноӣ вобаста аст, балки ба манбаъ ва масофа то масоҳати равшанкунӣ ҳам вобаста аст. Агар манбаи рӯшноӣ дар маркази кура чойгир бошад (расми 4.31).



Расми 4.31.

Масоҳати сатҳи кура ба $4\pi R^2$ баробар аст.

Дар ин ҳол сели рӯшноии пурра $\Phi = 4\pi I$ мешавад. Тибқи ин:

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

Равшании сатҳ, ба қувваи рӯшноии манбаъ мутаносиби рост, ба квадрати масофа мутаносиби чаппа аст.

Дар ҳолатҳои бисёр, сели рӯшноӣ ба масоҳат таҳти кунҷ меафтад. Сели рӯшноии ΔS ба масоҳат таҳти кунҷи ϕ афтида истода бошад.

Масоҳати ΔS бо масоҳати ΔS_0 чуни вобаста аст: $\Delta S_0 = \Delta S \cos \varphi$. Дар ин ҳол кунчи фазовӣ бо

$$\Delta \Omega = \frac{\Delta S_0}{R^2} = \frac{\Delta S \cos \varphi}{R^2} \text{ аниқ карда мешавад. Аз ин равшани масоҳати}$$

додашуда бо

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

аниқ карда мешавад.

Равшани масоҳат ба қувваи рӯшноии манбаъ, ба косинуси кунчи байни нури рӯшноӣ ва хати амудии ба масоҳати сели рӯшноӣ афтида гузаронида мутаносиби роста буда ба квадрати масофа мутаносиби чаппа аст.

Агар сатҳ бо якчанд манбаъи рӯшноӣ равшан карда шуда бошад, равшани умумӣ ба суммаи равшани ҳар як манбаъ баробар аст.

Яке аз бузургиҳои фотометрӣ равшаннокӣ номида мешавад. **Қувваи рӯшноие, ки ба воҳиди масоҳати нурафканӣ рост меояд, равшаннокӣ** меноманд:

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

Воҳиди равшаннокӣ – $\frac{\text{кд}}{\text{м}^2}$ аст. Дар ин аз масоҳати манбаъи рӯшноӣ ба ҳама самтҳо як хел рӯшноӣ мебарояд, гуфта назар мекунамд.

Доир ба равшаннокӣ мисолҳо меоварем: Равшаннокии Офтоб ҳангоми ними рӯз – $1,65 \cdot 10^9 \text{ кд/м}^2$; мавриди дар уфуқ будан – $6 \cdot 10^9 \text{ км/м}^2$; гирдаи Моҳи пурра – 2500 кд/м^2 ; осмони рӯзонаи ҳавои кушод – $1500\text{--}4000 \text{ кд/м}^2$.

Намунаи ҳалли масъала

1. Қувваи рӯшноии манбаъи нуқтагӣ 100 кд аст. Сели рӯшноии пурраи аз манбаъ афканишэфтаро ёбед.

До да шуда аст:	Ф ор му ла а ш:	Ҳ а л л и о н:
$I = 100 \text{ кд}$	$\Phi = 4\pi \cdot I$	$\Phi = 4 \cdot 3,14 \cdot 100 \text{ ср} \cdot \text{кд} = 1256 \text{ лм.}$
Ёфтган лозим:		
$\Phi = ?$		Ҷавобаш: 1256 лм.

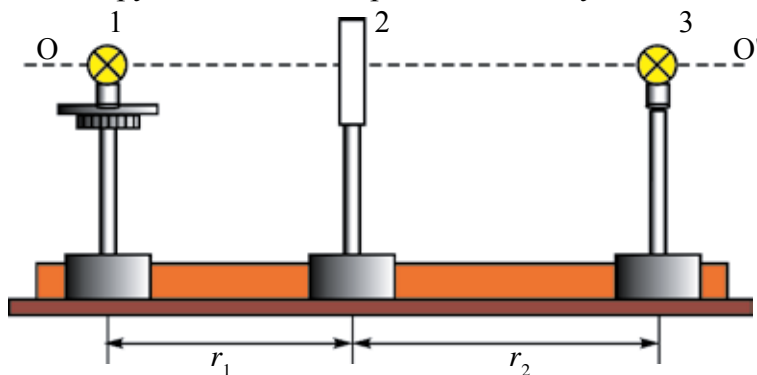


1. Байни бузургиҳои энергетикӣ ва фотометрикӣ чӣ гуна тафовут мавҷуд?
2. Интенсивияти нурафканӣ (афканишот) гуфта чиро мефаҳмем?
3. Кадом аз воҳидҳо доир ба фотометрия воҳиди асосии системаи СБ ҳисоб меёбад?
4. Оё воҳидҳои равшаннокӣ ба системаи СБ дохил набударо медонед?
5. Равшани сатҳ ба молиши нури ба он афтанда чӣ гуна вобаста аст?

Мавзӯи 31. КОРИ ЛАБОРАТОРӢ: ВОБАСТАГИИ РАВШАНИ БА ҚУВВАИ РӢШНОӢ

Мақсади кор: Бо роҳи таҷрибавӣ санҷидани вобастагии равшанӣ ба манбаи рӯшноӣ ва қувваи рӯшноӣ.

Асбобҳои лозимӣ ва ҷиҳозҳо: Таҷҳизот барои омӯзиши қонунҳои рӯшноӣ, манбаи рӯшноӣ, люксметр, тасмаи ченкунӣ ё хаткашак.



Расми 4.32.

Иҷрои кор: Нақшаи таҷҳизот барои иҷрои кор дар расми 4.32 оварда шудааст. Дар ин ҷо 1 ва 3 лампочкаҳои тафсонаи қувваи рӯшноӣ маълум, 2 – фотоэлементи люксметр.

1. Лампочкаи 1 ба манбаи ҷараёни шиддаташро тағйир додан мумкинбуда васл мекунам. Лампочкаи 2-ро бошад, ба манбаи ҷараёни шиддати номиналӣ (дар лампочка навишта шудааст) мепайванданд. Масофаи байни лампочкаи 1 ва люксметр r_1 ро чен карда мегиранд. Ба лампочкаи 1 шиддати 40 В дода мешавад. Дар люксметр рӯшноии он ҳосил намуда (E_1)-ро аниқ мекунам. Лампочкаи 1-ро хомӯш намуда, лампочкаи 2-ро дармегиронем. Люксметр ба лампочкаи 2 нигаронида мешавад. Масофаи r_2 -ро тағйир дода ҷои нишондоди люксметр баробари (E_1) шуда монда мешавад.

2. Аз формулаи $\frac{I_1}{I_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2} : I_1 = I_2 \frac{r_2^2}{r_1^2}$, Қувваи рӯшноии лампочкаи якум мавриди 40В будани шиддат ҳисоб карда ёфта мешавад. Шиддати ба лампочкаи 1 додасударо ба 80 В, 120 В, 160 В, 200 В тағйир дода E_2, E_3, E_4 ва E_5 -и ба онҳо мувофиқ омадаро аниқ намуда ба ҷадвал менависанд.

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

Т/р таҷриба,	Шиддати лампочкаи 1, В	r_2 , м	E , лк	I , кд
1.	40			
2.	80			
3.	120			
4.	160			
5.	200			

3. Дар асоси натиҷаҳои таҷриба графикаи вобастагии равшанӣ ба қувваи рӯшноии манбаъи рӯшноӣ $E_e = f(I_e)$ сохта мешавад.

4*. Ба лампочкаи 1 шиддати номиналӣ дода, лампочкаи 2 ро хомӯш мекунем. r_1 -ро тағйир дода аз люксметр равшаниии ба он мувофиқ омадаро навишта мегиранд. Графикаи $E = f(r)$ сохта мешавад. Дар ҷадвал ва график муносибати $E \sim \frac{1}{r^2}$ ҷой доштаниаш санҷида мешавад.



1. Чӣ гуна манбаъҳои рӯшноӣ манбаъҳои нуқтагии рӯшноӣ номида мешавад?
2. Дар таҷрибаи гузаронидаи Шумо оё манбаъи рӯшноиро манбаъи нуқтагӣ ҳисобидан мумкин аст?
3. Люксметр чӣ гуна асбоб?
4. Дар таҷриба лампочкаи дуҷум чӣ гуна вазифаро иҷро мекунад?



Бо ёрии формулаи $E = \frac{1}{r^2}$ равшаниро ҳисоб кунед ва дар асоси натиҷаҳо графикаи $E_n = f(I_n)$ -ро соzed. Ба ин график графикаи аз таҷриба гирифта $E_e = f(I_e)$ -ро гузошта онҳоро муқоиса намоед.

Машқи 4.

1. Дар давоми як даври лаппишҳои садо дар мавҷҳои электромагнитии дарозии мавҷаш 300 м чандто лаппиш рӯй медеҳад? Басомади лаппишҳои садо 10 кҲз аст. (Ҷавобаш: 100)

2. Агар сигнали аз радиолокатор ба объект фиристонида пас аз 400 нс баргашта бошад, объект аз радиолокатор дар чӣ қадар масофа ҷойгир аст? (Ҷавобаш: 30 км)

3. Басомади лаппиши мавҷҳои электромагнитӣ 15 МҲз аст. Дар муддати вақти 30 даври лаппиши векторҳои электрикӣ ва магнитии худ мавҷҳои электромагнитӣ то кадом масофа паҳн мешаванд? (Ҷавобаш: 600 м)

4. Дар фазо мавҷи басомади лаппишаш 5 Ҳз бо суръати 3 м/с паҳн мешавад. Фарқи фазаи ду нуқтаи дар як хат аз якдигар дар масофаи 20 см хобидаро ёбед. (Ҷавобаш: 120°)

5. Дар ғалтаки индуктивӣ дар 1,2 с қувваи ҷараён ба 2 А тағйирпазирад, ҚЭҲ-и индуксияи 0,4 мВ ҳосил мешавад. Агар масоҳати лавҳаҳои конденсатори ҳавоии контури лаппиш (ларзиш) 50 см², масофаи байни лавҳаҳо 3 мм бошад, ин контури лаппиш ба чӣ гуна мавҷ мувофиқ аст? (Ҷавобаш: 112 м)

6. Контури лаппиш аз ғалтаки индуктивияташ 1 мҲн ва аз конденсаторҳои ба якдигар пай дар пай васлшудаи ғунҷоишҳояшон 500 пФ ва 200 пФ иборат. Контури лаппиш ба дарозии чӣ гуна мавҷ рост меояд? (Ҷавобаш: 712 м)

7. Дар вакуум ҳангоми чен кардани қобилияти шуоъшикании об бо ёрии нури дарозии мавҷаш 0,76 мкм он ба 1,329 баробар шуд, бо ёрии нури дарозии мавҷаи 0,4 мкм чен кунанд, қобилияти шуоъшикании об ба 1,344 баробар шуд. Суръати ин нурҳоро дар об муайян кунед.

8. Дарозии мавҷи нурҳои сурх дар об бо дарозии нури сабз дар ҳаво баробар аст. Агар об бо нури сурх равшан шуда бошад, одами аз таги об нигоҳ карда кадом нурро мебинад?

9. Аз чӣ сабаб дар рӯзҳои қушоди ҳавои зимистон сояи дарахтон ҳаворанг (нилгун) менамояд?

10. Ҳодисаи интерференсия ба воситаи ду нури когерентии аз манбаъҳои рӯшноӣ S_1 ва S_2 баромада истода дар экран мушоҳида мешавад. Агар: а) масофаи байни манбаъҳои рӯшноиро тағйир надода аз экран дур барем; б) масофаи байни экран ва онҳоро тағйир надода манбаъҳоро ба якдигар наздик орем; д) дарозии мавҷи рӯшноии аз манбаъҳо барояндаро кам кунем, манзараи интерференсионӣ чӣ тавр тағйир меёбад?

11. Дар мавриди воҳӯрии ду мавҷи когерентӣ онҳо якдигарро заиф карданашон мумкин. Энергияи ин мавҷҳо кучо “гум” мешаванд?

12. Рӯшноии дарозии мавҷаш λ ба панҷараи дифраксионии давраш d таҳти кунҷи α меафтад. Дар ин ҳол формулаи дифраксия чӣ хел мешавад? (Ҷавобаш: $d(\sin\phi - \sin\alpha) = k\lambda$)

13. Аз ду манбаъи когерантии аз якдигар дар масофаи 30 мм чойгиршуда рӯшноии дарози мавҷаш $5 \cdot 10^{-7}$ м баромада истодааст. Экрани аз ҳар яки онҳо дар масофаи 4 м чойгир аст. Дар нуқтаи дар рӯ ба рӯи манбаъи яқум чойгирифта нурҳои аз ду манбаъ баромада вохӯранд, чӣ мушоҳида мешавад? (Ҷавобаш: максимум.)

14. Аз лампочкаи қувваи рӯшноиаи 200 кД нури баромада тахти кунҷи 45° ба масоҳати қорӣ афтада 141 лк равшанӣ ҳосил мекунад. Манбаъи рӯшноӣ аз стол дар қадом баландӣ чойгир аст? (Ҷавобаш: 0,7 м.)

15. Баландии Офтоб дар горизонт аз 30° то 45° С расид. Равшании сатҳи Замин чанд маротиба тағйир ёфт? (Ҷавобаш: 1,4.)

16. Рӯшноидиҳандаи электрикӣ аз қураи радиусаш 10 см, қувваи рӯшноиаи 100 кД иборат аст. Сели рӯшноии пурраи манбаъро ёбед. (Ҷавобаш: 1,6 клм.)

17. Ба шифти хонаи шаклаш квадрат ва масоҳаташ 25 м^2 лампа овехта шудааст. Лампа аз фарш ба қадом баландӣ овехта шавад, равшании кунҷҳои хона максимум мешавад?

18. Ба рӯйи оби ороми ҳавзи на он қадар чуқур ба воситаи поляроид назар андохта, онро гардиш диҳем, дар ягон вазъияти он тағйир ҳавз хуб намоён мешавад. Ҳодисаро фаҳмонед.

19. Ҳассосияти чашми инсон ба нурҳои зард – сабз баландтарин ҳисоб мешавад. Ин тавр бошад, барои чӣ сигнали бехатарӣ бо ранги сурх дода мешавад?

20. Дар мавриди мушоҳидаи ҳалқаҳои Нютон нури сафед ба тири оптикӣ асосии линза мувозӣ афтада истодааст. Радиуси қавқии линза 5 м. Мушоҳида бо нурҳои гузаранда бурда мешавад. Радиуси ҳалқаҳои чорум (дарозии мавҷаш 400 нм) ва сеюм (дарозии мавҷаш 630 нм) -ро ёбед (Ҷавобаш: 2,8 мм; 3,1 мм)

21. Аз чӣ сабаб зарраи андозааш 0,3 мкм-ро бо ёрии микроскопи оптикӣ дида намешавад?

22. Дар қадом ҳолат чойро дар ҳолати гармтар будан нӯшидан мумкин? Ба чой қаймоқ андохта, пас аз он хӯроқи кӯфтаре тановул намуда, сипас чойро нӯшидан ё хӯроқи кӯфтаре хӯрда, баъд ба чой қаймоқ омехта нӯшидан? Ҷавобатонро асоснок кунед.

23. Дар таҷҳизоти Юнг масофаи байни максимумҳои интерференсияро ёбед. S_1 ва S_2 масофаи байни роғаҳо d , масофа аз роғаҳо то экран L . Дарозии мавҷи рӯшноии афтада λ .

САВОЛҲОИ ТЕСТӢ ОИДИ ЧАМЪБАСТИ БОБИ IV

1. Формулаи зичии сели афканишоти мавҷи электромагнитиро нишон диҳед.

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. Чумларо пурра намоед. Вобастагии қобилияти шуъшиканӣ бар дарозии мавҷи рӯшноӣ ... номида мешавад.

- A) дифраксия; B) интерференсия;
C) дисперсия; D) кутб нокшавӣ.

3. Формулаи равшаниро нишон диҳед.

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. Чумларо пур кунед. Қувваи рӯшноии ба воҳиди масоҳати рӯшноиафкан рост омада... гуфта мешавад.

- A) ... қувваи рӯшноӣ ...; B) ... интенсивияти рӯшноӣ ...;
C) ... сели рӯшноӣ ...; D) ... равшаннокӣ

5. Моддаҳо дар кадом ҳолат ба спектри хаттӣ доро мешаванд?

- A) дар ҳолати сахтӣ; B) дар ҳолати моеъгӣ;
C) дар ҳолати гази тунук; D) дар ҳар се ҳолат.

6. Аз нурҳои зайл кадоме дорои дарозии мавҷҳои кӯтоҳтарин аст?

- A) нурҳои инфрасурх; B) нурҳои ба чашм намоён;
C) нурҳои ултрабунафш; D) нурҳои рентгенӣ.

7. Кадоме аз падидаҳои зайл мавҷҳои арзӣ будани рӯшноиро тасдиқ мекунад?

- A) дифраксияи рӯшноӣ; B) дисперсияи рӯшноӣ;
C) интерференсияи рӯшноӣ; D) кутбнокшавии рӯшноӣ.

8. Доимии панҷараи дифраксионии дар 1 мм 1000 штрихдоштаро муайян кунед.

- A) 10; B) 2; C) 0,1; D) 1.

9. Қобилияти шуъшикании об 1,33 аст. Суръати рӯшноиро дар об ёбед.

- A) 225000 км/с; B) 300000 км/с;
C) 150000 км/с; D) 398000 км/с.

10. Радиолокатор дар як сония 2000 импульс мефиристад. Дурии “биниш”-и максималии радиолокатор чанд км аст?
 A) 30; B) 150; C) 75; D) 300.
11. Интенсивияти афканишот бо кадом бузургӣ чен карда мешавад?
 A) $\frac{W}{M^2}$; B) W; C) $\frac{W}{c^2}$; D) $W \cdot c$.
12. Суръати рӯшноӣ дар вакуум c , дарозии мавҷаш λ аст. Рӯшноӣ аз муҳити қобилияти шуоъшиканиаш n гузарад, ин параметрҳо чӣ гуна тағйир меёбанд?
 A) nc ва $n\lambda$; B) c/n ва $n\lambda$; C) c/n ва λ/n ; D) nc ва λ/n .
13. Дар мавриди аз призма гузаштани рӯшноии сафед ба спектрҳо чун шудани он дар асоси кадом ҳодиса рӯй медиҳад?
 A) интерференсияи рӯшноӣ; B) инъикоси рӯшноӣ;
 C) дифраксияи рӯшноӣ; D) дисперсияи рӯшноӣ.
14. Бо $\frac{K\lambda}{M^2}$ кадом бузургӣ чен карда мешавад?
 A) қувваи рӯшноӣ; B) интенсивияти афканишот;
 C) рӯшноӣ; D) равшаннокӣ.
15. Ба панҷараи дифраксионии доимии панҷарааш 1,1 мкм мавҷи монохроматии ҳамвори дарозиаш 0,5 мкм нормал меафтад. Адади максимумҳои мушоҳида намудан имконпазирро ёбед.
 A) 4; B) 5; C) 7; D) 9.
16. Барои ҳосилкунии ранги сафед комбинатсия намуда, бояд кадом рангҳоро гирифт?
 A) сурх, сабз, ва кабуд (нилгун); B) сурх, сабз ва зард;
 C) бунафш, сабз ва кабуд; D) ҳаворанг сабз ва зард.
17. Барои ҳосил намудани ранги нилгун комбинатсия намуда, бояд кадом рангҳоро омехта намуд?
 A) сурх, сабз ва кабуд; B) сурх, сабз ва зард;
 C) бунафш, сабз ва ҳаворанг;
 D) ягон рангро омехта ранги нилгун ҳосил карда намешавад.
18. Ба сатҳи масоҳатиш 5 см² сели 0,02 лм амудӣ меафтад. Равшании сатҳ чӣ қадар аст?
 A) 20 лк; B) 30 лк; C) 40 лк; D) 50 лк.

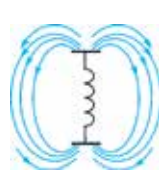
19. Аз якҷояшавии рангҳои сурх ва нилгун кадом ранг ҳосил мешавад?

- A) сиёҳтоб; B) зард; C) ҳаворанг; D) кабуд.

20. Рангҳои сурх ва сабз якҷоя шаванд кадом ранг ҳосил мешавад?

- A) сиёҳтоб; B) зард; C) ҳаворанг; D) кабуд.

**Мафҳум, қонда ва қонунҳои муҳимтарини дар
боби IV омӯхташуда**

Гипотезаи Максвелл	Ҳар гуна тағйирпазирии майдони электрикӣ дар фазои атрофи он майдони магнитии гирдбодӣ тавлид мекунад.
Вибратори Ҳертз	Барои тавлид намудани мавҷҳои электромагнитӣ: аз ду саққо ё силиндри диаметраш 10–30 см -и бо қабати борики ҳаво ҷудошуда иборат.
Контури лаппиши кушод	Контури лаппиши (ларзиши) мавҷҳои электромагнитиаш пурра ба ҳаво густариш ёбанда. Дар контури лаппиши сарбаст лавҳаҳои конденсаторро аз якдигар дур карда ҳосил мекунад. 
Инъикоси мавҷҳои электромагнитӣ	Мавҷҳои электромагнитии ба ҷисмҳои металлӣ бархӯрда инъикос меёбанд. Дар инҷо қонуни инъикос ҷой дорад.
Шикасти мавҷҳои электромагнитӣ	Мавҷҳои электромагнитӣ мавриди гузаштан аз сарҳади ду муҳит мешиканад. Дар ин қонуни шикаст иҷро мешавад. $n_{21} = \frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{\epsilon_2}{\epsilon_1}} \cdot \epsilon_1$ ва ϵ_2 – мувофиқан нуфузпазирии диэлектрикии муҳити якум ва дуюм.
Дарозии мавҷҳои электромагнитӣ	Масофаи байни ду нуқтаи ба якдигар наздиктарини фазаи лаппишхояшон якхела. $\lambda = \frac{c}{\nu}$.
Зичии сели афканишоти мавҷҳои электромагнитӣ, ё ки интенсивияти мавҷ	Нисбати энергияи электромагнитӣ W -и дар муддати вақти Δt аз сатҳи масоҳаташ S -и ба самти густариши мавҷ амудӣ ҷойгирифта гузашта бар ҳосили зарби муддати вақти гузаштаи энергия ва масоҳати сатҳ: $I = \frac{W}{S \Delta t}$
Радиоалоқа	Ивазкунии хабарҳо ба воситаи мавҷҳои электромагнитӣ.
Радионақл	Фиристонидани хабарҳо ба воситаи мавҷҳои электрикӣ.

Радиоприёмник	Таҷҳизоте, ки хабари ба воситаи мавҷҳои электрикӣ омадаро қабул мекунад.
Микрофон	Лаппишҳои садоро ба лаппишҳои электрикӣ табдил медиҳад.
Модулятсия	Омехта намудани лаппишҳои пастбасомад бо лаппишҳои баландбасомад.
Контури воридшавӣ	Контури лаппиши аз радиостансияҳои зиёде лозимиаширо интихобкунанда.
Детектиронӣ	Ҷудо карда гирифтани лаппишҳои пастбасомад аз дохили лаппишҳои баландбасомади якҷоя фиристонидашуда.
Видеокамера	Ҷузъиёте, ки сигналҳои рӯшноиро (тасвир) ба сигналҳои электрикӣ табдил медиҳад.
Нурҳои когерентӣ	Мавҷҳое, ки басомадашон як хел ва фарқи фазаҳоишон собит аст.
Интерференсияи мавҷҳо	Ҳодисаи мавриди воҳӯрии мавҷҳои когерентӣ якдигарро пурзӯр ё суст кардан. $\Delta d = 2k \frac{\lambda}{2}$ ($k=0, 1, 2, \dots$) дар ин ҳол пурзӯр мекунад, $\Delta d = (2k+1) \frac{\lambda}{2}$ бошад, суст (заиф) мекунад.
Дифраксияи мавҷҳо	Садди роҳи худро давр зада гузаштани мавҷҳо. Дар ин ҳол ченаки садд (монеъа) аз дарозии мавҷи ба он зада хурд шуданаш лозим.
Панҷараи дифраксион	Суммаи адади зиёди роғҳои танг ва фосилаҳои ношафтоф, ки дифраксияи рӯшноӣ мушоҳида карда мешавад.
Ҳодисаи дифраксия дар панҷараи дифраксионӣ	$d \sin \varphi = n \lambda$ d – доимии панҷара; φ – кунҷи нури дифраксияшуда; n – тартиби спектр; λ – дарозии мавҷ.
Дисперсияи рӯшноӣ	Ба ҳафт ранг ҷудошавии рӯшноии сафеди аз призма (маншур) гузашта: <i>сурх, норинҷӣ, зард, сабз, ҳаворанг (нилгун), кабуд ва бунафш</i> ; ё вобастагии қобилияти шуоъшиканӣ ба дарозии мавҷ.
Спектр	Мавриди гузаштани нури рӯшноӣ аз ягон муҳит маҷмӯи тасмаҳои рангини тавлидшуда.
Спектрҳои баровард (афканиш)	Спектрҳое, ки ҳангоми тафсидан моддаҳо меафкананд. Онҳо бефосила (пайваста) рах-рах ва хаттӣ (тасма-тасма)
Спектрҳои фурубурд	Спектрҳое, ки аз ҷағат нури ба худ хосро фурубурдани модда ҳосил мешаванд.

Таҳлили спектрӣ	Аниқ кардани таркиби модда дар асоси спектри баровард ва фурӯбурди он.
Кутбишавии рӯшноӣ	Ҳангоми гузаштани рӯшноӣ аз лавҳи турмалинӣ бо-тартиб шуда гузаштани векторҳои шадидияти майдони электрикӣ ва магнитӣ.
Қонуни Малюс	$I = I_0 \cos^2 \alpha$. Интенсивияти рӯшноии кутбишуда мавриди аз анализатор гузаштан.
Анализатор	Асбоби аниққунандаи рӯшноии кутбишуда.
Поляризатор (кутбиқунанда)	Асбоби рӯшноии табииро кутбиқунанда.
Нурҳои инфрасурх	Мавҷҳои электромагнитии дарозии мавҷаш дар вакуум дар фосилаи 700 нм – 1 мм буда.
Нурҳои ултрабунафш	Мавҷҳои электромагнитии дарозии мавҷаш дар вакуум дар фосилаи 122 нм – 400 нм буда.
Нурҳои рентгенӣ	Мавҷҳои электромагнитии дарозии мавҷаш дар вакуум дар фосилаи 0,005 нм ÷ 100 нм буда.
Сели нурафканӣ (афканишот)	Миқдори энергияи дар воҳиди вақт ба ягон масоҳат афтида истода: $\Phi = \frac{W}{t}$.
Интенсивияти нурафканӣ	Нисбати сели афканишот ба масоҳати ҳамин афканишоти гузаранда. $I = \frac{\Phi}{S}$. Воҳидаш – $\frac{Вт}{м^2}$.
Қувваи рӯшноӣ	Нисбати сели рӯшноӣ Φ ба кунчи фазогии ҳамин рӯшноӣ баромада истода Ω . Воҳидаш – кандела (кд). Воҳиди асосии системаи СБ (СИ). Ба сифати 1 кг қувваи рӯшноии аз афканишот (манбаи нурафканӣ) дар самти амудӣ пурра баромада истода дар ҳолати масоҳаташ 1/600000 м ² , ҳарораташ ба ҳарорати саҳтшавии платина баробар, фишори берунӣ 101325 Па будан қабул карда шудааст.
Равшанӣ	Сели рӯшноии ба масоҳати воҳидӣ афтида. Воҳиди он люкс (лк). $E = \frac{I}{R^2} \cos \varphi$ – қонуни равшанӣ.
Равшаннокӣ	Қувваи рӯшноии ба воҳиди масоҳати рӯшноӣ бароварда мувофиқ оянда. $B = \frac{I}{S}$. Воҳидаш – $\frac{кд}{м^2}$.

Боби V. НАЗАРИЯИ НИСБИЯТ

Мавзӯи 32. АСОСҲОИ НАЗАРИЯИ МАХСУСИ НИСБИЯТ. ҚОНУНИ РЕЛЯТИВИИ ҶАМЪБАНДИИ СУРЪАТҲО

Назариyaи махсуси нисбият дар соли 1905 аз тарафи А. Эйнштейн офарида шуда, вай таълимоти нави ба ҷои таълимоти қўҳнаи классикӣ оиди фазо ва вақт омадааст.

Маълум аст, ки механика – механикаи Нютон буда ҳаракати ҷисмҳоро дар суръатҳои хурд, яъне $v \ll c$ ($c \approx 3 \cdot 10^8$ м/с) будан меомӯзад. Дар ин ҳол дар тамоми системаҳои сарҳисоб вақти ягона ё ҳисоби вақт қабул карда мешавад. Дар механикаи классикӣ тамоили нисбияти Галилей асос карда гирифта шудааст, яъне қонунҳои динамика дар тамоми системаҳои сарҳисоби инерсиалӣ як хел иҷро мешавад.

Моҳияти ивазкуниҳои Галилейро ба ёд меорем. Вай имконияти ҳисобкуниҳои суръат ва координатаи ҷисми нисбат ба ду системаҳои сарҳисоби инерсиалии нисбат ба якдигар бо суръати v ҳаракат кардаистодаи K ва K' -ро медеҳад.

Дар ҳолати хусусӣ системаи сарҳисоби K' бо самти тири X -и системаи сарҳисоби K ҳаракат кунад (расми 5.1). Дар ин ҳол ҷой-ивазкуниҳои Галилей нисбат ба системаи сарҳисоби K -и беҳаракат дар намуди зерин мешавад:

$$x = x' + vt, \quad y = y', \quad z = z', \quad t = t'. \quad (5-1)$$

Дар ҳолати ибтидоӣ ($t=0$), тирҳои ҳар дуи система болои ҳам мехобанд.

Дар асоси ивазкуниҳои Галилей мавриди аз як системаи сарҳисоб ба системаи дигари сарҳисоб гузаштан суръатҳо чунинанд:

$$v_x = v'_x + v, \quad v_y = v'_y, \quad v_z = v'_z. \quad (5-2)$$

Шитобҳои ҷисм дар ҳамаи системаҳои сарҳисоб як хел будааст:

$$a_x = a'_x, \quad a_y = a'_y, \quad a_z = a'_z. \quad (5-3)$$

Бинобар ин, дар механикаи классикӣ қонуни дуҷоми Нютон $\vec{F} = m\vec{a}$ ҳангоми гузаштан аз як системаи сарҳисоб ба системаи сарҳисоби дигар шакли худро нигоҳ медорад.

Тибқи назарияи Максвелл суръати густириши мавҷҳои электромагнитӣ дар ҳамаи системаҳои инерсиалии сарҳисоб як хел буда, вай баробари суръати рӯшноӣ дар вакуум аст.

Суръати рӯшноӣ бошад, ба суръати ҳаракати системаҳои сарҳисоб ё ҷисми сарҳисоб (оинаҳои ҳамвори инъикоскунандаи рӯшноӣ) новобаста буданаш аз тарафи А. Майкелсон ва Е. Морли дар таҷриба исбот шудааст.

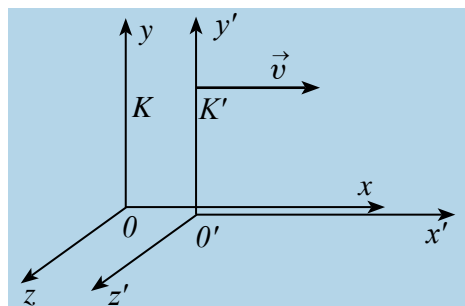
Аз ин бармеояд, ки суръати густириши мавҷҳои электромагнитӣ (дар ҳолати хусусӣ рӯшноӣ) ба ивазкуниҳои Галилей ин вариант, яъне ба интиҳоби системаи инерсиалӣ вобаста аст. Агар мавҷи электромагнитии дар боло зикр ёфта дар системаи сарҳисоби K' бо суръати c густириш ёфта истода бошад. Суръати он дар системаи сарҳисоби K баробари $v + c$ шуданаш лозим, лекин на c !

Ба ин гуна зиддият А. Эйнштейн барҳам дод. Вай аз тасаввурҳои классикӣ оиди фазо ва вақт даст кашид. Дар физикаи норелятивӣ (классикӣ), ки бузургҳои мутлақ (абсолют) шуморидашударо, аз он ҷумла вақтро дар физикаи релятивӣ (англисӣ, *relativity* – нисбият) бузургҳои нисбӣ гуфта қабул намуд ва назарияи нисбияти худро тақлиф кард.

Назарияи нисбият аз маҷмӯи қонунҳои механикаи ҷисмҳои суръаташон аз суръати рӯшноӣ хурд, вале ба он наздик ҳаракатнок иборат аст, ки онро механикаи релятивӣ номидаанд. Асоси назарияи махсуси нисбияти Эйнштейнро ду постулат тамоили нисбият ва собит будани суръати рӯшноӣ ташкил медиҳад:

1. Доимияти тамоили суръати рӯшноӣ: суръати рӯшноӣ дар тамоми системаҳои инерсиалии сарҳисоб як хел ва собит буда, ба ҳаракати манбаъҳо ва ҳаракати асбобҳои қайдкунанда вобаста нест.

2. Тамоили нисбияти Эйнштейн: тамоми қонунҳои физикӣ ва ҷараёнҳо дар тамоми системаҳои сарҳисоби инерсиалӣ дар як хел содир мешаванд. Аз ин рӯ, ҳамаи қонунҳои физикӣ дар ҳамаи системаҳои сарҳисоби инерсиалӣ ба як хел шакл (намуд) соҳиб аст.



Расми 5.1.

Постулатҳои Эйнштейн ва таҳлилҳои математикии тибқи он гузаронидашуда ба ҳолатҳои релятивистӣ рост наомадани ивазкуниҳои Галилейро нишон дод. Дар ин ҳол ивазкуниҳои Лоренс ҷой доштааст. Ин ивазкуниҳо аз як системаи сарҳисоби инерсиалии ба суръати рӯшноӣ наздик ба системаи инерсиалии дуҷум гузаштан ҳамаи эффектҳои релятивиро фаҳмонида медиҳад, инчунин дар суръатҳои хурд ($v \ll c$) ба формулаи ивазкуниҳои Галилей мегузарад. **Ҳамин тавр, назарияи нисбият механикаи классикии Нютонро рад намекунад ва сарҳади истифодабарии онро нишон медиҳад.**

Формулаҳои кинематикии ивазкунии координата ва вақт дар назарияи нисбият ивазкуниҳои Лоренс гуфта шуда, соли 1904 тавсия шудааст. Ин ивазкуниҳо ба муодилаҳои электродинамика ҳам инвариантанд.

Оиди системаҳои сарҳисоби дар расми 5.1 дидашуда, ивазкуниҳои Лоренсро дар намуди зайл менависанд:

$K' \rightarrow K$	$K \rightarrow K'$
$x = \frac{x' + vt'}{\sqrt{1 - \beta^2}}$	$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \beta^2}}$
$y = y'$	$y' = y$
$z = z'$	$z' = z$
$t = \frac{t' + vx'/c^2}{\sqrt{1 - \beta^2}}$	$t' = \frac{t - vx/c^2}{\sqrt{1 - \beta^2}}$
$\beta = v/c$	

Қонуни релятивии чамъшуди суръатҳо. Оиди хусусиятҳои фазо ва вақт аз ивазкуниҳои Лоренс қатори муҳими натиҷаҳо ва ҳулосаҳо бармеояд. Аз инҳо яқумаш эффекти кӯтоҳшуди релятивии вақт аст.

Фарз мекунем дар нуқтаи X' -и системаи K' дар фосилаи вақти $\tau_0 = t'_2 - t'_1$ рӯйдоди чараёни даврӣ гузарад. Дар ин ҷо: t'_2 ва t'_1 хо нишондодҳои соати системаи сарҳисоби K' аст.

Даври рӯйдоди ин чараён дар системаи сарҳисоби K ба $\tau = t_2 - t_1$ баробар аст. Аз ивазкуниҳои Лоренс истифода бурда вақтҳои t_2 ва t_1 -ро чунин ифода мекунем:

$$\tau = \frac{t'_2 + \frac{vx'}{c^2}}{\sqrt{1 - \beta^2}} - \frac{t'_1 + \frac{vx'}{c^2}}{\sqrt{1 - \beta^2}} = \frac{t'_2 - t'_1}{\sqrt{1 - \beta^2}} = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - \beta^2}};$$

$$\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1-\beta^2}}. \quad (5-4)$$

Бинобар ин, $\tau > \tau_0$, яъне дар системаи нисбат ба системаи сарҳисоби беҳаракат гузашти вақт кӯтоҳ мешавад.

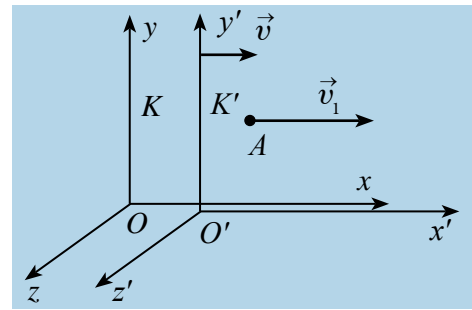
Дар асоси ҳамин тамоил кӯтоҳшудии релятивии дарозиро исбот кардан мумкин.

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

Дар ин ҷо: l_0 ва l – дарозии мила дар системаҳои сарҳисоби беҳаракат ва ҳаракатнок.

Ҳамин тавр, андозаҳои ҳагтии ҷисми нисбат ба мушоҳид ҳаракатнок кӯтоҳ мешавад. Ин эффекти релятивии кӯтоҳшудани Лоренсии дарозӣ номида шуд. Яке аз натиҷаҳои муҳиме, ки аз ивазкуниҳои Лоренс бармеояд, ин қонуни релятивии ҷамъбандии суръатҳо аст.

Фарз мекунем ҷисм дар системаи сарҳисоби K' -и ҳаракатнок дар рафти тири x' бо суръати v_1 ҳаракат бикунад. Системаи сарҳисоби K' дар навбати худ нисбат ба системаи сарҳисоби беҳаракат бо суръати v дар ҳаракат бошад. Дар давоми ҳаракат тирҳои x ва x' мувофиқ афтанд, y ва y' , z ва z' байни ҳам дар вазъияти параллелӣ бошанд (расми 5.2).



Расми 5.2.

Суръати ҷисм нисбат ба системаи сарҳисоби K' баробари v_1 ва нисбат ба системаи сарҳисоби K баробари v_2 бошад, дар ин ҳол қонуни ҷамъбандии релятивии суръатҳо дар намуди зерин навишта мешавад:

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

Агар суръатҳо нисбат ба суръати рӯшноӣ басо хурд бошад, яъне $v \ll c$ ва $v_1 \ll c$, дар ин ҳол аъзои $\frac{v_1 \cdot v}{c^2}$ ро ба ҳисоб нагирем ҳам мешавад $\frac{v_1 \cdot v}{c^2} \approx 0$. Бинобар ин, қонуни ҷамъбандии релятивии суръатҳо, ки дар боло оварда шуд, ба қонуни ҷамъбандии релятивии суръатҳо дар механикаи классикӣ тадил меёбад.

$$v_2 = v_1 + v$$

Агар $v_1 = c$ бошад, дар ин ҳол дар асоси постулати Эйнштейн $v_2 = c$ шуданаш лозим. Дар ҳақиқат:

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



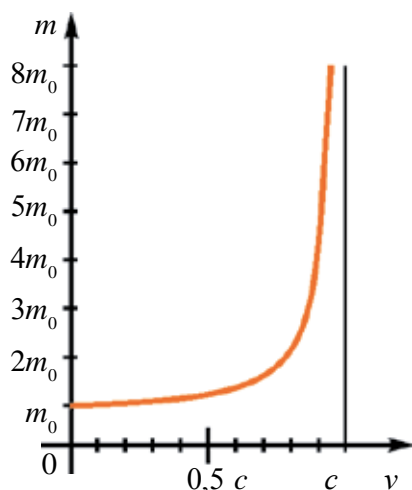
1. Ивазкуниҳои Галилейро фаҳмонед.
2. Таърифи постулатҳои назарияи нисбиятро бигӯед ва моҳияташро фаҳмонед.
3. Нисбияти дарозӣ ва кӯтоҳшудаи Лоренсии онро фаҳмонед.
4. Нисбияти фосилаи вақт ва кӯтоҳшудии релятивии вақтро маънидод кунед.

Мавзӯи 33. ВОБАСТАГИИ МАССА АЗ СУРЪАТ. ДИНАМИКАИ РЕЛЯТИВӢ. ҚОНУНИ ВОБАСТАГИИ БАӢНИ МАССА ВА ЭНЕРГИЯ

Тамоили нисбияти Эйнштейн инвариантии тамоми қонунҳои табиатро мавриди гузаштан аз як системаи сарҳисоб ба системаи сарҳисоби дигар инвариант буданашро таъмин мекунад. Ин ҳаминро ифода мекунад, ки муодилаҳои ифодакунандаи тамоми қонунҳои табиат нисбат ба ивазкуниҳои Лоренс бояд инвариант бошад. Лекин муодилаҳои механикаи Нютон ба ивазкуниҳои Лоренс инвариант набудааст. Дар суръатҳои хурд қонуни дуҷуми Нютон дар намуди $m \vec{a} = m \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \vec{F}$ навишта мешуд. Агар $m \vec{v} = \vec{p}$ ро импульси ҷисм бигӯем, дар ин ҳол $m \Delta \vec{v} = \Delta \vec{p}$ тағйирпазирии импульс буданаш $\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$ гуфта навиштан мумкин буд. Дар ин формулаҳо, хусусан дар $m \vec{v} = \vec{p}$ масса собит ҳисоб шуда буд. Ҳамин аҷиб буд, ки дар суръатҳои калон ҳам ин формула шакли худро дигар намекардааст. Дар суръатҳои калон масса тағйирпазир будааст. Массаяи ҷисми сокин m_0 бошад, мавриди ҳаракат бо суръати v массаяи он m бо формулаи зайл аниқ қарда мешудааст:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \beta^2}} \quad \text{ва} \quad \beta = \frac{v}{c}. \quad (5-6)$$

Дар расми 5.3 графики вобастагии масса ба суръат оварда шудааст. Суръати чисм \bar{v} дар ҳолати аз суръати рӯшноӣ басо хурд будан, ифодаи $\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$ аз басо кам тафовут дорад, бинобар ин $m \approx m_0$ мешавад.



Расми 5.3.

Ҳамин тавр, масса ва импульси чисм ки Нютон тавсиф додааст, ба суръат вобаста будааст. Қонуни бақои энергия дар механикаи релятивӣ чун механикаи классикӣ иҷро мегардад. Энергияи кинетикӣ чисм E_k ба кори иҷрокардаи қувваҳои берунӣ барои тағйир додани суръати он ё ба он суръат

додан баробар аст, яъне $\Delta E_k = E_k = A$. Энергияи кинетикӣ ба $\Delta E_k = \frac{1}{2}mv^2$ зиёд шавад, масса ба $\Delta m = m - m_0$ тағйир пазирада, дар ин ҳол он ба $\Delta m = \frac{\Delta E_k}{c^2}$ баробар мешавад. Дар асоси назарияи нисбият Эйнштейн ифодаи энергияи пурраи чисмро ба намуди зайл овард:

$$E = mc^2 = \frac{m_0c^2}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \quad (5-7)$$

Аз ин рӯ, дар механикаи релятивӣ энергияи пурраи чисм ё системаи чисмҳо ба ҳосили зарби массаи m дар ҳаракат будаи он ба квадрати суръати рӯшноӣ баробар аст. Ин формулаи Эйнштейн буда, қонуни вобастагии байни масса ва энергия номида мешавад.

Энергияи пурраи чисм барбари $E = m_0c^2 + E_k$ буда, дар ин ҷо E_k — энергияи кинетикӣ одатии чисм, $E_0 = m_0c^2$ бошад, энергияи ороми (сокини)-и чисм аст. Зарраҳое, ки дар оромӣ соҳиби массаанд, мавриди табилёбӣ ба зарраи дар оромӣ массааш $m_0 = 0$ буда, энергияи оромиши он ба энергияи кинетикӣ зарраи нав тавлидшуда табдил меёбад. Ин дар амал исботи мавҷудияти энергияи оромиши зарра ё чисм аст.

Дар назарияи нисбият энергияи кинетикии чисм чунин аниқ карда мешавад:

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

Аз формулаи $p = \frac{m_0v}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$ ва $E = \frac{m_0c^2}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$ вобастагии байни энергия ва импульсро аниқ кардан мумкин. Ин формуларо дар намуди зайл менависем:

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

Аз ин муодила формулаи $E^2 = (m_0c^2)^2 + (p \cdot c)^2$ -ро ҳосил кардан мумкин. Аз ин боз бори дигар хулоса бармеояд. Агар чисм ё зарра дар ҳолати оромӣ бошад, импульси он $p=0$ ва дар ин ҳол энергияи пурра $E^2 = E_0^2 = (m_0c^2)^2$ ба энергияи оромиш баробар мешавад.

Аз ин формула зарра дорои масса набошад ҳам ($m_0=0$), он соҳиби энергия ва импульс шуданаш мумкин буданро нишон медиҳад, яъне $E=p \cdot c$. Ин гуна зарраҳо зарраҳои бемасса номида мешаванд.

Ба тариқи мисол ба ин гуна зарраҳо фотонро овардан мумкин ва массаи оромиши он баробари нол аст, лекин он ҳам соҳиби энергия ва ҳам соҳиби импульс аст. Зарраҳои бемасса дар ҳолати оромӣ вучуд надорад ва онҳо дар ҳамаи системаҳои сарҳисоби инерсиалӣ бо суръати ҳудудии c ҳаракат мекунад.



1. Қонуни асосии динамика дар механикаи релятивӣ чӣ хел ифода карда мешавад?
2. Формулаи релятивии вобастагии байни масса ва энергияро гӯед ва онро таъриф диҳед.
3. Формулаи энергияи оромиширо бигӯед ва ба он таъриф диҳед.

Намунаи ҳалли масъала

1. Ду киштии кайҳонӣ аз Замин ба тарафҳои муқобил ҳаракат карда истодаанд ва суръати ҳар яки он нисбат ба Замин $0,5 c$ баробар аст. Суръати киштии якум нисбат ба киштии дуюм ба чӣ баробар аст?

Дода шудааст:	Формула аш:	Ҳалли он:
$v_1 = 0,5 \text{ c}$ $v_2 = -0,5 \text{ c}$	$v_{\text{нис}} = \frac{v_1 - v_2}{1 - \frac{v_1 \cdot v_2}{c^2}}$	$v_{\text{нис}} = \frac{0,5 \text{ c} - (-0,5 \text{ c})}{1 - \frac{0,5 \text{ c} \cdot (-0,5 \text{ c})}{c^2}} = \frac{c}{1,25} = 0,8 \text{ c}.$
Ёфтан лозим:		Ҷавобаш: 0,8 c.
$v_{\text{нис}} = ?$		

Машқи 5.

1. Кадоме энергияи зиёд дорад: 1 кг об (E_1), 1 кг ангишт (E_2) ё 1 кг бензин (E_3)? (Ҷавобаш: $E_1 = E_2 = E_3$)

2. Ангишти массааш m чӣ гуна энергия дорад? (c –суръати рӯшноӣ, λ – гармии хоси гудозиш, q –гармои хоси сӯзиши сӯзишворӣ). (Ҷавобаш: mc^2)

3. Энергияи кинетикии зарраи бо суръати 0,6 c ҳаракатнок аз энергияи оромиш чанд маротиба хурд аст? (Ҷавобаш: 4 маротиба)

4. Суръати зарра чӣ гуна бошад, энергияи кинетикии он аз энергияи оромиш 2 маротиба калон мешавад? (Ҷавобаш: $2\sqrt{2}/3 \text{ c}$)

5. Пружинаи коэффитсиенти чандириаш 20 кН/м ба 30 см дароз шавад, массаи он чӣ қадар зиёд мешавад? (Ҷавобаш: $1 \cdot 10^{-14} \text{ кг}$)

6. Ҳарорати оби массааш 1 кг ба 81 К зиёд карда шавад, массаи он чӣ қадар зиёд мешавад (кг)? (Ҷавобаш: $3,78 \cdot 10^{-12}$)

7. Нитрогени массааш 20 кг таҳти фишори доимӣ аз 0°C то 200°C тафсонида шуд. Массаи нитроген чӣ қадар зиёд шуд? Гармигунҷоиши хоси нитроген дар фишори доимӣ 1,05 кҶ/(кг · К) аст. (Ҷавобаш: $4,7 \cdot 10^{-8} \text{ гр}$)

8. Афканишоти Офтоб $3,78 \cdot 10^{26} \text{ Вт}$. Офтоб дар натиҷаи нурафкани дар 1 с чӣ қадар массаашро (кг) гум мекунад? (Ҷавобаш: $4,3 \cdot 10^9 \text{ кг}$)

9. Ҷисм бо суръати 0,89 c дар ҳаракат аст. Зичии он нисбат ба ҳолати оромиш чӣ гуна тағйир меёбад? (Ҷавобаш: 5 маротиба меафзояд).

10. Мюон (мю мезон) дар қабатҳои болоии атмосфера пайдо шуда, то порашавӣ ба 5 км парида меравад. Агар вақти хусусии зиндагии он 2 мкс бошад вай бо кадом суръат ҳаракат намудааст? (Ҷавобаш: 0,99 c)

11. Агар дарозии “намоёни” комета аз дарозии хусусии он (l_0) $\sqrt{2}$ маротиба хурд бошад, суръати кометаро нисбат ба мушоҳид муайян кунед. (Ҷавобаш: $\frac{\sqrt{2}}{2} \text{ c} \approx 0,71 \text{ c}$)

12. Агар протон бо суръати 240000 км/сек ҳаракат карда истода бошад, массаи он аз массаи оромишаш чанд маротиба калон аст?

$c = 300000 \text{ км/сек}$. (Ҷавобаш: $\frac{m}{m_0} \approx 1,67$ маротиба)

13. Мила нисбат ба системаи сарҳисоби K бо суръати v дар ҳаракат аст. Дар кадом қимати суръат дар ҳамин системаи сарҳисобӣ дарозии он аз дарозии хусусиаш $0,5\%$ кам мешавад? (Ҷавобаш: $v \approx 3 \cdot 10^7$ м/с)

14. Агар дар фосилаи вақти $\tau_0 = 5$ с соати дар системаи сарҳисоби K – ҳаракат карда истода ба $\Delta t = 0,1$ с дер монад, вай бо кадом суръат ҳаракат кардааст? (Ҷавобаш: $v = 0,2$ с)

15. Импулси релятивии зарра аз импулси классикии Нютон 2 маротиба калон бошад, суръати зарраро муайян кунед. (Ҷавобаш: $v = \frac{\sqrt{3}}{2}$ с)

16. Суръати зарраро дар ҳолати энергияи кинетикии он баробари энергияи оромиш будан ёбед. (Ҷавобаш: $v = \frac{\sqrt{3}}{2}$ с)

17. Суръатдиханда (сиклотрон) ба электрон $4,08 \cdot 10^6$ эВ энергия медиҳад. Суръат ва массаи электронро ёбед. (Ҷавобаш: $v \approx 0,98$ с, $m = 9 m_0$)

САВОЛҲОИ ТЕСТӢ ОИДИ ҶАМЪБАСТИ БОБИ V

- Агар дарозии милаи ором 1 м бошад, ҳангоми бо суръати 0,6 с ҳаракат намудан дарозии мила чӣ қадар мешавад?
A) 80 см; B) 84 см; C) 89 см; D) 90 см.
- Агар суръати ҷисм $2,4 \cdot 10^8$ м/с бошад дар самти ҳаракат дарозии он ба чанд фоиз кам мешавад?
A) 80; B) 60; C) 40; D) 30.
- Андозаи қадии ҷисм 20% кам шуда бошад, вай бо кадом суръат ҳаракат кардааст? c – суръати рӯшноӣ дар вакуум.
A) 0,2 с; B) 0,6 с; C) 0,4 с; D) 0,7 с.
- Дар ситораи паррони бо суръати 0,99 с ҳаракат карда истода чӣ қадар вақт мегузарад. Дар ин вақт дар Замин 70 сол гузаштааст?
A) 10 соат; B) 1 сол; C) 10 сол; D) 20 сол.
- Агар электрон бо суръати 0,87 с ҳаракат карда истода бошад, массаи он аз массаи оромиш чӣ қадар калон аст?
A) 2; B) 2,5; C) 0,4; D) 0,5.
- Агар протон то суръати 0,8 с тезонида шавад, массаи он ба чӣ баробар аст? $m_0 = 1$ в.м.а
A) 2,6 в.м.а; B) 1,7 в.м.а; C) 1,9 в.м.а; D) 1,4 в.м.а.
- Агар суръати электрон ба 0,6 с баробар бошад, массаи он чӣ хел, тағйир меёбад?
A) 1,5 маротиба зиёд мешавад; B) тағйирнопазир аст;
C) 1,2 маротиба зиёд мешавад; D) 3-маротиба зиёд мешавад.

8. Массай электрони бо суръати 0,6 с ҳаракатнок аз массай электрони ором чӣ қадар калон аст?
 А) 6; В) 3; С) 2,4; D) 1,25.
9. Ду зарра ба якдигар бо суръати $\frac{5}{8}c$ дар ҳаракатанд. Суръати нисбии онҳо ба чӣ баробар аст?
 А) 0,5 с; В) 0,6 с; С) 0,7 с; D) 0,9 с.
10. Массай оромиши зарра m . Мавриди суръати он 0,6 с будан массаашро ёбед.
 А) 1,83 м; В) 1,67 м; С) 1,25 м; D) 2,78 м.
11. Массай зарраи бо суръати $1,8 \cdot 10^8$ м/с ҳаракатнок аз массай оромишаш чанд фоиз зиёд аст?
 А) 60; В) 54; С) 36; D) 25.
12. Дар кадом суръат массай зарра аз массай оромиши он 40% зиёд мешавад?
 А) 0,4 с; В) 0,6 с; С) 0,64 с; D) 0,7 с.
13. Кадоме аз инҳо дорой энергияи зиёд аст: 1 кг спирт (E_1), 1 кг ангишт (E_2) ё 1 кг керосин (E_3)?
 А) $E_1 < E_2 < E_3$; В) $E_1 = E_2 = E_3$; С) $E_1 < E_3 < E_2$; D) $E_1 < E_2 = E_3$.
14. Ангишти массааш m ба чӣ гуна энергия соҳиб аст? (c – суръати рӯшноӣ, λ – гармой хоси гудозиш, q – гармой хоси сӯзиши сӯзишворӣ).
 А) mc^2 ; В) mq ; С) $mc^2/2$; D) $m\lambda$.
15. Энергияи зарраи бо суръати 0,6 с ҳаракатнок аз энергияи оромиши он чӣ қадар хурд аст?
 А) 2; В) 3; С) 3,6; D) 4.
16. Афканишоти Офтоб $3,78 \cdot 10^{26}$ Вт аст. Дар натиҷаи нурафканӣ Офтоб дар 1 с чӣ қадар массаашро гум мекунад?
 А) $22 \cdot 10^{11}$ В) $4,3 \cdot 10^9$; С) $1,7 \cdot 10^8$; D) $1,5 \cdot 10^{10}$.

Мафҳум, қоида ва қонунҳои дар боби V омӯхташуда

1.	Назарияи нисбият	Назарияи махсуси нисбияти Эйнштейн таълимоти ба ҷои тасаввурҳои классикӣ оиди вақт ва фазо омадааст.
2.	Собит будани суръати рӯшноӣ дар вакуум	Суръати рӯшноӣ дар вакуум дар ҳамаи системаҳои сарҳисоб як хел буда баробари c аст ва ба манбаъ инчунин ба табиати қабулқунанда вобаста нест. Ин дар таҷриба аз тарафи Майкелсон исбот карда шудааст.

3.	Постулатҳои Эйнштейн	1. Суръати рӯшноӣ дар ҳамаи системаҳои инерсиалии сарҳисоб як ҳел буда, ба табиати манбаъ ва қабулқунандаҳо вобаста нест. 2. Тамоми қонунҳои табиат ва ҷараёнҳои он дар системаҳои инерсиалии сарҳисоб як ҳел руй медиҳад.
4.	Ивазқуниҳои Лоренс	Асоси математикии назарияи нисбиятро ивазқуниҳои Лоренс ташкил медиҳад.
5.	Кӯтоҳшавии релятивии вақт	$\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$, дар ин ҷо τ_0 – вақти хусусӣ.
6.	Кӯтоҳшавии Лоренсии релятивии вақт	$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$, дар ин ҷо l_0 – дарозии хусусӣ.
7.	Формулаи релятивии импульс	$\vec{p} = \frac{m_0 \vec{v}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = m \vec{v}$.
8.	Қонуни асосии динамикаи релятивӣ	$\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$.
9.	Қонуни релятивии ҷамъбандии суръатҳо	$v_2 = \frac{v_1 + v}{1 + \frac{v_1 \cdot v}{c^2}}$.
10.	Массаи релятивӣ	$m = \frac{m_0 \gamma}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$, m_0 – массаи оромиш.
11.	Энергияи пурраи ҷисм	Энергияи ҷисм ё зарра ба ҳосили зарби масса ва квадрати суръат баробар аст: $E = mc^2$.
12.	Вобастагии тағйирпазирии энергия ба тағйирпазирии масса	$\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2}$.
13.	Энергияи оромиши ҷисм	$E_0 = m_0 c^2$.
14.	Энергияи кинетикии ҷисм	$E_k = E - E_0 = mc^2 - m_0 c^2$.

Боби VI. ФИЗИКАИ КВАНТӢ

Мавзӯи 34. ПАЙДОИШИ ФИЗИКАИ КВАНТӢ

Ба пайдоиши физикаи квантӣ дар аввали асри XX дар физика пайдо шудани кризисҳои калон – муаммоҳо сабаб шуд. Назарияҳои мавҷуда, аз он ҷумла назарияи Максвелл ҳам оиди ин муаммои илмии физикӣ очиз монданд.

Яке аз ин афканишот аз гармӣ аст. Қисми аз гармӣ нурафканӣ намудаистода гармии худро ба ҷисмҳои атроф ва муҳит дода ба мувозинати термодинамикӣ, яъне ба баробаршавии ҳарорат гирифта омаданаш лозим буд. Ин принсипи асосии термодинамика аст. Лекин, қисми нурафканда, масалан, Офтоб ҳарораташ 6000 К бошад, ин гуна ҳодиса рӯй намерад. Ингуна, энергияи афканишот дар ҳамаи дарозии мавҷ ҳар хел буда, ба қонуни тақсимоти ба ҳарорати аниқ новобаста итоат мекунад. Ин он маъноро дорад, ки ба ҳар як дарозии мавҷ ҳиссаи энергияи афканишоти рост омада ҳар хел будааст. Дар ин вобастагӣ максимуми энергияи афканишоти максималӣ ба ҳарорат вобаста буда, тибқи қонуни Вин тағйирпазир аст:

$$\lambda_m T = b. \quad (6-1)$$

Дар ин ҷо: λ_m – дарозии мавҷи ба максимуми энергияи дар ҳарорати T афканишӯфта рост меояд. b – собити Вин буда, $b = 2,898 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{К}$ аст.

Қонуни ғеҷиши Вин дарозии мавҷи ба максимуми афканишоти ҷисм рост оянда, λ_m буда, ба ҳарорати мутлақ мутаносиби чаппа аст:

$$\lambda_m = \frac{b}{T}.$$

Масалан, энергияи максималии нурафканиши Офтоб ба ранги сабз ($\lambda = 470 \text{ нм}$) рост меояд. Ин дар асоси қонуни Вин ба $T = 6300 \text{ К}$ рост меояд. Ин тақсимоти энергияи нурафканиро Релей-Ҷинс тибқи қонуни механикаи статистикӣ дараҷаи озоди энергияи молекулаҳоро дар термодинамика дар асоси қонуни тақсимот, ин тақсимотро кор карда

баромад. Ин фақат тақсимоти мавҷудро дар мавҷҳои дароз фаҳмонида тавонист, барои мавҷҳои кӯтоҳ бошад, ба натиҷаҳои таҷриба ва амалиёт зид омад.

Дар ибтидои асри XX яке аз муаммоҳои илмии кризис маънидод намудани ҳатти будани спектрҳои нурафкании газҳо ва буғҳои металл буд. Инчунин, кашфи падидаи фотоэффект, фишор доштани рӯшноӣ ва пошхӯрии нурҳои рӯшноӣ дар электронҳоро физикаи классикӣ, аз он ҷумла назарияи электромагнитии Максвелл очиз монд.

Дар ҳалли ин муаммо физики олмонӣ М. Планк ғояи нав – зидди физикаи классикиро пешниҳод намуд. Вай нурафкании ҳисми тафсон ва фурӯбурди он бефосила набуда, балки бо порсияҳои (квантҳои) алоҳида-алоҳида рӯй доданаширо пешниҳод намуд. Квант – ин энергияи минималии афканиш ё фурӯбурди ҳисм аст.

Тибқи назарияи Планк, энергияи квант ба басомади рӯшноӣ мутаносиби роства аст:

$$E = h\nu, \quad (6-2)$$

дар ин чо: h доимии Планк буда, $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ Ҷ·с Планк афканишоти ҳисм ва фурӯбурди рӯшноӣ бафосила гуфта, дар асоси вобастагии энергияи афканишот ба дарозии мавҷ қонуни тақсимотро офарид ва муаммоҳои болоиро фаҳмонида дод.



1. *Аз нуқтаи назари физикаи замонавӣ рӯшноӣ ҳист?*
2. *Омилҳои тавсифкунандаи ҳосиятҳои корпускулярӣи рӯшноӣ чӣ гуна аст?*
3. *Моҳияти гипотезаи М. Планк аз чӣ иборат аст?*
4. *Маънои собитии Планк ҳист?*

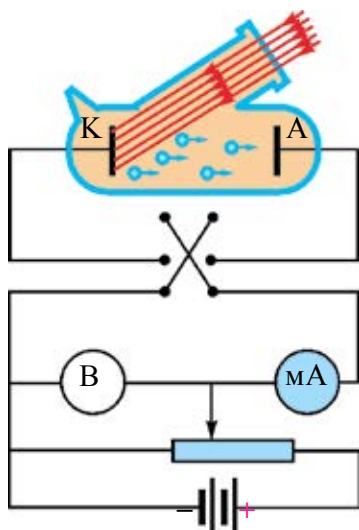
Мавзӯи 35. ЭФФЕКТИ ФОТОЭЛЕКТРИКӢ. ФОТОНҲО

Эффекти фотоэлектрикӣ ё мухтасар – фотоэффект соли 1887 аз тарафи Ҳ. Ҳертз кашф шуда буда, олими рус А. Столетов (беҳабар аз Ф. Ленард) дар таҷриба ҳаматарафа таҳқиқ карда аст.

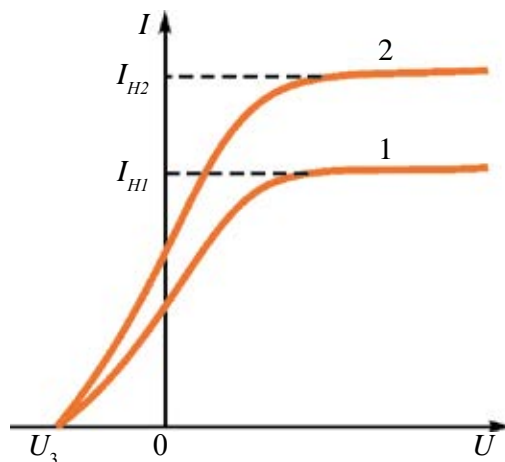
Фотоэффекти берунӣ – ин бо таъсири рӯшноӣ аз модда баромадани электронҳо аст.

Намуди схемаи таҷҳизоти эксперименталии омӯзиши фотопадада (фотоэффект) дар расми 6.1 оварда шудааст.

Қисми асосии ин асбоб аз ду электрод: соҳиби анод ва катод, инчунин аз баллони шишагини равшанаи кварсидор (оинаи кварсӣ) иборат аст. Дар андаруни баллон вакуум ҳосил мекунамд, чунки дар вакуум электронҳо ва зарраҳои дигар ҳаракати ростхатта карда метавонанд. Барои ба электродҳо ба воситаи потенциометр додани шиддат (аз 0 то U) манбаи ҷараён бо калити дукутба K васл шудааст. Калити дукутба имконияти қутбҳои манбаъро иваз намуда, ба занҷир пайвастанро меҳақд.



Расми 6.1.



Расми 6.2.

Яке аз электродҳо – катод (асосан, катодаи сезийӣ) аз оинаи кварсӣ бо нури монохроматӣ равшан карда мешавад. Вобастагии қувваи фотоҷараён I ба шиддати ба анод додашуда мавриди тағйирнопазир будани дарозии мавҷ инчунин бетағйир будани сели рӯшноӣ чен карда мешавад.

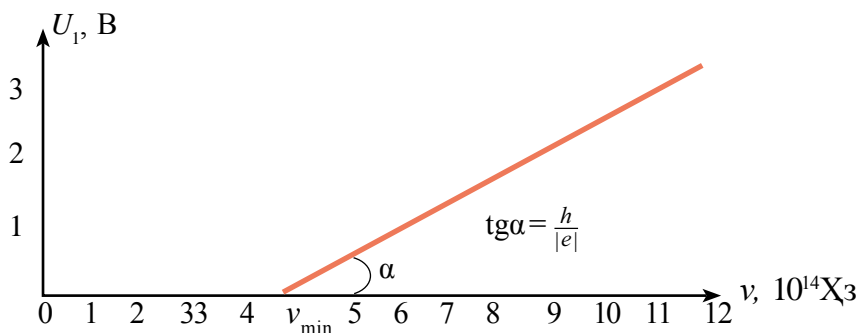
Графики типичии вобастагии қувваи фоточараён ба шиддат дар расми 6.2 оварда шудааст. Графики 2 нисбат ба графики 1 ба сели рӯшноии калонтар тааллуқ дорад. Дар ин ҷо: I_{1T} ва I_{2T} чараёнҳои сершуда, $U_{\text{руст}}$ – шиддати русткунанда, яъне ин гуна шиддати манфӣ дода шавад, фотоэлектронҳо бо суръатҳои ибтидоиашон ба анод расида рафта наметавонанд.

Дар графики расми 6.2 дар қиматҳои мусбати калони шиддати анодӣ қувваи чараён ба сершавӣ мерасад. Яъне, электронҳои аз катод баромада, ба анод расида меравад. Таҷрибаҳо ҳаминро нишон медиҳанд, ки қувваи фоточараёни сер ба сели рӯшноии афтанда мутаносиби роста аст.

Агар ба анод нисбат ба катод шиддати манфӣ дода шавад, вай электронҳоро тормоз медиҳад ва фақат электронҳои дорои энергияи калон ба анод расида меравад. Шиддат мавриди ба $U_{\text{руст}}$ расидан фоточараён баробари сифр мешавад. Қимати шиддати $U_{\text{руст}}$ русткунандаро барои катода додашуда чен карда, энергияи кинетикии максималии фотоэлектронҳоро амиқ кардан мумкин аст:

$$E_{k \max} = \frac{mv_{\max}^2}{2} = eU_{\text{руст}}. \quad (6-3)$$

Ф.Ленард дар таҷрибаҳои худ потенциали русткунанда, $U_{\text{руст}}$ – ба интенсивияти (сели рӯшноӣ) нури афтанда вобаста набуда, ба басомади рӯшноии афтанда хаттӣ вобаста буданахро нишон дод (расми 6.3).



Расми 6.3.

Дар асоси таҷриба **қонунҳои фотоэффект** кашф шуданд:

1. Энергияи кинетикии максималии фотоэлектронҳо ба сели рӯшноӣ (интенсивият) вобаста нест ва ба басомади ν нури афтанда хаттӣ вобаста аст (бо афзудани ν I ҳам хаттӣ меафзояд).

2. Барои ҳар як модда барои рӯй додани фотопадаида басомади минимали ν_{\min} мавҷуд ва ин сарҳади сурхи фотопадаида номида мешавад.

3. Адади электронҳои дар воҳиди вақт аз катод баромада ба сели рӯшноии (интенсивияти) афтанда мутаносиби роста буда, ба басомади он новобаста аст.

Ҳодисаи фотоэффект ҳодисаи беинерсия буда, афтиши сели рӯшноӣ канда шудан замон фоточараён нест мешавад, рӯшноӣ афтидан замон фоточараён пайдо мешавад.

Назарияи фотоэффект. Назарияи фотоэффект соли 1905 аз тарафи А. Эйнштейн асоснок карда шуд. Вай аз гипотезаи М. Планк истифода бурда, ба хулосаи мавҷҳои электромагнитӣ ҳам аз порсияҳои алоҳида – квантҳо иборат будан омад. Онҳо баъдҳо фотонҳо гуфта шуданд.

Дар асоси ғояҳои Эйнштейн, мавриди таъсири фотон бо модда вай энергияш – $h\nu$ ро пурра ба электронҳо медиҳад. Дар асоси қонуни бақои энергия, як қисми ин энергия барои аз модда канда баровардани электронҳо ва қисми боқимонда ба энергияи кинетикии электронҳо тақдир меёбад:

$$h\nu = A + \frac{mv^2}{2} \quad (6-4)$$

Ин муодилаи Эйнштейн барои фотоэффект номида мешавад.

Дар ин A кори барои аз модда баровардани электронҳо сарфшуда. Агар қимати максималии энергияи кинетикии электронҳо буданашро ба

$$\left(\frac{mv^2}{2}\right)_{\max} = eU_{\text{руст}}$$

ҳисоб гирем, муодилаи:

$$h\nu = A + eU_{\text{руст}}$$

Эйнштейнро барои фотоэффект чун намуди зайл ҳам навиштан мумкин:

а) энергияи кинетикии максималии фотоэлектронҳо ҳатгӣ вобаста буданаш ба басомади нурҳои афтанда ва новобаста будан ба интенсивияти (сели) нурҳои афтанда;

б) мавҷудияти ҳудуди сурхи фотоэффект, яъне $h\nu_{\min} = A$ ро;

в) беинерсия будани фотоэффектро маънидод намуд. Дар муодилаи Эйнштейн асосан адади фотоэлектронҳои аз масоҳат дар 1 с баромада истода, ба адади фотонҳои ба ҳамин масоҳат афтида мутаносиб мешавад.

Дар асоси муодилаи Эйнштейн моилии графики вобастагии потенциали русткунандаи $U_{\text{руст}}$ дар расми 6.3 буда ба басомад $tg\alpha$ – ба нисбати доимии Планк бар заряди электрон баробар, яъне

$$tg\alpha = \frac{h}{|e|}. \quad (6-5)$$

Ин нисбат имконияти муайянкунии доими (собит)-и Планкро медиҳад. Ин гуна таҷриба соли 1914 аз тарафи Милликен гузаронида, доимии Планк аниқ карда шудааст.

Ин таҷриба имкони ҳисобкунии кори бароварди фотоэлектронҳоро ҳам медиҳад:

$$A = h\nu_{\text{min}} = \frac{h \cdot c}{\lambda_0}.$$

Дар ин ҷо: c – суръати рӯшноӣ, λ_0 – дарозии мавҷи ба сарҳади сурхи фотоэффект рост омада.

Кори баровард барои катодҳо бо эВ-ҳо чен карда мешавад ($1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Ҷ}$). Аз ин рӯ, дар амал қимати бо эВ-ҳо ифода кардашудаи доимии Планкро истифода мебаранд: $h = 4,136 \cdot 10^{-15} \text{ эВ} \cdot \text{с}$.

Аз металлҳо металлҳои ишқорӣ: Na, K, Cs, Rb ҳо ба кори бароварди хурд соҳибанд. Бинобар ин дар амал оксиди онҳо ва хӯлаҳои онҳо барои пӯшидани сатҳи катод истифода бурда мешавад. Масалан: кори бароварди катодаи сезий $A = 1,2 \text{ эВ}$, сарҳади сурхи фотоэффекти ба ин рост омада $\lambda_0 \approx 10,1 \cdot 10^{-7} \text{ м}$ аст. Ин нури рӯшноӣ ба чашм намоён – зард дар системаҳои қайдкунанда васеъ истифода мешавад.

Фотоэффекти дохилӣ. Мавриди бо нури рӯшноӣ нурборон кардани нимноқилҳо электронҳои заиф бандишфта фотонҳоро фурӯ бурда, ба ҳолати электронҳои озод мегузаранд. Дар ин ҳолат дар нимноқилҳо консентратсияи ҳомилони (барандагони) заряди озод меафзояд, гузаронандагии электрикии нимноқилҳо зиёд мегардад.

Дар натиҷаи таъсири нур ба нимноқилҳо дар он ҳосилшавии ҳомилони заряди озод *фотоэффекти* дохилӣ номида мешавад.

Дар натиҷаи таъсири нур дар нимноқилҳо гузаронандагии электрикии иловагӣ, ки ҳосил мешавад фотогузаронанда номида мешавад. Инро бошад, дар истехсоли **фотомуковиматҳо** – ин муковимати таҳти таъсири рӯшноӣ гузаронандагиаш тағйирёбанда буда, онро дар радиотехника **фоторезисторҳо** меноманд.

Фотонҳо. Мувофиқи назарияи квантии рӯшноӣ дар мавриди нури рӯшноиро фуру бурдан ва нурафканиии модда рӯшноӣ худро чун сели зарраҳо намоён мекунад. Ин зарраи рӯшноӣ **фотонҳо** ё **квантҳои рӯшноӣ** номида мешавад. Энергияи фотон ба $E=hc$ баробар аст. Фотон дар вакуум бо суръати рӯшноӣ c ҳаракат мекунад. Фотон дар ҳолати оромӣ масса надорад, яъне $m_0=0$.

Аз назарияи нисбият $E=mc^2$ истифода бурда массаи фотони дар ҳаракат бударо ёфтан мумкин аст:

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

Энергияи фотон hc -ро бештар на ба воситаи басомад, балки бо басомади сиклӣ $\omega=2\pi\nu$ ифода карда мешавад. Дар ин $\hbar = \frac{h}{2\pi}$ ро истифода мебаранд. Онро \hbar – ҳаши хатдор (ҳаши миёнбаста) гуфта мехонанд. Қимати \hbar ба: $\hbar = \frac{h}{2\pi} = 1,05 \cdot 10^{-34}$ Ҷ · с баробар аст.

Рӯшноиро зарраҳо – аз сели фотонҳо иборат гуфта таъриф додан назарияи корпускулярӣ буда, бо ин бозгашт ба механикаи Нютон шуд, шуморидан норавост. Қонунҳои ҳаракати онҳо ба қонунҳои механикаи квантӣ итоат мекунад.

Дар ибтидои асри ХХ маълум гашт, ки рӯшноӣ табиати дугона дошта аст. Дар густариши рӯшноӣ хосиятҳои мавҷии он (интерференсия, дифраксия, қутбишавӣ) ва мавриди таъсиркунӣ бо моддаҳо (фотоэффект) фишори рӯшноӣ ва ғайраҳо) хосиятҳои корпускулярӣ – заррагии он намоён мегардад.

Ин хосиятҳои **дуализми зарра** – **мавҷ** гуфтан сар шуд. Баъдҳо дар фан сели электронҳо, протонҳо, нейтронҳо ҳам ба хосияти мавҷи доро буданаш маълум шуд.

Дар асоси ин афканиш ва фурубурди рӯшноӣ аз тарафи модда, спектрҳои хаттӣ, ҳодисаҳои фотоэффект, фишори рӯшноӣ ва ҷараёнҳои дигар маънидод карда шуданд.



1. Фотон чист? Хусусиятҳои фотон аз ҷиҳати иборат аст?
2. Қонуни фотоэффектро дар асоси назарияи квантии рӯшноӣ фаҳмонед.
3. Формулаи Эйнштейн ва моҳияти физикии онро фаҳмонед.
4. Шароитҳои рӯй додани фотоэффект чӣ гуна аст?
5. Сарҳади сурхи фотоэффектро фаҳмонед.
6. Дуализми зарра барои рӯшноӣ аз ҷиҳати иборат аст?

Мавзӯи 36. ИМПУЛСИ ФОТОН. ФИШОРИ РҶШНОЙ. ИСТИФОДАИ ФОТОЭФФЕКТ ДАР ТЕХНИКА

Сабаби доимо дар ҳаракат будани фотон вай ба импульси $p = m \cdot c$ соҳиб аст. Муносибати болоиро ба ҳисоб гирем, импульси фотон ба

$p = \frac{h\nu}{c}$ баробар мешавад.

Формулаи $\lambda = \frac{c}{\nu}$ ро ба ҳисоб гирифта энергияи фотон ва импульси онро ба воситаи дарозии мавҷ ифода мекунем:

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \text{ ва } p = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}. \quad (6-7)$$

Агар ба сатҳи ҷисм сели фотонҳо афтида истода бошанд, дар ин ҳол фотонҳо ба ин сатҳ импульс медиҳанд ва фишори рӯшноиро ба вучуд меоранд.

Дар асоси назарияи электромагнитии Максвелл ҳам рӯшноӣ ба масоҳати ягон ҷисм афтад, ба он бо фишор таъсир мекунад. Лекин ин фишор ба қимати басо хурд соҳиб будааст. Тибқи ҳисобкуниҳои Максвелл қувваи фишори ба ҷисми мутлақ сиёҳи сатҳаш 1 м^2 -и Замин, ки ба он нурҳои Офтоб меафтанд, баробари $0,48 \text{ мкН}$ будааст. Ин гуна қувваро дар шароити Замини кушод қайд намудан басо душвор аст.

Бори нахуст фишори рӯшноиро дар соли 1900 олими рус П. Н. Лебедев дар таҷриба чен кардааст. Барои ин асбоби басо нозук тайёр мекунад. Як ё якчанд болчаҳо ба овеза, ба воситаи риштаи борик овехта шудааст. Ба ришта оина шинонида шуда, яке аз болчаҳои тунуки сабук ҷилодор, дигаре сиёҳ карда шудааст. Ҷилодор рӯшноиро хуб инъикос мекунад, сиёҳаш бошад, фуру мебарад.

Система ба даруни зарфи ҳавояш кашидашуда ҷойгир буда, тарозуи тобхӯрандаи ҳассосро ташкил медиҳад. Тобхӯрии овеза бо ёрии оинаҳои ба ришта маҳкам кардашуда ва лӯла мушоҳида карда мешавад. Ба кунҷи майли он нигоҳ карда, қувваи фишори рӯшноии ба болчаҳои овезон таъсиркунанда ёфта мешавад.

Натиҷаҳои Лебедев назарияи электромагнитии Максвеллро тасдиқ намуд ва фишори рӯшноии ченшуда аз фишори рӯшноии бо роҳи назариявӣ ёфташуда бо хатогии 20% мувофиқ омад. Баъдҳо, фишори рӯшноии дар соли 1923 дар асоси таҷрибаҳои Герлах чен кардашуда аз ҳисоби назариявӣ 2% тафовут кард.

Формулаи фишори сели фотонҳои ба сатҳ дихандаро чун зайл баровардан мумкин. Қувваи таъсири фотони ба сатҳ зада ба $F_1 = \frac{\Delta(mc)}{\Delta t}$ баробар аст. Агар N то фотон занад, дар ин ҳол $F_k = NF_1 = \frac{N\Delta(mc)}{\Delta t}$.

Дар ин ҷо: $\Delta(mc)$ – тағйирпазирии импульси фотон. Агар сатҳ ҷилдоридори идеалӣ бошад, $\Delta(mc) = 2mc$, мутлақ сиёҳ бошад $\Delta(mc) = mc$ мешавад.

Дар ин ҳол фишори ба сатҳи мутлақ сиёҳ додашуда $p_1 = \frac{F}{S} = \frac{N\Delta(mc)}{S \cdot \Delta t}$.

Агар сатҳ ҷилдоридор бошад, $p_1 = \frac{N \cdot 2mc}{S \cdot \Delta t}$.

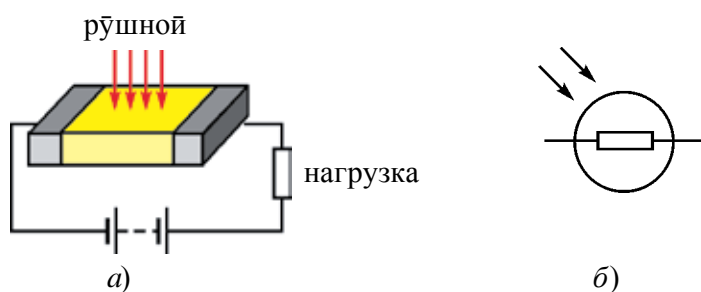
Аз $E = mc^2$ $mc = \frac{E}{c}$ буданаш ба ҳисоб гирифта шавад, $p = \frac{NE}{c \cdot S \cdot \Delta t}$.

Дар ин ҷо $\frac{NE}{S \cdot \Delta t} = I$ – энергияи рӯшноии (мавҷ) дар воҳиди вақт ба воҳиди масоҳат афтаанда интенсивияти рӯшноӣ (мавҷ) I номида мешавад.

Дар ин ҳол $p = \frac{I}{c}$. Ин формулаи фишори мавҷҳои электромагнитии ба сатҳи модда (сатҳи мутлақ сиёҳ) афтадаи Максвелл аст.

Бештарини асбобҳои дар асоси ҳодисаи фотоэффект коркунанда **фотомуқовиматҳо** мебошанд.

Асоси фотомуқовиматҳоро нимноқили ба рӯшноӣ ҳассоси масоҳаташ нисбатан калонтар ташкил мекунад. Намуди схематикӣ ва аломати шартӣ он дар расми 6.4 оварда шудааст.



Расми 6.4.

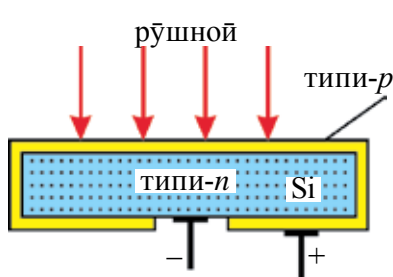
Дар ҳарорати хона муқовимати нимноқилҳо басо калон ва аз он қувваи ҷараёни басо кам ҷорӣ мешавад. Ба он бо задани рӯшноӣ консентратсияи ҳомилони заряди озод меафзояд, муқовиматаш кам мешавад. Қувваи ҷараён зиёд мешавад.

Афзалияти фотомуковиматҳо чунинанд: Фотоҳассоси баланд, муддати тӯлонӣ босамар кор мекунад, хурдии ченак, технологияи тайёркунӣ мураккаб нест, мумкин будани тайёркунӣ аз материали нимнокилии дар мавҷҳои дарозиашон гуногун коркунанда.

Яке аз камбудихоӣ он ба сели рӯшноӣ хатти вобаста набудани муковимати он, дуомаш – ҳассосӣ ба ҳарорат. Аз он ҷумла инертияти он калон, дар басомадҳои калон мавриди истифодабарӣ қатори муаммоҳо пайдо мешаванд.

Фотоэлементҳои ба фотоэффекти дохилӣ асоснокшуда.

Аз фотоэлементҳои нимнокилии ба гузариши $p-n$ дар фотоэффекти дохилӣ асос кардашуда барои табдил додани энергияи рӯшноӣ ба энергияи электрикӣ истифода мебаранд. Нимнокили энергияи Офтобро ба энергияи электрикӣ табдилдиҳанда – фотоэлементҳои силитсийӣ васеъ истифода шуда истодаанд ва онҳо номи **батареяи Офтобиро** гирифтаанд.



Расми 6.5.

Асоси батареяи Офтобиро лавҳаи силитсийӣи типии n ташкил намуда, ҳамаи тарафҳои он бо қабати борики (1–2 мкм) силитсийӣи типии p рӯйпуш карда шудааст (расми 6.5). Бо задани рӯшноӣ ба сатҳи элемент дар қабати тунуки типии p ҷуфти электрони ҷавф (ковок) ҳосил шуда, дар ҳамин қабат рекомбинатсия нашоуда ба соҳаи гузариши типии $p-n$ мегузаранд. Дар соҳаи гузариши $p-n$ ҷудошавии зарядҳо рӯй медеҳад.

Таҳти таъсири майдони ҳосилшуда электронҳо ба соҳаи n , ҷавфҳо ба соҳаи p мегузаранд. ҚЭҲ-и ҳосилшуда ба ҳисоби миёна 0,5 В мешаванд. Ин гуна элементи масоҳаташ 1 см^2 ба истеъмолкунандаҳо васл шаванд то 25 мА ҷараён медеҳанд.

Ҳассосияти фотоэлементҳои силитсийӣ ба нурҳои сабз максимум, яъне ба қисми максимуми нурафкании Офтоб рост меояд. Аз ин рӯ, онҳо ба ККФ-и баланд соҳиб буда, дар одат ба 11–12%, дар материалҳои сифаташон баланд ба 21–22% мерасанд.

Батареяҳои Офтобӣ бидуни электростансияҳои Офтобии Замин дар радиҳои маснӯъи Замин ва киштиҳои кайҳонӣ чун манбаъи энергияи электрикӣ хизмат мекунанд.

Яке аз асбобҳои бисёр истифода бурдашаванда ва ба фотоэффекти дохилӣ асоскардашуда диодҳои рӯшноӣ (нимноқилҳои лазерӣ) аст. Ин диоди ба як ё якчанд гузариши $p-n$ асоскардашуда буда, дар мавриди аз он гузаштани чараёни электрикӣ рӯшноӣ меафканад. Дар материали ин диод микдори электронҳо, инчунин ҳаракатнокии онҳо нисбат ба чавфҳо (ковокҳо) калонтар аст. Ҳангоми гузаштани электронҳо аз соҳаи n ба соҳаи p бо чавфҳо рекомбинатсия шуда, аз худ энергияи зиёдатиरो ба сифати нур меафкананд.

Вобаста ба номуди материали нимноқилҳо ранги нурафканӣ ҳам гуногун мешавад.

Аз тарафи академики АФ Ўзбекистон М. Саидов қариб 10 намуди диодҳои рӯшноии соҳиби нурафканиҳои гуногун офарида шудаанд, инчунин назария ва технологияи тайёркунии онҳо кор карда шудааст.

Пештар фотоасбобҳо фақат дар кинотехника ва ҳисобгиракҳои фотоэлектронӣ истифода шуда бошанд, дар рӯзҳои ҳозира дар равшанкунӣ, техникаи роботӣ, автоматика, фотометрия, дар асбобҳои биниши шабона, стансияҳои электрикии Офтобӣ, инчунин дар тадқиқотҳои илмӣ бо ёрии нурҳо ба амал бароранда васеъ истифода мешаванд.

Бо мақсади дар Ўзбекистон аз энергияи Офтоб васеъ истифода бурдан соли 1993 иттиҳодияи истеҳсоли илмӣ “Физика – Офтоб” ташкил карда шуд ва дар ҷабҳаҳои васеъ ҷустуҷӯҳои илмӣ – тадқиқотӣ ва амалӣ бурда истодаанд.



1. *Фоторезистор чист ва қори он ба кадом тамоил асос карда шудааст?*
2. *Тамоили истифодаи фотоэлементи ба фотоэффекти дохилӣ асос кардашударо чун манбаъи энергия фаҳмонед.*
3. *Таҷрибаи П.Н. Лебедев оиди чен кардани фишори рӯшноиро фаҳмонед.*
4. *Фишори рӯшноиро дар асоси тасавури квантӣ рӯшноӣ фаҳмонед.*

Намунаи ҳалли масъала

1. Агар қори бароварди электрон аз металл $7,6 \cdot 10^{-19}$ Ҷ ва энергияи кинетикии электрон ба $4,5 \cdot 10^{-20}$ Ҷ баробар бошад, дарозии мавҷи рӯшноиро муайян кунед. $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Ҷ · с

Дода шудааст:	Формулаш:	Ҳалли он:
$E_k = 4,5 \cdot 10^{-20}$ Ҷ	$h\nu = A + E_k$	$\lambda = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Ҷ} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}}{7,6 \cdot 10^{-19} \text{ Ҷ} + 0,45 \cdot 10^{-19} \text{ Ҷ}} \approx 2,46 \cdot 10^{-7} \text{ м.}$
$A = 7,6 \cdot 10^{-19}$ Ҷ	$\lambda = \frac{v}{c}$	
$h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Ҷ·с	$\frac{hc}{\lambda} = A + E_k$	Ҷавобаш: $\lambda \approx 2,46 \cdot 10^{-7}$ м.
$c = 3 \cdot 10^8$ м/с	$\lambda = \frac{hc}{A + E_k}$	
Ёфтан лозим:		
$\lambda = ?$		

Машқи 6.

1. 35 г модда бо 33 г антимода якҷоя шуда, ба афканишоти электромагнитии басомадаш 10^5 Ҳз табил ёбад, чандто фотон афканда мешавад? (Ҷавобаш: $9 \cdot 10^{33}$ то)

2. Агар энергияи фотони якум аз дуум 2 маротиба калон бошад, импульси фотони якум аз дуум чанд маротиба фарқ мекунад? (Ҷавобаш: 2 маротиба)

3. Импульси фотон дар муҳити шаффофи қобиляти шуоъшикании нисбиаш n ба чӣ баробар аст? (Ҷавобаш: $h\nu/nc$)

4. Энергияи фотон (МэВ) чӣ қадар бошад, массаи он бо массаи электрони ором баробар мешавад? (Ҷавобаш: 0,51 МэВ)

5. Нури басомадаш 10^{17} Ҳз ба оинаи ҳамвор амудӣ афтада аз он инъикос мегардад. Модули тағйирёбии импульси фотони инъикосшударо ёбед (кг·м/с). $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Ҷ·с. (Ҷавобаш: $4,4 \cdot 10^{-25}$ кг·м/с)

6. Дар ҳар дақиқа ба сатҳи масоҳаташ 100 см^2 энергияи рӯшноии 63 Ҷ меафтад. Рӯшноӣ пурра инъикос шавад, фишори он ба чӣ баробар аст? (Ҷавобаш: $7 \cdot 10^{-7} \text{ Н/м}^2$)

7. Фишори рӯшноии сатҳи пурра инъикоскунанда аз сатҳи пурра фурубаранда чанд маротиба калон аст? (Ҷавобаш: 2 маротиба)

8. Энергияи кванти рӯшноии ба дарозии мавҷи $3 \cdot 10^{-7}$ м рост ояндаро аниқ кунед. (Ҷавобаш: $6,6 \cdot 10^{-19}$ Ҷ)

9. Кори бароварди электрон аз металл $3,3 \cdot 10^{-19}$ Ҷ бошад, сарҳади сурхи фотоэффект ν_0 -ро ёбед. (Ҷавобаш: $5 \cdot 10^{14}$ Ҳз)

10. Дарозии мавҷи рӯшноӣ $5 \cdot 10^{-5}$ см бошад, импульси фотонро ёбед. (Ҷавобаш: $1,32 \cdot 10^{-27}$ кг·м/с)

11. Рӯшноии энергияи фотонаш $4,4 \cdot 10^{-19}$ Ҷ буда дар муҳит дорои мавҷи дарозиаш $3 \cdot 10^{-7}$ м бошад, қобиляти шуоъшикании ин муҳитро ёбед. (Ҷавобаш: $n = 1,5$)

12. Ба моддаи сарҳади сурхи фотоэффекташ $\nu_0 = 4,3 \cdot 10^{14}$ Ҳз рӯшноии дарозии мавҷаш $3 \cdot 10^{-5}$ см афтад, энергияи кинетикии фотоэлектронҳо ба чӣ баробар мешавад (Ҷ)? (Ҷавобаш: $E_k \approx 3,76 \cdot 10^{-19}$ Ҷ)

13. Катоди фотоэлемент бо нури рӯшноии монохроматии басомадаш ν_1 равшан карда шавад энергияи кинетикии фотоэлектронҳо ба E_1 , бо нури басомадаш $\nu_2 = 3\nu_1$ равшан карда шавад, энергияи кинетикиаш ба E_2 баробар мешавад. Нисбати E_1 ва E_2 ҳо чӣ гуна аст? (Ҷавобаш: $E_2 > 3E_1$)

14. Ба катоди сезийӣ рӯшноии дарозии мавҷаш 600 нм меафтад. Кори бароварди электрон аз катод баробари 1,8 эВ бошад, дар кадом қимати русткунандаи шиддат (B) фотоҷараён қатъ мегардад? $h = 4,1 \cdot 10^{-15}$ эВ · с. (Ҷавобаш: $U_{\text{руст}} = 0,25$ В)

15. Манбаи рӯшноии тавоноияш 100 В дар ҳар 2 сония $2,5 \cdot 10^{20}$ то фотон меафканад. Дарозии мавҷи рӯшноиро аниқ кунед. $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Ҷ · с. (Ҷавобаш: $\lambda \approx 2,5 \cdot 10^{-7}$ м)

16. Нури рӯшноии басомадаш 10^{16} Ҳз ба оина афтада, аз он пурра инъикос меёбад. Тағйирпазирии импулси фотонро дар ҷараёни инъикоси рӯшноӣ ёбед. $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Ҷ · с. (Ҷавобаш: $4,4 \cdot 10^{-26}$ кг · м/с)

17. Ба саққои чудоғонаи мисӣ нури монохроматикии ултрабунафши дарозии мавҷаш 0,165 мкм меафтад. Кори бароварди электрон аз мис $A = 4,5$ эВ бошад, саққо то чанд вольт потенциал заряднок шудааст? $h = 4,1 \cdot 10^{-15}$ эВ · с. (Ҷавобаш: $\varphi_{\text{max}} \approx 2,95$ В)

САВОЛҲОИ ТЕСТӢ ОИДИ ҶАМЪБАСТИ БОБИ VI

1. Ҳодисаи аз ҷисмҳо канда баровардани электрон бо ёрии рӯшноӣ ... номида мешавад.
А) кутбишавӣ; В) дифраксия; С) дисперсия; Д) фотоэффект.
2. Интенсивияти рӯшноии афтаанда 4 маротиба кам шавад, адади электронҳои аз фотоэффект баромада истода чӣ хел тағйир меёбад?
А) 4 маротиба зиёд мешавад; В) 2 маротиба кам мешавад;
С) 4 маротиба кам мешавад; Д) тағйирнопазир аст.
3. Басомади рӯшноии дар фотоэффект афтада истода 2 маротиба зиёд шавад, адади фотоэлектронҳои бароянда чӣ гуна тағйир меёбад?
А) 2 маротиба кам мешавад; В) 2 маротиба зиёд мешавад;
С) 4 маротиба кам мешавад; Д) тағйир намеёбад.

4. Сели рӯшноии афтанда ($\lambda = \text{const da}$) 4 маротиба зиёд шавад, суръати фотоэлектронҳо чанд маротиба зиёд мешавад?
 A) тағйир намеёбад; C) 4 маротиба кам мешавад;
 B) 4 маротиба зиёд мешавад; D) 2 маротиба зиёд мешавад.
5. Суръати зарраи дар фотоэффект барои мада истода $1,6 \cdot 10^6$ м/с бошад, дарозии мавҷи рӯшноӣ ҳисоб карда шавад. Кори барои мада $A = 5,3$ эВ (м).
 A) $10 \cdot 10^{-6}$; B) $9,8 \cdot 10^{-9}$; C) $6,63 \cdot 10^{-10}$; D) $2 \cdot 10^{-7}$.
6. Сарҳади сурхи фотоэффект барои калий 600 нм. Кори барои мада барои калий ёфта шавад. (Бо Ҷоулҳо)
 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. Агар кори барои мадаи электронҳо аз фотокадод 3 эВ, энергияи фотонҳои ба он зананда 5 эВ бошад, дар кадом қимати потенциали боздоранда, қувваи фотон ба сифр баробар мешавад (В)?
 A) 1,5; B) 2; C) 3; D) 5.
8. Сарҳади сурхи фотоэффект барои ягон металл 331 нм аст. Барои рӯй додани фотопадид дар ин фулузот (металл) энергияи фотони рӯшноии ба ин мада (эВ) бояд чӣ қадар бояд бошад?
 A) 2,45; B) 2,60; C) 2,75; D) 3,75.
9. Сарҳади сурхи фотопадид барои никел аниқ қунед (м). Кори барои мада барои никел 5 эВ аст.
 A) $5 \cdot 10^{-7}$; B) $2,3 \cdot 10^{-5}$; C) $2,5 \cdot 10^{-7}$; D) $1 \cdot 10^{-6}$.
10. Ба металл кори барои мадаи фотонҳои энергияшон 5 эВ афтад, энергияи кинетикии максималии фотоэлектронҳои аз он афтадандаро ёбед (эВ).
 A) 0,6; B) 2; C) 3; D) 5.
11. Дарозии мавҷи рӯшноӣ 10^{-7} м бошад, энергияи фотонро ёбед (эВ).
 $h = 4 \cdot 10^{-15}$ эВ · с
 A) 1; B) 2; C) 4; D) 12.
12. Дарозии мавҷи рӯшноӣ 220 нм бошад, массаи фотонро ёбед (кг).
 A) $3 \cdot 10^{-36}$; B) $1,5 \cdot 10^{-36}$; C) $1,6 \cdot 10^{-36}$; D) $1 \cdot 10^{-35}$.
13. Дарозии мавҷи рӯшноӣ $6,63 \cdot 10^{-8}$ м бошад, импулси фотонро ёбед (кг · м/с). $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Ҷ · с
 A) 10^{-26} ; B) 10^{-42} ; C) 10^{-34} ; D) $1,6 \cdot 10^{-35}$.

14. Басомади рӯшноӣ $3 \cdot 10^{15}$ Ҳз бошад, импулси онро ёбед (кг·м/с).
 $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Ҷ·с.
 А) $2,21 \cdot 10^{-19}$; В) $2,21 \cdot 10^{-27}$; С) $6,63 \cdot 10^{-19}$; D) $6,63 \cdot 10^{-27}$
15. Импулси фотон $3,315 \cdot 10^{-27}$ кг·м/с бошад, басомади рӯшноиро ёбед (Ҳз).
 А) $3 \cdot 10^{14}$; В) $2 \cdot 10^{15}$; С) $1,5 \cdot 10^{15}$; D) $2 \cdot 10^{14}$.
16. Дарозии мавҷи миёнаи нурафканиши лампочкаи тафсонанда 1,2 мкм. Адади фотонҳои дар 1 сония афкандаи лампочкаи иқтидораш 200 Вт -ро аниқ намоед. $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Ҷ·с.
 А) $80 \cdot 10^{21}$; В) $2,5 \cdot 10^{21}$; С) $1,5 \cdot 10^{20}$; D) $1,2 \cdot 10^{21}$.
17. Импулси фотон дар муҳити шаффофи қобилияти шуъбашиканаш n ба чӣ баробар аст?
 А) nhv/c ; В) nhv ; С) $h\lambda/n$; D) hv/nc .
18. Сарҳади сурхи фотоэффект барои модда $1 \cdot 10^{15}$ Ҳз буда, ба он рӯшноии басомадаш $1 \cdot 10^{15}$ Ҳз афтад, энергияи кинетикии максималии фотоэлектронҳои парида баромадаро ҳисоб кунед. (Ҷ)
 А) $6,6 \cdot 10^{-19}$; В) $3,3 \cdot 10^{-19}$; С) $2,2 \cdot 10^{-19}$; D) $1,6 \cdot 10^{-19}$.
19. Кори баромади электронҳо аз металл $3,3 \cdot 10^{-19}$ Ҷ бошад, сарҳади сурхи фотоэффект ν_0 -ро ёбед (Ҳз).
 А) 10^{-14} ; В) $2 \cdot 10^{14}$; С) $5 \cdot 10^{14}$; D) $6,6 \cdot 10^{15}$.

Мафҳум, қоида ва қонунҳои дар боби VI омӯхташуда

Қонуни ғеҷиши Вин	Дарозии мавҷи ба максимуми нурафканиш ҳисм рост оянда, λ_m ба ҳарорати ҳисм мутаносиби чаппа аст: $\lambda_m = \frac{b}{T}, \quad b = 2,898 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{К} - \text{собити Вин.}$
Квант	Ин қисми минималии энергияи фурубурд ё афканишоти ҳисм.
Энергияи квант	Энергияи квант ба басомади рӯшноӣ мутаносиби роста: $E = hv$, $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ Ҷ·с.
Фотоэффекти берунӣ	Ин аз модда бо таъсири рӯшноӣ баромадани электронҳо.
Шиддати русткунанда	Ин шиддати манфии боздоранда, ки фотонҳо бо суръатҳои ибтидоиашон ба анод рафта намерасанд.

Қонунҳои фотозффект	<p>1. Энергияи кинетикии максималии фотозлектронҳо ба сели (интенсивияти) рӯшноӣ вобаста нест ва ба басомади нури афтиш ν хаттӣ вобастааст.</p> <p>2. Барои ҳар як модда басомади минималии ν_{\min} рӯйдихии фотозффект мавҷуд аст ва ин сарҳади сурхи фотозффект номида мешавад.</p> <p>3. Адади фотозлектронҳои аз катод дар воҳиди вақт баромада истода ба сели (интенсивияти) рӯшноии ба катод афтида мутаносиби роста буда, ба басомади он новобаста аст.</p>
Энергияи кинетикии максималии электронҳо	$E_{k \max} = \frac{mv^2}{2} = eU_{\text{руст}}$
Формулаи Эйнштейн барои фотозффект	$h\nu = A + \frac{mv^2}{2}$
Сарҳади сурхи фотозффект	<p>Сарҳади сурхи фотозффект $h\nu_{\min} = A$ ё $\frac{hc}{\lambda_0} = A$. Дар ин ҷо: ν_{\min} ё λ_0 – басомад ва дарозии мавҷи ба сарҳади сурхи фотозффект ростоянда</p>
Фотозффекти дохилӣ	<p>Бо таъсири рӯшноӣ дар нимноқилҳо зиёд кардани барандагони заряди озод.</p>
Фотон	<p>Кванти рӯшноӣ ё зарраи он. Массайи он дар ҳолати оромиш $m_0 = 0$.</p>
Энергияи фотон	<p>Энергияи фотон $E = h\nu$, суръати ҳаракаташ c, импульси он: $p = \frac{h\nu}{c}$, массааш $m = \frac{h\nu}{c^2}$.</p>
Фишори рӯшноӣ	<p>$p = \frac{I}{c}$, дар ин ҷо: I – интенсивияти нур.</p>
Фотомуқовимат – фоторезистор	<p>Резисторе, ки бо таъсири рӯшноӣ муқовиматаш кам мешавад.</p>
Батаряҳои Офтобӣ	<p>Фотозлементҳои нимноқилии гузариши $p-n$-и ба фотозффекти дохилӣ асос кардашуда, ки энергияи рӯшноиро ба энергияи электрикӣ табдил медиҳад.</p>

Боби VII. ФИЗИКАИ АТОМӢ ВА ЯДРОӢ. АСОСҲОИ ФИЗИКИИ ЭНЕРГЕТИКАИ АТОМӢ

Дар замонҳои басо қадим олимони юнон Демокрит, Эпикур ва Лукретсий тамоми моддаҳо аз адади зарраҳои майдаи (атомҳо) тақсимнашаванда иборат гуфта фикр баён кардаанд (калимаи атом аз юнонии “атомос” – тақсимнашаванда гирифта шудааст). Лекин ба ин фикр бо сабабҳои гуногун муддати вақти тӯлонӣ эътибори ҷиддӣ намодаанд. Аммо дар асри ҳаҷдаҳ дар натиҷаи саъю ҳаракати олимони А. Лавуазе (франсуз) (1743–1794), Ж. Далтон (англис) (1766–1844), А. Авогадро (италёвӣ) (1776–1856), М. Ломоносов (рус) (1711–1765), Й. Берселиус (швед) (1779–1848) ба мавҷудияти атом шубҳа намонд. Дар соли 1869 Д. И. Менделеев системаи даврии унсурҳо (элементҳо)-ро офарида ҳамаи атомҳои моддаҳо ба якдигар монанд буданашонро нишон дод. Дар айни вақт, дар ибтидои асри бист омада, тадқиқот оид ба дохили атоми тақсимнашаванда, яъне муаммои омӯхтани сохти он ба вучуд омад. Физики англис Ж. Ж. Томсон соли 1903 модели якуминро оиди сохти атом таклиф намуд. Физики дигари англис Д. Резерфорд дар асоси таҷрибаҳои худ модели Томсонро инкор намуда, модели планетарии атомро таклиф намуд. Мувофиқи ин модел атом аз ядро (дилақ) ва электронҳои дар атрофи он ҳаракаткунанда ташкил ёфтааст. Дартар бошад, ядрои атом – аз протонҳои зарядашон мусбат ва аз ҷиҳати электрикӣ нейтрал – нейтронҳо иборат буданаш аниқ шуд.

Мавзӯи 37. МОДЕЛИ БОРИИ АТОМ. ПОСТУЛАТҲОИ БОР

Дар соли 1903 физики англис Ч. Ч. Томсон модели якуминро оиди сохти атом таклиф намуд. Мувофиқи модели Томсон атом кураи мусбати зарядноки бузургияш 10^{-10} м ва массааш мунтазам тақсимшуда тасаввур карда мешавад. Дар даруни он бошад, дар атрофи вазъияти мувозинатии худ ҳаракати лаппишноқ кунанда – зарядҳои манфӣ

(электронҳо) мавҷуд буда (дар ин атомро ба тарбуз монанд намуда электрон чун тухмҳои тарбуз чойгирифта гуфтан мумкин), чамъи зарядҳои мусбат ва манфӣ байни ҳам баробаранд.

Физиқи дигари англис Д. Резерфорд дар соли 1911 тибқи таҷрибаҳои худ модели Томсонро инкор намуда, модели ядроғии (планетарӣ) атомро тақлиф намуд. Дар асоси ин модел атом чун системаи офтобии басо хурд тасаввур карда мешавад. Электронҳо дар атрофи ядро бо орбитаҳо (сарбаст) – қабати электрони атом ҳаракат мекунанд ва заряди онҳо ба заряди мусбати ядро баробар аст.

Аз сабаби бағоят хурд будани андозаи атом ($\approx 10^{-10}$ м) системаи онро бевосита омӯхтан басо мушқил. Аз ин рӯ системаи онро бавосита, яъне бо ёрии характеристикаҳои оиди сохти дохилии он маълумотдиҳанда омӯхтан мувофиқи мақсад аст. Яке аз ин гуна характеристикаҳо – спектри нурафкании атом аст. Спектри нурафкании атом, яъне ҳангоми афкандани нурҳои электромагнитӣ (ё фурӯбурд) спектрҳои басо муфассал омӯхта шудааст.

Физиқи швейтсариягӣ И. Балмер соли 1885 ба натиҷаҳои таҷриба таъя намуда, барои басомадҳои хатҳои спектри ҳидроген формулаи зайро ёфт.

$$v = R \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right). \quad (7-1)$$

Дар ин ҷо: $R = 3,29 \cdot 10^{15}$ Ҳз – доимии Ридберг, m ва n ададҳои доимӣ, онҳо дар ҳолати мувофиқ қиматҳои $m = 1, 2, 3, 4, \dots, n$ бошад қиматҳои бутун (аз $m + 1$ сар карда) қабул мекунад. Мувофиқи ин формула спектри ҳидроген аз хатҳои фосилдор иборат аст. Модели ядроғии Резерфорд қонуниятҳои спектриро маънидод карда натавонист. Бидуни он, модели мазкур ба механикаи классикӣ ва қонунҳои электродинамикӣ зид баромад.

Якум, ҳаракати электрон бо орбитаи атрофи ядро ҳаракати гирдхатта, яъне ҳаракати бо шитоб рӯйдиханда аст. Дар ин ҳаракат энергияи электрон кам мешавад, орбитаи даврзании он хурд мешавад ва ба ядро наздик шуда меравад. Дигар ҳел гӯем, пас аз вақти маълум электрон ба ядро ғалтида, атом нест шуданаш лозим. Ин мувофиқи модели Резерфорд, атом системаи ностабил буданашро нишон медиҳад. Дар амал бошад, атомҳои системаҳои бағоят мустаҳкам ҳисоб меёбанд.

Дуюм, электрон ба ядро наздик шудан гирад, радиуси он хурд шуда рафтани мегирад ($R \rightarrow 0$), суръаташ бошад тағйир намеёбад ($v = \text{const}$).

Дар натиҷа бо зиёд шудани шитоби он $\left(a = \frac{v^2}{R}\right)$ басомади афканиши электрон ҳам бо равиши бефосила зиёд шуданаш ва бинобар ин спектри нурафкани бефосила бояд мушоҳида шавад. Таҷрибаҳо ва формулаи Балмери бо онҳо мувофиқ оянда спектри нурафкани атом бафосила (хаттӣ) буданашро нишон дод.

Соли 1913 ба модели ядрогии Резерфорд назарияи квантро татбиқ намуда, натиҷаҳои таҷрибаро пурра фаҳмонда – назарияи атоми водород офарида шуд.

Асоси ин назарияро ду постулати зайл ташкил медиҳад. Ҳар яки ин постулат ба бартараф кардани ду камбудии модели Резерфордии дар боло қайдшуда нигаронида шудааст.

1. **Постулат оиди ҳолатҳои статсионарӣ (муқимӣ):** дар атом ҳолати статсионарӣ мавҷуд буда, ба ин ҳолатҳо орбитаҳои статсионари электронҳо мувофиқ меояд.

Электронҳо фақат дар ҳолати ҳамин орбитаҳои статсионарӣ буда, ҳатто бо шитоб ҳаракат кунанд ҳам нурафканӣ намекунанд.

Моменти миқдори (моменти импульс) ҳаракати электрон дар орбитаи статсионарӣ квантонидашуда буда, бо шарти зерин аниқ карда мешавад:

$$m_e \cdot v_n \cdot r_n = n \cdot \hbar \quad (7-2)$$

Дар ин ҷо: m_e – массаи электрон; r_n – радиуси орбитаи n ; v_n – суръати электрон дар ҳамин орбита; $m_e \cdot v_n \cdot r_n$ – моменти импульси электрон дар ҳамин орбита; n – адади ғайринулии бутун, адади сарквант меғўянд; $\hbar = \frac{h}{2\pi}$ (\hbar – собити Планк).

Бинобар ин, дар асоси постулати якуми Бор, электрони атом на бо орбитаи дилхоҳ, балки бо орбитаҳои маълуми орбитаи статсионарӣ ном гирифта ҳаракат карданаш мумкин. Дар давоми ин ҳаракат нур намеафканад, яъне энергияаш кам намешавад. Энергияаш кам нашавад, ба ядро намеафтад ва атом нест намешавад. Ҳамин тавр ин постулат камбудии якуми модели Резерфордро бартараф мекунад.

2. **Постулат оиди басомадҳо:** электрон фақат аз як орбитаи статсионарӣ ба ҳолати дуюм гузарад якто фотоне мебарорад (ё фуру мебарад), ки энергияи он ба фарқи энергияҳои ҳолатҳои статсионарӣ баробар аст:

$$h\nu = E_n - E_m, \quad (7-3)$$

дар ин ҷо: E_n ва E_m – дар ҳолати мувофиқ энергияҳои электрон дар орбитаҳои статсионари n ва m .

Агар $E_n > E_m$ бошад, фотон афканда мешавад. Дар ин электрон аз ҳолати энергияаш калон ба ҳолати энергияаш хурд, яъне аз орбитаи статсионариин аз ядро дуртар ба орбитаи статсионариин ба ядро наздиктар мегузарад.

Агар $E_n < E_m$ бошад, фотон фурӯ бурда мешавад ва ҳолати ба мулоҳизаҳои болоӣ баръақс рӯй медиҳад.

Аз ифодаи (7-2) басомади рӯй додани нурафканиро, яъне спектри хаттии атомро аниқ кардан мумкин:

$$\nu = \frac{E_n - E_m}{h}. \quad (7-4)$$

Тибқи постулати дуёми Бор, электрон нурафканиин басомадаш дилхоҳ набароварда, фақат нурафканиин басомадаш шарти (7-4) ро қаноаткунанда бароварданаш мумкин. Аз ин боис, спектри нурафканиин атом спектри бефосила набуда, ба намуди бафосила (хаттӣ) соҳиб аст. Бинобар ин, постулати дуёми Бор камбудии дуёми модели Резерфорд ро бартараф мекунад.

Радиуси орбитаи электрон ба воситаи ифодаи зайл амиқ карда мешавад:

$$r_n = n^2 \frac{h^2 \epsilon_0}{\pi m_e e^2}, \quad (7-5)$$

дар ин чо: n – тартиби рақами орбитаи статсионариин электронро (аниқтараш, ҳолати статсионариин атомро) нишон медиҳад. Масалан, $n=1$ гуфта гирем, радиуси орбитаи статсионариин якуми Бор номида мешавад ва дар физикаи атомӣ ба сифати воҳиди дарозӣ истифода бурда мешавад:

$$r_B = 0,529 \cdot 10^{-10} \text{ м.}$$

Энергияи сатҳи энергетикии дилхоҳи атом E_n чунин аниқ карда мешавад:

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

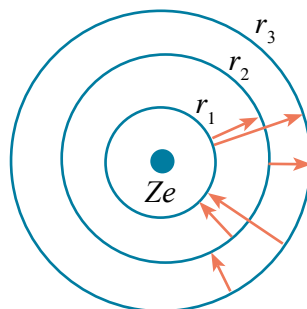
Аз ин ифода намоён аст, ки энергияи пурраи атоми ҳидроген манфӣ буда, вай электрон ва протонро барои ба зарраи озод табдил додан чӣ қадар энергия сарф намудан лозим буданашро нишон медиҳад. Дигар хел гӯем, айнан ин энергия ин ду зарраро ба сифати як атоми бутун нигоҳ медорад. Аз ин рӯ ҳам, ҳолати $n=1$ ҳолати устувор ҳисобида шуда, дар ин ҳолат атом дорои энергияи камтарин мешавад ва он дар ҳолати энергетикии асосӣ номида мешавад. Барои ионизатсия кардани атоми ҳидрогени дар ин ҳолат буда энергияи зиёдтарин сарф намуданро

талаб мекунад, ҳолатҳои $n > 1$ бошад, ҳолатҳои ангехта номида мешавад ва энергияи атоми дар онҳо мавҷуда камтар буда барои ионизатсияи атоми дар ин ҳолат буда камтар энергия сарф мешавад.

Дар асоси постулати дууми Бор электрон аз як сатҳи энергетикӣ ба сатҳи дууми энергетикӣ бигзарад фотони энергиядор меафканад ё фуру мебарад

$$hv = E_2 - E_1 = \frac{m_e e^4}{8h^2 \epsilon_0^2} \cdot \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) \quad (7-7)$$

Агар электрон аз мадори дуум ($n_2 = 2$) ба якӯм гузарад ($n_1 = 1$), фотон афканда мешавад (расми 7.1). Дар ҳолати баръакс фуру мебарад. Барои гузаронидани электрон аз мадории $n_1 = 1$ ба $n_2 \rightarrow \infty$ дигар ҳел гӯем, барои электронро аз ядрои атом чудо карда гирифтани (барои ионизатсия кардани атом) энергияи калонтарин сарф мешавад. Қимати ин энергия ба 13,6 эВ баробар буда, энергияи ионизатсиякунии атом ҳидроген аст. Бинобар ин энергияи электрони атоми асосии водород ба $-13,6$ баробар аст. Чӣ тавре, ки дар боло таъкид намудем, манфӣ будани энергия электрон дар ҳолати вобастагӣ буданаширо нишон медиҳад. Энергияи электрони ҳолати озод баробари сифр гуфта қабул кардаанд.



Расми 7.1.

Аз ифодаи (7-7) истифода бурда, басомади фотони афканда ё фурубурда ё дарозии мавҷҳо муайян кардан мумкин:

$$\nu = \frac{m_e e^4}{8h^3 \epsilon_0^2} \cdot \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right). \quad (7-8)$$

Ин формулаи Балмер бурда, $R = \frac{m_e e^4}{8h^3 \epsilon_0^2}$ – R – собити Ридберг.



1. Камбудихӯи модели Резерфор аз чӣҳо иборат буд?
2. Бор назарияҳои худро ба кадом ғояҳо асос намуда офарид?
3. Постулат оиди ҳолатҳои статсионарӣ (муқимӣ) аз чӣ иборат буд?
4. Постулати якуми Бор кадом камбудихӯи модели Резерфордро бартараф мекунад?

Намунаи ҳалли масъала

1. Дарозии мавҷи афканишоти электрони атоми ҳидроген аз мадори сеюм ба мадори дуум (λ_{32}) гузаштан, аз дарозии мавҷи афканишоти электрони аз мадори дуум ба мадори якум (λ_{21}) гузашта чанд маротиба калон аст?

Дода шуда аст:

$$\begin{aligned} n_1 &= 3, \\ n_2 &= 2, \\ n_3 &= 1, \end{aligned}$$

Ёфтган лозим:

$$\frac{\lambda_{32}}{\lambda_{21}} = ?$$

Формулааш ва ҳалли он:

$$v = R \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) \cdot \lambda_{21} = \frac{n_1^2 n_2^2 c}{(n_2^2 - n_1^2) R};$$

$$\lambda_{32} = \frac{n_3^2 n_2^2 c}{(n_3^2 - n_2^2) R}.$$

$$\frac{\lambda_{32}}{\lambda_{21}} = \frac{9 \cdot 4}{(9 \cdot 4)} = \frac{36}{5} \cdot \frac{3}{4} = \frac{27}{5} = 5,4.$$

Ҷавобаш: $\frac{\lambda_{32}}{\lambda_{21}} = 5,4.$

Мавзӯи 38. ЛАЗЕРҶО ВА НАМУДҶОИ ОНҶО

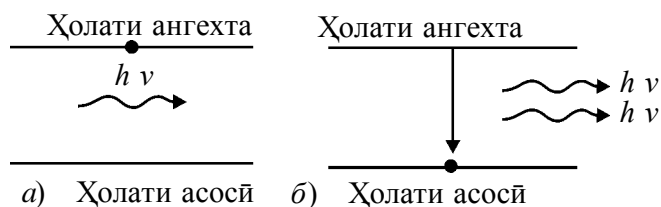
Лазер чист? Пайдо шудани генератори кванти оптикӣ, ки лазерҳо гуфта шудааст, комёбии соҳаи нави фани физика – электроникаи квантӣ аст. *Вақте лазер мегӯем, манбаъи рӯинаш когерентии басо амиқ равон кардашударо мефаҳмем.*

Калимаи лазер аз ҳарфҳои аввалини англисии “Пурзӯркунии рӯшноӣ дар натиҷаи лаппиши маҷбурӣ” гирифта шудааст. (“Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation”).

Генераторҳои квантии нахустин аз тарафи олимони рус Н. Басов, А. Прохоров ва олими амрикоӣ Ч. Таунс офарида шудаанд (ба қорҳои дар ин соҳа бурдашон соли 1964 сазовори мукофоти Нобелӣ шудаанд). Барои фаҳмидани принсипи қори ин гуна генератор бо ҷараёни афканиши нур муфассал шинос мешавем.

Афканиши маҷбурии нур. Чунон, ки дар мавзӯи пешина қайд карда будем атом дар ҳолати асосӣ бошад нур намесафканад ва дар он муддати тӯлонии беохир меистад. Аммо атом дар натиҷаи таъсирҳои дигар ба ҳолати ангефта гузаштанаш мумкин. Одатан атом, дар ҳолати ангефта муддати дароз нашуда, боз баргашта ба ҳолати ибтидоӣ мегузарад ва дар ин фотони энергияаш ба фарқи сатҳҳои энергетикӣ баробар меафканад. Ин гуна гузариш, ки худ аз худ рӯй медиҳад, *нурафканиши спонтанӣ* номида мешавад ва нурҳои афканда когерент намешаванд. Аммо бо гуфти А. Эйнштейн ин гуна гузаришҳо на фақат худ аз худ, маҷбурӣ ҳам шуданаш мумкин.

Ин гуна гузашти маҷбурӣ бо таъсири фотони аз паҳлуи атоми ангехта гузаштаистода рӯй доданаши мумкин (расми 7.2).

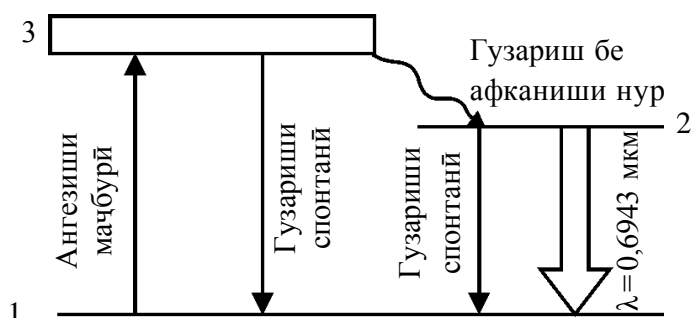


Расми 7.2.

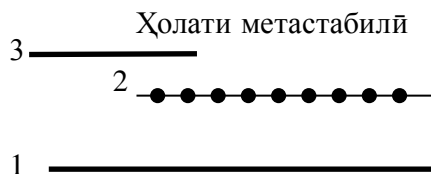
Дар натиҷа дар мавриди атом аз ҳолати ангехта ба ҳолати асосӣ гузаштан фотони афканда бо фотони ни гузаришро ба амал оварда як хел мешавад. Дигар хел ғуем, ҳар ду фотон ҳам ба як хел басомад, самти ҳаракат, фаза ва самти кутбнок соҳиб мешавад. Физики рус В. Фабрикант усули бо ёрии афканиши маҷбурӣ пурзӯр кардани рӯшноиро таклиф намуд. Барои дарки моҳияти ин усул мисоли зеринро дида мебароем. Дар атоми баъзе моддаҳо ҳамин гуна ҳолатҳои ангехта мавҷуданд, ки атомҳо дар ин ҳолат вақти тӯлонӣ шуданашон мумкин. Ин гуна ҳолатҳо ҳолати метастабил гуфта мешавад. Бо ҳолати метастабил дар мисоли кристалли ёқут муфассал шинос мешавем.

Лазери ёқутӣ. Кристалли ёқут аз оксиди алюминий Al_2O_3 иборат буда, ҷойи баъзе атомҳои Al ро ионҳои севалентии хром Cr^{3+} ишғол мекунад. Дар натиҷаи пурзӯр равшанкунӣ атомҳои хром аз ҳолати асосии 1 ба ҳолати ангехтаи 3 бо равиши маҷбурӣ мегузарад (расми 7.3).

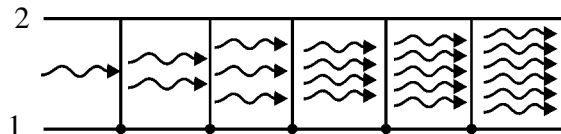
Боиси даври ҳолати ҳаёти ангехтани атоми хром басо хурд будани (10^{-7} с) вай ё бо равиши спонтанӣ (худ аз худ) ба ҳолати асосии 1, ё бе афканиши нур ба ҳолати 2 (ҳолати метастабилӣ) гузаштанаш мумкин (расми 7.3). Дар ин қисми зиёдагии энергия ба панҷараи кристалли ёқут дода мешавад. Мувофиқи қоидаҳои интихобии гузариш аз ҳолати 2 ба ҳолати 1 манъ карда шуданаш ба ғуншавии атомҳои хром дар ҳолати 2 гирифта меорад. Агар ангехтани маҷбурӣ басо калон бошад, консентратсияи атомҳои ҳолати 2 аз ҳолати 1 басо калон шуда, консентратсияи атомҳо дар ҳолати 2 аз ҳолати 1 басо калон шуда, дар ҳолати 2 ҷойгиршавии электронҳо бағоят зич рӯй медиҳад (расми 7.4). Агар ба атоми ёқут ҳолати метастабилити атоми хлор (E_2) ва ҳолати асосӣ (E_1) ягон фотони ба фарқи энергияҳояшон баробар $E_2 - E_1 = h\nu$ афтад, он гоҳ гузариши маҷбурии ионҳо аз ҳолати 2 ба ҳолати 1 рӯй дода, фотонҳои энергияшон ба энергияи фотони ибтидоӣ баробар афканда мешавад.



Расми 7.3.



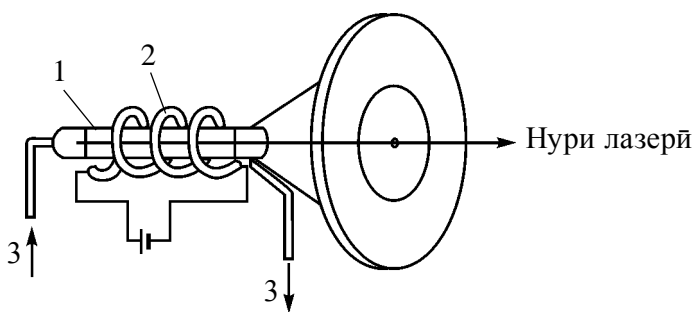
Расми 7.4.



Расми 7.5.

Ин чараён чун тарма ривоч ёфта, адади фотонҳо якбора афзуда меравад (расми 7.5). На фақат басомади ин фотонҳо, балки фазаи онҳо, самти гузариши онҳо ва ҳамвори кутбноки онҳо ҳам як хел мешавад. Дар натиҷа аз ёқут дастаи рӯшноии когерентии пурқувват, яъне нури лазерӣ афканиш меёбад.

Дар расми 7.6 схемаи ҳосилкунии лазерӣ ёқутӣ нишон дода шудааст. Милаи ёқутии 1 бо лампаи газии 2, ки гузаштани атомҳои хлор ба ҳолати метастабилро таъмин мекунад, печонида шудааст. Бо мақсади таъминкунии ниғадорӣ дар кимати зарурии ҳарорати ёқут системаи хунуккунӣ 3 васл шудааст.



Расми 7.6.

Механизми ҳосилшавии лазерҳои дигар ҳам ба ҳамин монанд аст.

Намудҳои лазерҳо. Генераторҳои квантӣ дар асоси қонунҳои механикаи квантӣ энергияи дилҳохро (электр, гармӣ, рӯшноӣ кимёвӣ ва ҳоказо) ба энергияи нури рӯшноии когерентӣ табдил медиҳад.

Боиси дорои хосияти аҷоиб будан аз нурҳои лазерӣ басо васеъ истифода мешавад.

Лазерҳо ба намудҳои моддаҳои ғаболқунанда, яъне чӣ гуна энергияро ба энергияи нури рӯшноии когерентӣ мубаддал карданаш назар карда, ба якчанд намудҳо тақсим мешаванд. Инҳо: лазерҳои сахт, лазерҳои нимноқилӣ, лазерҳои газӣ, лазерҳои кимёвӣ, лазерҳои наҳӣ, лазерҳои рентгенӣ ва ҳоказоҳо. Онҳо дар режимҳои импулсӣ, бифосила ва квазибифосила кор карданашон мумкин.

Бо хосиятҳои лазерҳо шинос мешавем.

Дар дараҷаи баланд когерент, яъне фазаи фотонҳо як хел.

Монохроматии қатъӣ. Фарқи дарозииҳои мавҷи дастаи дохили рӯшноӣ аз 10^{-11} м зиёд нест, яъне $\Delta\lambda < 10^{-11}$ м.

Иқтидори нурафканӣ басо калон. Дар нури лазер иқтидори афканиш то 10^{16} – 10^{20} Вт/м² шуданаш мумкин. Ин қимати басо калон ба ҳисоб меравад. Ҳол он, ки иқтидори (тавоноии) афканишоти Офтоб бо тамоми спектрҳои пурраи нурафканӣ $7 \cdot 10^7$ Вт/м² ро ташкил медиҳад.

Кунҷи равшанкунии нур басо хурд. Масалан, нури лазер аз Замин ба Моҳ афканда дар сатҳи Моҳ ҷои диаметраш 3 км.-ро равшан мекунад. Нури прожектори одатӣ бошад, майдони диаметраш 40000 км.-ро равшан мекард.

Истифодаи лазерҳо. Камхарҷии энергия ва осонии истифодабарӣ имкони татбиқи лазерҳоро оиди аз нав коркарди масолеҳҳои сахт ва пайвандкунии онҳоро дод. Масалан, пештар барои дар алмос кушодани сӯроҳии хурд 24 соат вақт сарф шуда бошад, ҳозир ин кор бо ёрии лазер дар 6–8 дақиқа ба амал бароварда мешавад.

Дар саноати соатсозӣ бо ёрии лазер дар сангҳои зарурии ёкут ва алмос сӯроҳҳои нозуки диаметраш 1–10 мм, чуқуриаш 10–100 мкм ҳосил карда мешавад.

Яке аз соҳаҳои истифодаи бештарини лазерҳо ин буридани материалҳо ва пайвандкунии онҳо аст. Ин корҳо на фақат дар соҳаҳои нозуки микроэлектроника, полиграфия, балки дар машинасозӣ, автомобилсозӣ, дар истеҳсоли материалҳои сохтмонӣ иҷро мешаванд.

Нурҳои лазерӣ дар муайян кардани нуқсонҳои ашёҳо, омӯзиши механизми реаксияҳои кимёвӣ ва тезонидани онҳо, дар ҳосилкунии материалҳои аз ҳад зиёд тоза ҳам ёрирасони бештарин меҳисобанд. Бо ёрии нурҳои лазерӣ изотопҳо, аз он ҷумла, изотопҳои уранро ҷудо намуда гирифта истодаанд.

Лазер дар корҳои ҷенкунӣ ҳам басо васеъ ба истифода меравад. Бо ёрии онҳо дар масофаҳои дур истода, кӯчишҳо, қобилияти шуоъшикании муҳит, фишор, ҳароратро ҷен кардан мумкин аст. Нури

лазер дар муайян кардани масофаи байни Замин ва Моҳ, дохил кардани муайяниҳо ба харитаи Моҳ ёрӣ расонид.

Лазер дар тиббиёт ҳам васеъ истифода шуда истодааст. Вай вазифаи корди бехунро иҷро намуда, ба зиёд кардани умри инсонҳо, ба ҷояш овардани қобилияти биниш хизмат карда истодааст.

Яке аз соҳаҳои истиқболии татбиқи лазер ҳосилкунии плазмаи баландҳарорат аст. Ин соҳа дар роҳи идоракунии синтези термойдрой бо лазерҳо имкониятҳои хуб доданаҳ дар маркази диққати олимони истодааст.

Мафҳуми диски лазерӣ ба қисми ҷудонашавандаи ҳаёти ҳаррӯзаи коркунони компютерӣ ва дӯстдорони мусиқа табдил ёфтааст.

Ҳоло истифодаи соҳаи лазерӣ хеле бисёр аст, ки имкони ба ҳар яки он шарҳ додан нест. Дар умеди онем, ки хонандагон – тадқиқотчиёни мо инро ба амал меоранд.



1. Лазер чист?
2. Чӣ гуна афканишот нурафканиш спонтанӣ номида мешавад?
3. Гузашти маҷбурӣ чӣ тавр ҳосил карда мешавад?
4. Чӣ гуна ҳолат ҳолати метастабилӣ ном дорад?
5. Оиди истифодаи лазер дар корҳои ҷенкунӣ, фан, тиббиёт мисолҳо оваред.

Мавзӯи 39. ТАРКИБИ ЯДРОИ АТОМ.

ЭНЕРГИЯИ БАНДИШ. ДЕФЕКТИ МАССА

Ядрои атом. Резерфорд дар асоси таҷрибаҳои худ ба ҳулосаи атом ядроии зарядноки зарядаш мусбат дорад омад. Андозаи атом 10^{-10} м буда, бузургии ядроии он 10^{-14} – 10^{-15} м ро ташкил медиҳад. Дигар ҳел бигӯем, ядро аз атом 10 000–100 000 маротиба хурд аст.

Якҷоя бо ин тахминан 95 Ҷоизи массаи атом дар ядро ҷойгир шудааст. Агар 95 Ҷоизи массаи ягон ҷисм аз ҳаҷми худ ишғол карда истода дар ҳаҷми 100 000 маротиба хурд мучассам буданаширо ба эътибор гирем, ба ҳайрат меоем, ки тамоми моддаҳо асосан аз холигиҳо иборат буданд. Акнун масъалаи ҳуди ядро дорои чӣ гуна сохт буданаширо дида мебароем.

Физиқи рус Д. И. Иваненко ва физиқи олмон В. Гейзенберг *гояи ядроии атом аз протон ва нейтронҳо ташкил буданаширо* пешниҳод намуданд.

Протон (p) – ядро атома водорода, дар соли 1919 аз тарафи Резерфорд ва ходимони он кашф шудааст. Даро заряди мусбати баробари заряди электрон аст. Массай оромиши он $m_p = 1,6726 \cdot 10^{-27}$ кг $\approx 1836 m_e$, дар ин ҷо: m_e – массай электрон. (Протон–юнонӣ–“якўмин”).

Нейтрон (n) – соли 1932 аз тарафи физики англис Ч. Чедвик кашф карда шудааст. Аз ҷиҳати электрикӣ зарраи нейтрал. Массай оромиши он $m_n = 1,6749 \cdot 10^{-27}$ кг $\approx 1839 m_e$ (*Нейтрон – лотинӣ, ин ҳам нест, вай ҳам нест*).

Протонҳо ва нейтронҳо якҷоя нуклонҳо номида мешавад (лотинӣ *nucleus* – аз калимаи “ядро” гирифта шудааст). Адади умумии нуклонҳои ядро атом адади *масса (A)* номида мешавад.

Ядро атом бо микдори заряди Ze характеронида мешавад. Дар ин ҷо: $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл буда, заряди протонро характернок аст. Z – адади заряди ядро номида шуда, вай ба адади протонҳои ядро баробар аст ва дар системаи даврии унсурҳои кимёвии Менделеев бо рақами тартибӣ мувофиқ меояд. Ядро атоми нейтрал ҷӣ гуна ишора карда шавад, ҳамон хел ишора мекунад: A_ZX , дар ин ҷо: X – ишораи унсури кимёвӣ, Z – рақами тартибии атом (адади протони ядро); A – адади масса (адади нуклонҳои ядро). Аз боиси неутрالي атом адади протонҳои ядро ба адади электронҳо баробар аст.

Изотопҳо. (*Izotop* – юнонӣ *izos* – баробар, як хел; *topos* – ҷой). Унсурҳои рақами тартибиаш (Z) як хел, лекин адади массааш (A) гуногун буда изотопҳо гуфта мешавад. Изотопҳо бо адади нейтронҳои ядро ($N = A - Z$) фарқ мекунад.

Изобарҳо. Унсурҳои адади массашон (A) як хел, лекин рақами тартибиашон (Z) ҳар хел буда изобарҳо номида мешавад. Изобарҳо бо адади протони ядроаш ($Z = A - N$) фарқ мекунад.

Андозаи ядро. Радиуси ядро бо формулаи дар асоси натиҷаи таҷриба навишташуда

$$R = R_0 A^{\frac{1}{3}} \quad (7-9)$$

аниқ карда мешавад. Дар ин ҷо: $R_0 = (1,2-1,7) \cdot 10^{-15}$ м. Ҳаминро бояд таъкид намуд, ки дар мавриди радиуси ядро атом гуфтан, андозаи хатии соҳаи зоҳиршавии таъсири қувваҳои ядрогӣ фаҳмида мешавад. Ҳаҷми ядро ба адади нуклонҳои дохили он A вобаста бошад ҳам, зичии нуклонҳо дар ҳамаи ядроҳо як хел аст. Зичии нуклонҳо бағоят калон

буда, дар атрофи $\rho = 2 \cdot 10^{11}$ кг/м³. Дигар хел бигӯем, массаи материали 1 м³ ядро 200 миллион тонна мешавад. Ин қадар массаи калонро чӣ гуна восила дошта меистад?

Қувваҳои ҷозибое, ки таҳти таъсири қувваҳои кулонӣ пора шуда рафтани ядроро нигоҳ медоранд қувваҳои ядрой номида мешаванд.

Энергияи ҳосилавии ядро. Санчишҳо ҳаминро нишон медиҳанд, ки ядрои атом ба сохти хеле пойдор дорост. Бинобар ин, байни нуклонҳои ядро восилагии маълум мавҷуд. *Энергияе, ки барои ба нуклонҳои алоҳида таҷзия кардани ядро зарур аст энергияи ҳосилавии ядро меноманд.*

Энергияи ҳосилавии ядро ченаки пойдории он аст. Дар асоси қонуни бақои энергия, барои поракунии ядро чӣ қадар энергия сарф шавад, дар тавлиди ядро ҳам ҳамин қадар энергия хориҷ мешавад.

Хӯш, ин энергия баробари чист ва он чӣ гуна пайдо мешавад?

Дефекти (каммади) масса. Массаи ядроро бо асбоби *масс – спектрометр* номидашаванда бо саҳеҳии калон чен кардан мумкин. Тибқи нишондоди ин гуна ченкуниҳо, массаи ядро аз ҷамъи массаи нуклонҳои ба таркиби он дохилбуда хурд будааст. Дигар хел бигӯем, ҳангоми аз нуклонҳо ҳосил шудани ядро каммади масса

$$\Delta m = [Z \cdot m_p + (A - Z)m_n] - m_y \quad (7-10)$$

ба вуҷуд меояд. Дар ин ҷо: m_p , m_n , m_y – бо равиши мувофиқ массаҳои протон, нейтрон ва ядро аст. Норасоии ин қисми масса дефекти масса номида мешавад. Ба мо маълум аст, ки ба ҳар тағйироти масса Δm тағйироти энергия Δmc^2 мувофиқ меояд. Айнан ин энергия ядроро яклухт дошта меистад ва ба энергияи ҳосилавӣ баробар аст:

$$E_0 = \Delta mc^2 = [Z \cdot m_p + (A - Z)m_n - m_y]c^2. \quad (7-11)$$

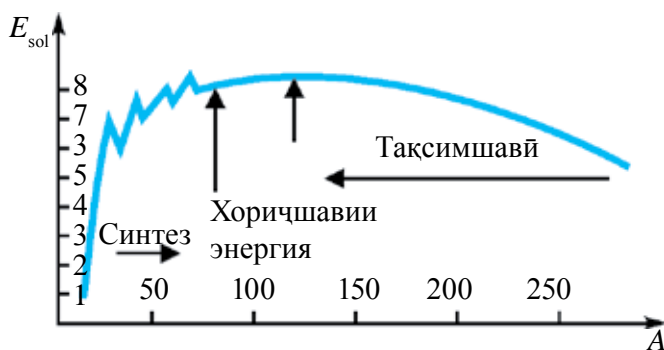
Табий аст, ки барои ядроҳои гуногун энергияи ҳосилавии ҳам гуногун аст. Онҳоро муқоиса намуда чӣ гуна кадоме пойдор кадоме нопадид будани онҳоро доништан мумкин? Роҳи ягонаи аниққунӣ муқоисаи энергияи восилагии ба ҳар як нуклон рост оянда аст.

Энергияи ҳосилавии ба ҳар як нуклон рост оянда энергияи ҳосилавии хос E_x номида мешавад:

$$E_x = \frac{E_0}{A}, \quad (7-12)$$

дар ин ҷо: A – адади нуклонҳои ядро.

Дар расми 7.7 графикаи вобастагии энергияи ҳосилавии хос ба адади масса A оварда шудааст. Аён аст, ки қиматҳои E_x ба ядроҳои гуногун ҳар хел аст. Ядроҳои унсурҳои дар мобайни системаи даврии Менделеев ҷойгирифта хеле пойдор аст. Энергияи ҳосилавии ин гуна ядроҳо 8,7 ба МэВ наздик аст. Бо афзудани адади нуклонҳои ядро энергияи ҳосила кам шуда меравад. Моддаҳои охирини системаи даврий (масалан, уран) дар атрофи 7,6 МэВ мешавад. Ба ин бо зиёдшавии адади протонҳои ядро афзудани қувваҳои таладиҳии байни онҳо сабабгор аст.



Расми 7.7.

Энергияи ҳосилавии электрон ба атом дар атрофи 10 эВ мешавад. Бинобар ин энергияи ҳосилавии нуклон ба ядро аз энергияи ҳосилавии электрон ба атом миллион маротиба калон будааст.

Ҳамин тавр барои ядроҳои сабук ҳам энергияи ҳосилавии хос хеле хурд аст. Барои дейтерий ин буду шудаш 1,1 МэВ-ро ташкил медиҳад.

Бинобар ин ду усули ҷудо карда гирифтани энергияи ядро мавҷуд аст. Яке аз инҳо синтези ядроҳои сабук бошад, дигаре порашавии ядроҳои вазнин аст.



1. Адади массаи ядрои атом чиро нишон медиҳад?
2. Чӣ гуна энергия, энергияи ҳосилавии атомӣ номида мешавад?
3. Дефекти масса чист?
4. Чӣ қадар қисми массаи атом дар ядро муҷассам?
5. Адади заряди ядро гуфта чиро мефаҳмем?

Намунаи ҳалли масъала:

Таркиби ядроҳои натрий $^{23}_{11}\text{Na}$ ва фтор $^{19}_9\text{F}$, чӣ гуна аст?

$$\text{Ҷавобаш: } ^{23}_{11}\text{Na} \rightarrow Z = 11; N = A - Z = 23 - 11 = 12;$$

$$^{19}_9\text{F} \rightarrow Z = 9; N = A - Z = 19 - 9 = 10;$$

Мавзӯи 40. НУРАФКАНИИ РАДИОАКТИВӢ ВА УСУЛҲОИ ҚАЙДИ ЗАРРАҲО

Намудҳои асбобҳои қайдкунандаи зарраҳо. Мақсади асосии омӯзиши нурафкании моддаҳои радиоактивӣ – аз аниққунии табиати зарраҳои дар хоҳиши радиоактивӣ хоричшаванда, энергияш ва интенсивияти нурафканӣ (адади зарраҳои дар як сония аз моддаи радиоактивӣ бароянда) иборат аст. Усулҳои васеъ паҳшудаи қайди онҳо ба ионизатсияи зарраҳо ва таъсирҳои фотохимёвӣ асос карда шудаанд. Асбобҳои иҷрокунандаи ин вазифа ҳам ба ду намуд чудо мешаванд:

1. Асбобҳои имкондиҳандаи қайди зарраҳои аз ягон қисми фазо гузаранда ва дар ягон ҳолатҳо баъзе характеристикаи онҳо, масалан энергияи онҳоро аниққунанда. Ба ин гуна асбобҳо ҳисобгираки синтилационӣ (шарорагӣ), ҳисобгираки Черенков, ҳисобгираки газии разрядӣ, ҳисобгираки нимноқилӣ ва камераи ионизатсиякунӣ мисол шуда метавонад.

2. Асбобҳои имкондиҳандаи мушоҳидаи изи зарра дар модда, масалан ба суратгирӣ. Ба ин гуна асбобҳо камераи Вилсон, камераи диффузиалӣ, ҳубобкамера, усули фотоэмулсия мисол шуда метавонанд. Мо дар поён бо баъзе аз онҳо шинос мешавем.

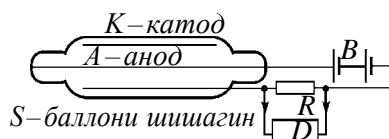
Умуман бигирем, ду намуди ҳисобгираки газоразрядӣ мавҷуд аст. Якумаш, ҳисобгираки мутаносибӣ гуфта шуда, дар он разряди газӣ номустақил мешавад. Дар ҳисобгираки дуюм ки ҳисобгираки Гейгер – Мюллер гуфта мешавад, разряди газӣ мустақил мешавад. Вақти чудо карда тавонишани он 10^{-3} – 10^{-7} с ро ташкил медиҳад, яъне дар фосилаи ҳамин вақт зарраи афтидаро ба қайд мегирад.

Ҳисобгираки Гейгер ба ионизатсияи газ асос карда шудааст. Вай фақат зарраҳои гузарандаро ба қайд мегирад.

Тарафи дохилии ҳисобгираки Гейгер аз баллони шишагии бо қабати металлӣ (катод) рӯкашшуда ва нахи металлии борики бо рафти тири баллон гузаронида (анод) иборат аст. Баллони шишагин S дар шароити фишори хурд бо газ пур карда шудааст. Ба ин чун конденсатори цилиндрӣ назар кардан мумкин. Ба конденсатор аз батареяи B ба воситаи муқовимати R шиддат дода мешавад.

Агар ба конденсатор зарраи заряднок парида дарояд, молекулаҳои газро ионизатсия карда разряди газӣ ба вучуд меорад.

Дар натиҷа ба воситаи ҳисобгирак ҷараён ҷорӣ мешавад ва дар муқовимати R потенциал кам мешавад. Ин гуна лаппиши шиддат ба асбоби қайдкунандаи аз пурзӯр-кунанда D ва ҳисобгирани механикӣ иборат дода мешавад.



Расми 7.8.

Ҳамин тавр, ҳисобгирани Гейгер ҳар як зарраи ионизатсиякунандаро қайд мекунад. Ҳассосияти он калон буда, дар як сония 10000 зарраро ба қайд гирифта метавонад.

Ҳубобкамера. Асбоби ба ҷӯшиши моеъи тафсонидашуда дар рафти траекторияи зарра асос кардашуда ва қайдкунандаи траектория аст. Вай аз камераи ҳидрогени моеъдор, камераи шишагини равшанкунӣ ва ба расмгирӣ мумкинбуда иборат аст. Ҳаҷми он аз 3 см^3 то якчанд метри квадратӣ расиданаш мумкин. Барои офаридани ҳубобкамера соли 1960 ба Глейзер мукофоти Нобелӣ дода шуд.

Дар ҳолати аслаш моеъи камера таҳти фишори калон мешавад, аз ин рӯ ҳарорати моеъ аз ҳарорати ҷӯшишаш дар фишори атмосферӣ баланд бошад ҳам, ҷӯшида намеравад. Зарраи санчидашаванда мавриди аз камера парада гузаштан молекулаҳои моеъ ионизатсия мешавад. Дар ҳуди ҳамин вақт фишори моеъро бо ёрии таҷҳизоти васеъкунӣ якбора паст мекунад. Моеъ ба ҳолати фавқулғармӣ мегузарад ва мечӯшад. Дар ин вақт дар ионҳо ҳубобчаҳои бағоят хурди буғ пайдо мешавад. Камераро равшан намуда изҳоро мушоҳида ё ба расм гирифтани мумкин.

Афзалияти ҳубобкамера аз камераи Вилсон дар он, ки моддаи корӣ зичии калон дорад. Дар натиҷаи ин зарраҳо пурзӯр тормоз меҳӯранд ва нисбатан роҳи кӯтохро тай намуда меистанд. Аз ин боис бо ёрии ҳубобкамера зарраҳои энергияшон басо калонро ҳам санчидан мумкин.

Ҳисобгирани синтиллатсионӣ. Принципи кори он мавриди афтидани зарраҳои тез ба экрани флюоренсиякунанда рӯйдихии шарора – мушоҳидаи синтиллатсия асос карда шудааст. Рӯшноии сусти ҳосилшуда ба импульсҳои электрикӣ табдил дода шуда ва пурзӯр намуда бо ёрии аппарати махсус қайд мекунад. Бори нахуст α -зарра айнан бо ёрии ҳамин гуна ҳисобгирак (соли 1903) қайд шуда буд.

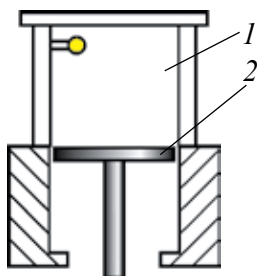
Камераи Вилсон ба изҳои зарра нигоҳ карда (*трек*–англисӣ–уз) қайд мекунад.

Камера соли 1911 аз тарафи физики англис Ч. Вилсон офарида шудааст. Вай ба зарраи баландсуръати парада омадаистода мавриди аз

моддаи дар ҳолати буғӣ буда гузаштан, молекулаҳои ҳамин моддаро ионизатсиякунӣ асос карда шудааст.

Схемаи камераи Вилсон дар расми 7.9 тасвир ёфтааст. Ҳаҷми кори камера (1) ҳаво ё гази буғӣ сери об ё спирт дошта пур карда шудааст. Поршени (2) ҳангоми ба паст тез ҳаракат карданаш гази ҳаҷмаш V бо равиши адиабатӣ васеъ ва сард мешавад. Дар натиҷа газ ба ҳолати фавқулсер мегузарад. Зарраи аз камера парида гузашта дар роҳи худ ионҳоро ба вучуд меорад ва мавриди васеъшавии ҳаҷм қатраҳои буғӣ конденсатсияшуда пайдо мешавад. Ҳамин тавр, дар паси зарра изи намуди роҳи тумани борик менамояд. Ин изро мушоҳида кардан ё ба расм гирифтани мумкин аст.

Алфа-зарра газро пурзӯр ионизатсия мекунад ва бинобар ин дар камераи Вилсон изи ғафсе мегузарад (расми 7.10). Бета – зарра изи босо борик мегузарад. Гамма-нурҳо бошанд, бо ёрии фотоэлектронҳои аз молекулаҳои гази камераи Вилсон зада бароварда қайд шуданашон мумкин.



Расми 7.9.



Расми 7.10.

Усули фотоэмулсия. Физики рус Л. Мисовский соли 1927 усули оддии қайди изи зарраҳои заряднокро таклиф намуд. Зарраҳои заряднок ба воситаи фотоэмулсия гузарад, дар он ионизатсияи тасвир ҳосилкунанда ба вучуд меорад. Пас аз кушодани суръат изҳои зарраҳои заряднок намудор мегардад. Боиси босо ғафс будани эмулсия изи дар он гузоштаи зарра бағоят кӯтоҳ мешавад. Аз ин рӯ, усули фотоэмулсия бо мақсади омӯзиши зарраҳои аз суръатфизо баромадаи энергияшон босо баланд ва реаксияҳои нурҳои космикӣ ба вучудоранда истифода менамояд.



1. Усулҳои асосии қайди зарраҳо ба кадом таъсири онҳо асос карда шудааст?
2. Ҳисобгираки газоразрядӣ бо кадом принцип кор мекунад?
3. Принципи кори ҳисобгираки Гейгер – Мюллер ва самаранокии он чӣ гуна аст?
4. Усули фотоэмулсия аз чӣ иборат аст?

Намунаи ҳалли масъала:

1. Агар электрони ба камераи Вилсон парида даромада (ба расми 7.9 нигаред) треки (изи) радиусаш 4 см, дар майдони магнитии индукцияш 8,5 мТл гузошта бошад, суръати электрон ба чӣ баробар аст?

Дода шуда аст:

$$R = 4 \text{ см} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$B = 8,5 \text{ мТл} = 8,5 \cdot 10^{-3} \text{ Тл}$$

Ёфтани лозим:

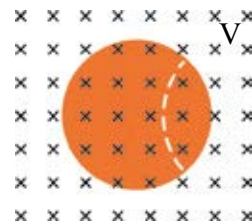
$$v = ?$$

Ҳалли он:

$$F_{\lambda} = F_{mi} \tag{1}$$

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

$$v = \frac{ReB}{m} \tag{2}$$



Қиматҳои додашударо мегузорем:
$$v = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 8,5 \cdot 10^{-3} \text{ Тл} \cdot 4 \cdot 10^{-2} \text{ м}}{9,1 \cdot 10^{-31}} = 6 \cdot 10^7 \text{ м/с.}$$

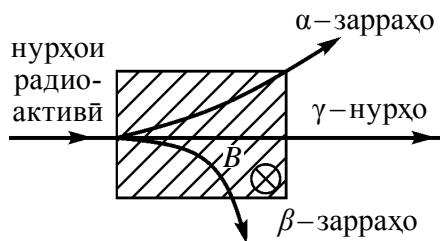
Ҷавобаш: $6 \cdot 10^7 \text{ м/с.}$

Мавзӯи 41. ҚОНУНИ ҚОҲИШИ РАДИОАКТИВӢ

Физиқи фаронсаӣ А. Беккерел соли 1896 бо намакҳои уран ҳодисаи люминесценсияро омӯхта истода, дучори ҳодисаи ғароиб гашт. Намакҳои уран, ки Беккерел ба болои фотолавҳа гузошта буд, ҳангоми кушода дидани фотолавҳа ба он сурати намаки уран гузашта буд. Беккерел, ки таҷрибаро борҳо такрор намуд, ин гуна намакҳо аз қоғаз, аз металли тунук осон гузаштанаш, ҳаворо ионизатсия карданаш, ҳодисаи люминесценсия-ро ба вучуд оварданаш ба хулосаи нури номаълум баровардани онҳо омад.

Ин нурҳо нурҳои радиоактивӣ (аз лотинии *radius* – нур гирифта шудааст), баровардани нурҳои радиоактивӣ бошад *радиоактивият* номида шуд.

Резерфорд бо ёрии таҷрибаҳо якҷинса набудани нурҳои радиоактивӣ ва аз якҷанд нур иборат будани онро аниқ намуд. Нури аз майдони магнитии ба ҳамвории расм амудӣ самтдошта гузашта (расми 7.11) ба се: α , β , γ – нурҳо ҷудо шуда меравад. Аз инҳо якумаш – сели ядроии гелий, дуюмаш – сели электронҳо, сеюмаш γ – сели квантҳо (фотонҳо).



Расми 7.11.

Радиоактивияти табиӣ. Уран моддаи ягона нест, ки аз худ нурҳои радиоактивӣ барорад. Радиоактивият, ки аз тарафи зану шавҳар Мария ва Пер Кюриҳо аз ҳар тараф пурра омӯхта шудааст ва онҳо аз таркиби рудаи уран ду унсури радиоактивӣ – полоний (Po) ва радий (Ra)-хоро ба шарафи чудо карда гирифтаан муяссар шуданд. Унсурҳои радиоактивияти табиӣ дар ҷойи дилхоҳи замин мавҷуданд. Вай дар ҳаво, об, хок, дар ҳучайраҳои организми зинда, ҳӯроквориҳо ба қадри дилхоҳ ёфт мешавад. Изотопҳои радиоактивии дар табиат аз ҳама бештар паҳншуда ^{40}K , ^{14}C , аз оилаи изотопҳои уран ва торий аст.

Ҳаминро алоҳида таъкид намудан ҷоиш, ки радиоактивият ба дар ҳолати соф ё таркиби ягон пайваста будани изотоп, ба дар кадом ҳолати агрегатӣ будан мутлақо новобаста аст. Яққоя бо ин на фишор, на ҳарорат, на майдони электрикӣ ва майдони магнитӣ ба радиоактивияти табиӣ таъсир расонида наметавонад. Бинобар ин, ғайр аз радиоактивият ба ҷараёнҳои даруни ядро вобаста аст, гуфта ба хулоса омадан дигар илоче надорем.

Ядроҳои атоми изотопҳои ностабил зарраҳои гуногун бароварда ва бо энергия хориҷкунӣ ба изотопҳои стабил табдил ёфтанишон радиоактивияти табиӣ гуфта мешавад.

Ҳамин тавр, радиоактивият яке аз манбаъҳои маълумотдиҳанда оиди ядроӣ атом ва ҷараёнҳои дар он гузаранда аст.

Қонуни қоҳиши радиоактивӣ. Бо роҳи баровардани нурҳои радиоактивӣ табдилёбии як ядро ба ядроӣ дигар *қоҳиши радиоактивӣ* ё соддатар *қоҳиш* номида мешавад. Ядроӣ радиоактив қоҳишёфта модар ядро, ядроӣ ҳосилшуда бошад, бачаядро гуфта мешавад. Хӯш, ин қоҳиш оё ба ягон қонун итоат мекунад? Бо нишондоди таҷрибаҳои бисёр, бо мурури вақт адади атомҳои радиоактивии ҳаҷми муоина шудаистистода кам шуда мерафтаанд. Дар баъзе унсурҳо ин камшавӣ дақиқаҳо, ҳатто дар давоми сонияҳо рӯй диҳанд, дар баъзе аз онҳо миллиардҳо сол давом меёбанд. Умуман гирем, қоҳиши ядро ҳодисаи тасодуфӣ аст. Бинобар ин, қоҳиши ин ё он ядро дар вақти додашуда ба қонунҳои статистикӣ риоя мекунад. Яке аз характеристикаҳои асосии унсури радиоактивӣ бо бузургии эҳтимолияти қоҳиши ҳар як ядро дар давоми як сония аниққунанда аст. Вай бо ҳарфи λ ишора карда мешавад ва доимии қоҳиши радиоактивӣ номида шудааст.

Агар дар лаҳзаи вақти ибтидоӣ $t=0$ N_0 то атоми радиоактивӣ мавҷуд бошад, дар моменти вақти t адади атомҳои боқимонда мувофиқи қонуни

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

аниқ карда мешавад. Дар ин чо: $e \approx 2,72$ -асоси логарифми натуралӣ. Ифодаи (7-12) қонуни қоҳиши радиоактивӣ номида мешавад.

Даври нимқоҳиш. Яке аз бузургиҳои характерии интенсивияти қоҳиши радиоактивӣ даври он аст. Даври нимқоҳиши T фосилаи вақтест, ки дар тӯли он нисфи адади мавҷудаи атомҳои радиоактив меқоҳад.

Агар $t = T$ бошад, он гоҳ $N = \frac{N_0}{2}$ ва мувофиқи қонуни қоҳиши радиоактивӣ:

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

Ин формуларо потенсиронида ифодаи зеринро мегирием:

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

ро ҳосил мекунем.

Барои изотопҳои гуногун даври нимқоҳиш дар интервали бағоят калон тағйир меёбад. Ин барои уран 4,56 млрд. сол бошад, барои изотопи полоний биду шудаш $1,5 \cdot 10^{-4}$ с ро ташкил медиҳад.

Қонуни қоҳиши радиоактивӣ чунин ҳам ифода шуданаш мумкин:

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

дар ин чо: T – даври нимқоҳиш.

Ҷаъолият. Адади порашавӣ дар 1 сония ҷаъолияти (А) манбаъҳои радиоактив номида мешавад:

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

Воҳиди ҷаъолият дар СБ – Беккерел (Бк). Беккерел ҷаъолиятест, ки дар 1 с 1 то порашавӣ рӯй медиҳад. $1 \text{ Бк} = 1 \text{ пор}/1 \text{ с} = 1 \text{ с}^{-1}$. То ҳоло дар физикаи ядрой воҳиди ғайрисистемагӣ воҳиди активияти нуклид – Кюри (Кр) истифода мешавад: $1 \text{ Кр} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$.

Оилаи унсурҳои радиоактивӣ. Ҳамаи изотопҳои унсурҳо, ки рақами тартибиашон аз 83 калон аст, радиоактиванд. Унсурҳои табиӣ, радиоактивро одатан дар 4 қатор ҷойгир мекунанд. Бидуни унсурҳои ибтидоӣ ҳамаи унсурҳои дигар дар натиҷаи қоҳиши радиоактивии пешина ҳосил мешаванд.

Оилаи уран ${}_{92}^{238}\text{U}$ бо изотопи стабил сурб ${}_{82}^{206}\text{Pb}$ хотима меёбад. Оилаи торий ${}_{90}^{232}\text{Th}$ бошад, бо изотопи стабил дигари сурб ${}_{82}^{208}\text{Pb}$, Оилаи ${}_{89}^{235}\text{Ac}$ бо изотопи стабил сурб ${}_{82}^{207}\text{Pb}$, оилаи нептуний бошад бо ${}_{93}^{237}\text{Np}$ изотопи стабил ${}_{83}^{209}\text{Bi}$ хотима меёбад.

Намунаи ҳалли масъала:

1. Уран ${}_{92}^{233}\text{U}$ пас аз чанд α – зарра хориҷ кардан ба ${}_{80}^{209}\text{Hg}$ табдил меёбад?

Ҷавобаш: ${}_{92}^{233}\text{U} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_{90}^{229}\text{Th}$. ${}_{90}^{229}\text{Th} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_{88}^{225}\text{Ra}$. ${}_{88}^{225}\text{Ra} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_{86}^{221}\text{Rn}$.

${}_{86}^{221}\text{Rn} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_{84}^{217}\text{Po}$ ${}_{84}^{217}\text{Po} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_{82}^{213}\text{Pb}$. ${}_{82}^{213}\text{Pb} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_{80}^{209}\text{Hg}$.

Ҷавобаш: 6 то.

Мавзӯи 42. РЕАКСИЯҲОИ ЯДРОӢ. ҚОНУНИ КӢЧИШ

Рексияҳои ядрой. Реаксияҳои ядрой ин дар натиҷаи таъсири байниҳамдигарии ядроҳои атом ё бо таъсири зарраҳои ядро ба ядроҳои дигар табдилёбӣ аст.

Дар реаксияҳои ядрой: қонунҳои бақои заряди электрикӣ, адади нуклонҳо, энергия, импульс, моменти импульс иҷро мешавад. Ҳамаи реаксияҳо дар ҷараёни реаксия бо энергияи хориҷшаванда ё фурубаранда характеронида мешаванд. Реаксияҳое, ки бо хориҷшавии энергия рӯй медиҳанд, реаксияҳои *экзотермикӣ*, реаксияҳое, ки бо фурубарии энергия рӯй медиҳанд, *эндотермикӣ* номида мешаванд.

Намудҳои реаксияҳои ядрой. Реаксияҳои ядрой аз рӯи аломатҳои зерин ба намудҳо ҷудо мешаванд:

Ба намудҳои зарраҳои дар он иштирок намуда назар карда, нейтронҳо, γ -квантҳо, зарраҳои заряднок (протон, дейтрон, α -зарра ва ғайраҳо) реаксияҳои бо таъсири онҳо рӯйдиханда.

Ба энергияи зарраҳои дар реаксия иштирок намуда назар карда, реаксияҳои энергияшон хурд (≈ 100 эВ); энергияшон миёна (≈ 1 МэВ) ва энергияшон баланд (≈ 50 МэВ).

Ба намуди ядроҳои иштироккунанда назар карда ба реаксияҳои дар ядроҳои сабук ($A < 50$); ядроҳои миёна ($50 < A < 100$); ядроҳои вазнин гузаранда ($A > 100$).

Ба характери ядроҳои табдилёбанда назар карда, реаксияҳои нейтрон хориҷкунанда; зарраҳои заряднок бароранда, зарра фурубаранда мешаванд.

Хоричшавии энергия дар реаксияҳо. Хоричшавии энергия дар реаксия гуфта фарқи энергияҳои то реаксия ва пас аз он будаи ядроҳо ва инчунин фарқи энергияҳои оромиши зарраҳо меноманд. Ғайр аз ин хоричшавии энергия дар реаксияҳои ядрои ба фарқи энергияҳои кинетикии дар реаксия иштирок намуда то реаксия ва пас аз реаксия баробар аст. Агар пас аз реаксия энергияҳои кинетикии ядро ва зарраҳо аз энергияи то реаксия будаи онҳо калон бошад, дар ин ҳол энергия хорич мешавад. Дар акси ҳол энергия фуру бурда мешавад. Масалан,



Энергияҳои кинетикии ядроҳои гелии дар реаксия ҳосилшуда аз энергияи кинетикии протони ба реаксия дохилшуда ба 7,3 МэВ бисёр аст.

Назарияи Бор. Мувофиқи назарияи таклифнамудаи Бор реаксияи ядрои дар ду марҳила рӯй медиҳад. Дар марҳилаи якум нишон ядрои A бо зарраи ба он равонакарда як шуда меравад ва ядрои нави ангехтаи C ҳосил мекунад: $A + a \rightarrow C$. Дар марҳилаи дуюм ядрои ангехта C ба маҳсулотҳои ядро пора шуда меравад: $C \rightarrow b + B$. Ҳамин тавр, реаксияи ядровӣ мувофиқи схемаи зерин рӯй медиҳад:



Нурҳои алфа. Нуклонҳои ядрои атом ҳама вақт дар ҳаракат буда, дар табдилотҳои байнихудӣ мешаванд. Маҳсулоти барқарори дар дохили ядро ҳосилшаванда аз ду протон ва ду нейтрон иборат аст. Дар тақсмоти энергияи дохили ядро айнан ҳамин зарра энергияи асосии ядроро ба худ гирифтаниш ва дар шароитҳои маълум ба сифати α -зарра онро тарк карданиш мумкин.

Табдилёбии ядрои атом пас аз худ баровардани α -зарра ба ядрои дигар **алфа-нурафканӣ** (коҳиш) номида мешавад.

Агар ${}^A_Z\text{X}$ модарядро бошад, дар натиҷаи баровардани α -зарраҳо ин ядро ба ядрои дигар табдил ёфтаниш дар асоси схемаи зерин рӯй медиҳад:



дар ин ҷо: ${}^{A-4}_{Z-2}\text{Y}$ – аломати бачаядро, ${}^4_2\alpha$ (${}^4_2\text{He}$) – ядрои атоми гелий (α -зарра), кванти $h\nu$ – аз ядрои ангехта ${}^{A-4}_{Z-2}\text{Y}$ – бароянда.

Аз (7-18) намоён аст, ки адади массаи ядро дар натиҷаи α -нурафканӣ ба 4, зарядаш бошад ба 2 заряди мусбати элементарӣ кам мешавад. Дигар хел бигӯем, дар натиҷаи α -нурафканӣ ҷойи унсури дар системаи даврии моддаҳои Менделеев ба ду катак, ба тарафи чап мекӯчад. Ин ҳол **қоидаи**

кўчиш гуфта мешавад. Ин натиҷаи қонуни бақои заряди электрикӣ ва адади масса аст.

Нурҳои β . Дар ядро дигаргуниҳои дигари аз ба якдигар табдилёбии нуклонҳо вобастабуда ҳам рӯй медиҳанд. Масалан, ядро сели электронҳоро бароварданаш мумкин. Ин ҳол **β -нурафканӣ** (қоҳиш) ном дорад.

Дар асоси қоидаи кўчиш, дар β -нурафканӣ адади массаи ядро тағйирнопазир аст:



Аз ин ифода намоён аст, ки, дар натиҷаи β -нурафканӣ унсури кимёвӣ дар системаи даврии Менделеев ба як катак ба тарафи рост мекуҷад.

Табдилоти радиоактивӣ. Аз реаксияҳои болоӣ намудор аст, ки бо ёрии онҳо яке аз унсурҳои кимёвиро ба дигараш табдил додан ва бо ҳамин роҳ бо равиши сунъӣ унсурҳои радиоактивиро ҳосил кардан мумкин. Ин гуна реаксияҳо табдилёбиҳои радиоактивӣ номида мешаванд.

Умуман бигирем, байни радиоактивияти сунъӣ ва табиӣ ягон гуна тафовуте нест. Чунки, ҳосиятҳои изотоп мутлақ ба усули ҳосилшавии он вобаста нест ва изотопи сунъӣ аз изотопи табиӣ ҳеч гуна фарқе надорад.

Гамма нурҳо. Физики фаронсавӣ П. Виллар дар соли 1900 ҳангоми сурбро бо α ва β -зарраҳо нурборонкунӣ кадом як нурафкани боқимонда буданашро аниқ намуд. Ин афканишот бо таъсири майдони магнитӣ самти худро дигар накардааст, қобилияти ионизатсиякунӣ басо хурд, қобилияти гузарандагии онҳо бошад, аз нурҳои рентгенӣ ҳам басо пурзӯр будааст: Онро γ -нурҳо номиданд.

γ -нурҳо ҳам чун нурҳои рентгенӣ мавҷҳои электромагнитӣанд. Онҳо фақат бо ҳосилшавӣ ва энергияҳояшон аз якдигар фарқ мекунад. Агар нурҳои рентгенӣ натиҷаи ангехтани электронҳо ва тормозхӯрии электронҳои тез бошад, γ -нурҳо аз ба якдигар табдилёбии ядроҳо ҳосил мешаванд.

Умуман бигирем, ядро дар натиҷаи қоҳиши радиоактивӣ ё бо равиши сунъӣ ба якдигар табдилёбии ядроҳо ба ҳолати ангехта мегузарад. Вай мавриди аз ҳолати ангехта ба ҳолати асосӣ гузаштанаш аз худ γ -нурҳо мебарорад. Вай аз ҳолати ангехта ба ҳолати асосӣ гузоштан γ -нур меафканад. Энергияи он аз якҷанд килоэлектронволт шуданаш мумкин. γ -нур аз модда гузарад, интенсивияти аввалини он басо кам мешавад. Ба ин сабаб – фотоэффект, эффекти комптон ва пайдошавии чуфти электрон – позитрон.



1. Дар реаксияҳои ядрои кадом қонунҳои бақо иҷро мешаванд?
2. α -нурафканӣ гуфта чиро мегӯянд?
3. β -нурафканӣ гуфта чиро мегӯянд?
4. γ -нурҳо чӣ гуна нурҳоанд? Онҳо аз нурҳои рентгенӣ бо чӣ фарқ мекунад?

Намунаи ҳалли масъала:

Дар реаксияи зерин маҳсулоти X номаълумро ёбед.

$${}^{14}_7\text{N} + {}^4_2\text{He} \Rightarrow {}^{17}_8\text{X} + {}^1_1\text{H}$$

Ҷавобаш: ${}^{17}_8\text{O}$.

Мавзӯи 43. ЗАРРАҲОИ ЭЛЕМЕНТАРӢ

Зарраҳои элементарӣ. Маънои луғавии калимаи “элементарӣ” “соддатарин” аст. Зарраҳои то имрӯз маълумро элементарӣ гуфтан на он қадар дуруст набошад ҳам, ин ибораи дар вақтҳои аввал дохил кардашударо то ҳоло истифода мебаранд. Гуфтан лозим, ки дар вақтҳои саршавии кашф зарраҳо ба сифати қисми майдатарини материя қабул шудааст ва аз ин рӯ элементар ҳисобидаанд. Лекин сохти мураккаб доштани баъзе аз онҳо (аз он ҷумла нуклонҳо) баъдҳо маълум гашт. Дар вақти ҳозира аз 300 то зиёд зарраҳои элементарӣ мавҷуд аст. Бисёрии онҳо ностабил буда, бо оҳистагӣ ба зарраҳои сабук табдил меёбанд.

Электрон. Зарраи якумини элементарии кашфшуда электрон ба ҳисоб меравад. Ч. Томсон хосияти нурҳои катодиро омӯхта истода, ин зарраҳои иборат буданаширо аниқ намуд. Ин воқеа соли 1897, 29-апрел рӯй дода буд ва ин сана рӯзи кашфи зарраи элементарии якумин ҳисоб мешавад.

Фотон. Соли 1900 М. Планк рӯшноӣ аз сели зарраҳои фотон номидашаванда иборат буданаширо нишон дод. Фотон заряди электрикӣ надорад, массаи оромиши он баробари сифр аст, яъне фотон фақат ҳангоми ҳаракати бо суръати рӯшноӣ баробар мавҷуд шуданаш мумкин.

Протон. Дар таҷрибаҳои Е. Резерфорд соли 1919 дар натиҷаи бо α -зарраҳо бомбаронкунии нитроген ядрои атоми ҳидроген протон кашф карда шудааст. Вай зарраи зарядаш ба заряди электрон баробари мусбат заряднок аст. Массааш аз массаи электрон 1836 маротиба калон.

К-мезонҳо. Аз соли 1950 сар намуда адади зарраҳои кашфшаванда якбора афзуда рафтанд. Ба қатори инҳо К-мезонҳо ҳам дохиланд. Заряди онҳо мусбат, манфӣ, нол шуданаш мумкин. Массаҳояшон бошад дар атрофи 966–974 m_e аст.

Гиперонҳо Дар вақтҳои охир зарраҳои кашф шуданд, ки резонансҳо номида шуда даври зисташон бағоят хурд аст 2180 m_e dan 3278 m_e .

Резонансҳо. Бевосита қайдкунии онҳо илоҷ надорад, ба вучуд омадани онҳоро ҳангоми порашавии онҳо ба маҳсулоти ҳосилшуда назар андохта аниқ мекунад.

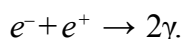
Умуман бигирем, дар аввал буду набудаш якчандто зарраҳои элементарии материя, ки ғиштҳои хурдтарини он ҳисобидаанд мавҷуд буду баъдҳо ҳамин қадар гуногун ва ҳамон қадар мураккаб шуда бароманд.

Антизарраҳо. Пас аз кашфи позитрон – антизарраи (зарраи муқобил) электрон – антизарраи нахустин суоли оё зарраҳои дигар ҳам антизарра надоранд, пайдо шуд. Антипротон соли 1955 ҳангоми нишони мисро бо протонҳо бомбаборонкунӣ ҳосил карда шуд. Соли 1956 антинейтрон кашф шуд. Дар вақти ҳозира антизарраи ҳар як зарра, яъне зарраи спин ва массааш баробар, заррадаш бошад муқобил мавҷуд буданаш аниқ карда шудаанд.

Агар антизарраи протон ва электрон бо ишораи зарядашон фарқ кунанд, нейтрон ва антинейтрон бо ишораи моменти магнитии хусусӣ фарқ мекунад. Хосиятҳои физикии зарраҳои безаряд фотон, π^0 -мезонҳо ва антизарраҳояшон як хел мебошанд.

Пас аз дар бораи антизарра ба маълумот соҳиб шудан дар хонанда саволи агар зарра ва антизарра вохӯранд чӣ мешавад, пайдо шуданаш ҳолати табиӣ аст. Ба ин суол ҷавобро аз сатрҳои оянда меёбед.

Ба якдигар табиӣ модда ва майдон. Вохӯрии электрон бо антизарраи худ – позитрон ба кванти афканишоти электромагнитӣ ва хоричшавии энергия гирифта меояд. Ин ҳодиса аннигилятсия номида мешавад:

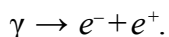


На фақат электрон ва позитрон, балки зарраҳои дигар ҳам бо антизарраҳои худ вохӯранд аннигилятсия мешаванд. Дигар хел, бигӯем онҳо ба квантҳои (фотонҳои) майдони электромагнитӣ табиӣ меёбанд.

Дар ин ҳол қалимаи аннигилятсия на он қадар хуб интихоб шудааст. Чунки ин дар латинӣ маънои “гумшавӣ”ро ифода мекунад.

Дар асл мавриди вохӯрии зарра ва антизарра ҳеч гуна гумшавӣ рӯй намедиҳад. Ҳамаи конунҳои бақо пурра иҷро мешаванд. Материя аз намуди модда ба намуди квантҳои майдони электромагнитӣ мегузараду халос.

γ -кванти энергияаш аз суммаи энергияҳои оромиши электрон ва позитрон калонбуда $E_\gamma > 2m_0c^2 = 1,02$ МэВ аз паҳлӯи ядро гузарад ба ҷуфти электрон – позитрон табдил ёфтаниш мумкин:



Пайдошавии ҷуфти электрон – позитрон ва аннигилятсияи онҳо байни худ ба якдигар мубаддалшавии онҳо байни худ ба якдигар мубаддалшавии ду шакли материя (модда ва материя) -ро нишон медиҳад..

Намуди таъсирҳои зарраҳои элементарӣ. Дар асоси тасаввуроти замонавӣ, дар табиат чор намуди таъсироти фундаменталӣ мавҷуд аст. Инҳо таъсироти пурзӯр (қавӣ), электромагнитӣ, заиф ва гравитатсионӣ ҳастанд. Ҳар яки ин таъсиротро зарраҳои ба амал оваранда ва майдонҳои ба ҳар яки онҳо мувофиқоянда мавҷуд. Адронҳо – дар тамоми таъсироти фундаменталӣ иштирок мекунанд. Ба ин синф барионҳо ва π -мезонҳо дохил мешаванд. Барионҳо ба заряди $+1$, антизарраҳояш бошад ба -1 заряди барион соҳиб аст. Заряди бариони мезонҳо баробари нол аст. Спини барионҳо нимадад, спини мезонҳо бошад адади бутун аст. Нуклонҳо ва зарраҳои вазинтари ба нуклонҳо тақсимшаванда ҳам ба барионҳо мансубанд. Барионҳои массаашон аз массаи нуклонҳо калонбуда гиперонҳо номида мешаванд.

Лептонҳо – бидуни таъсироти пурзӯр дар ҳар яки се тағйиротҳо ҳам иштирок мекунад. Лептонҳо (“leptos” – юнонӣ – сабук) ин электронҳо, позитронҳо, μ – мезонҳо ва нейтронҳо аст. Лептонҳо ба $+1$ заряди лептон, антизарраҳои он ба -1 заряди лептон баробар аст.

Фотонҳо зарраҳои дар таъсироти гравитатсионӣ ва электромагнитӣ иштироккунанда аст.

Гравитонҳо – зарраҳои фақат дар таъсироти гравитатсионӣ иштироккунанда ҳисобида мешаванд. Таҷрибаҳои охири мавҷҳои гравитатсиониро қайд карда бошанд ҳам мавҷудияти гравитонҳо то охир тасдиқ нашудаанд.

Ҳамаи зарраҳои элементарӣ ба якдигар табдил ёфта меистанд ва ин табдилёбиҳо омили асосии мавҷудияти онҳо ҳисобида мешаванд.

Дар соли 1964 физикҳои амрикоӣ М.Гел-Ман ва Ч.Свейгҳо мавҷудияти зарраҳои фаразӣ – кваркҳоро пешгӯӣ намуданд. Ба фикри

онҳо адронҳо аз кваркҳо ташкил ёфтаанд. Дар рӯзҳои ҳозира натиҷаҳои таҷрибаҳои мавҷудияти онҳоро тасдиқкунанда мавҷуданд.

Кваркҳо дар таъсири қавӣ, заиф ва электромагнитӣ иштирок мекунанд. Ҳамааш шуда кваркҳо шаштоанд. Онҳоро бо ҳарфҳои латинӣ ишора карда, ба се оила (u,d), (c,s), (t,b) чудо мекунанд. Ҳар яки шаш кварк бо бӯйи худ чудо мешавад ва дар се хел ранганд – зард, кабуд ва сурх. Аввал кваркҳои u, d, s дохил карда шуд. Сонитар бошад ба онҳо кваркҳои “мафтункор” c (charm), “зебо” b (beauty) ва “ҳақиқӣ” t (truth) ҳамроҳ шуданд. Заряди электрикии кваркҳои u, c, t ба $+2/3$ қисми заряди электрон, боқимондаҳо бошанд, ба $1/2$ қисми он баробар аст. Спини кваркҳо дар воҳиди \hbar дода мешавад. Антикваркҳо бо тарзи мувофиқ ба заряди электрикии муқобил баробар аст. Бузургии кваркҳо аз 10^{-18} зиёд нест, яъне кварк аз протон камаш 10^3 (ҳазор) баробар хурд аст. Бомбаборонкунии протон бо электронҳои энергияаш $E \approx 2 \cdot 10^4$ МэВ заряди он дар даруни се ҷойи протон дар ҳолати мувофиқ $+2/3q_e, +2/3q_e$ ва $-1/3q_e$ ҷойгир буданаширо нишон дод.

Нейтрон ҳам аз яктои u ($q_u = \frac{2}{3}q_e$) ва аз ду d ($q_d = -\frac{1}{3}q_e$) кваркҳо ташкил ёфтааст.

Мезонҳо аз кваркҳо ва антикваркҳо ташкил ёфтааст. Масалан, π^+ -мезон чун $u\bar{d}$ ташкил ёфтааст. Дар ин ҷо: $\bar{d}-d$ – антизарраи кваркҳо.

Ташкилҳои нуклонҳо аз кваркҳо

Нуклон	Заряди электрон	Таркиби он	Заряди электрикии кваркҳо
Протон	$+q_e$	u, u, d	$+\frac{2}{3}q_e, +\frac{2}{3}q_e, -\frac{1}{3}q_e$
Нейтрон	0	u, d, d	$+\frac{2}{3}q_e, -\frac{1}{3}q_e, -\frac{1}{3}q_e$

Мувофиқи назарияҳои замонавӣ ҳафт зарраи асосӣ мавҷуд буда, боқимондаҳо аз онҳо бунёд шуданашон мумкин. Онҳо кварк, антикварк, глюон, гравитон ва се то хигсон.

Назарияҳои лептонҳо ва кваркҳо боз аз зарраҳои майдатарин ташкил ёфтаанд ҳам мавҷуданд.

Дар вақтҳои ҳозира диққати асосии олимони ба “Моделҳои стандарти”-и зарраҳои элементарӣ нигаронида шудааст. Хусусан пас аз 4-уми июли соли 2012, ки маълумотҳо оиди кашфи бозони Хиггс эълон шуд таваҷҷуҳ ба ин модел зиёд шуд.

Бо ин якҷоя дар “Модели стандарт” фақат сето таъсир: пурзӯр, заиф ва электромагнитӣ якҷоя намуда, таъсири гравитатсионӣ дида намешавад.



1. Калимаи “элементарӣ” чӣ гуна маъноро мефаҳмонад?
2. Ҳозир мавҷудияти чанд зарра аниқ карда шудааст?
3. Ҳангоми вохӯриш зарра ва антизарра чӣ гуна ҳодиса рӯй медиҳад?
4. Оё модда ва майдон ба якдигар табдил меёбанд?
5. Кваркҳо чӣ гуна зарраҳоанд?

Намунаи ҳалли масъала:

Зарраи элементарӣ пи нол-мезон (π^0) ба ду γ – квант тақсим мешавад. Агар массаи оромиши он ба 264,3 массаи электрон баробар бошад, басомади γ – афканишотро ёбед.

Дода шудааст:

$$\pi^0 \rightarrow 2\gamma$$

$$m_\pi = 264,3 m_e$$

Ёфтани лозим:

$$\nu = ?$$

Ҳалли он:

Мувофиқи қонуни бақои энергия

$$E_\pi = 2E_\gamma \Rightarrow m_\pi c^2 = 2h\nu \Rightarrow \nu = \frac{264,3 m_e c^2}{2h}$$

аз $m_e c^2 = 0,511 \text{ МэВ}$

$$\nu = \frac{264,3 \cdot 0,511 \cdot 10^6 \text{ эВ}}{2 \cdot 4,136 \cdot 10^{-15} \text{ эВ} \cdot \text{с}} = \frac{264,3 \cdot 0,511}{8,272} \cdot 10^{21} \text{ Ҳз} = 16,33 \cdot 10^{21} \text{ Ҳз.}$$

Ҷавобаш: $16,33 \cdot 10^{21} \text{ Ҳз.}$

Мавзӯи 44. АСОСҲОИ ФИЗИКИИ ЭНЕРГЕТИКАИ АТОМӢ. ЧОРАҲОИ БЕХАТАРӢ ҲАНГОМИ ИСТИФОДАБАРИИ ЭНЕРГИЯИ ЯДРО

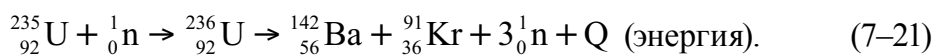
Порашавии ядроҳои вазнин. Имконияти порашавии ядроҳои вазнинро дар асоси графики вобастагии энергияи бандиши хос бар адади масса аз расми овардашудаи 7.12 фаҳмонидан мумкин. Аз ин график намоён аст, ки энергияи бандиши хоси ядроҳои вазнин аз энергияи бандиши хоси унсурҳои қисми миёнаи чадвали Менделеев ба 1 МэВ хурд аст. Бинобар ин ядроҳои вазнин ба ядроҳои миёна табдил ёбанд, дар ин ҳол ба ҳар як нуклон 1 МэВ энергия хорич мешавад.

Агар 200 адад нуклонӣ чудо шавад, аз он ядрои дорои ≈ 200 МэВ энергия чудо мешавад ва қисми асосии он (≈ 165 МэВ) ба энергияҳои кинетикии порчаҳои ядро табдил меёбад.

Порашавии ядрои уран. Дар соли 1938–1939 физикони немис О.Ган ва Ф.Страсманҳо мавриди нейтронборон кардани ядрои уран ба ду парча (баъзан ба се) порашавии ядрои уран ва дар ин бо миқдори зиёд чудошавии энергияро муайян карданд. Дар ин порашавӣ унсурҳои миёнаи системаи даврӣ ҳисобёфта барий, лантан ва дигарон ҳосил мешавад.

Натиҷаи таҷриба чунин таҳлил карда шуд. Ядрои урани нейтронхоро фурубурда ба ҳолати ангехта мегузарад ва ба ду парча чудо мешавад. Сабаби ин – қувваҳои кулонии теладиҳандаи байни протонҳо аз қувваҳои ҷозибаи ядроӣ калон шуданаш аст. Боиси мусбат заряднок будани пораҳои ядроӣ якдигарро бо таъсири қувваҳои кулонӣ тела дода, бо суръати калон парίδα мераванд. Дар ҳамин як вақт 2–3 нейтронҳои дуҷумин чудо мешаванд. Таҷрибаҳо нишон доданд, ки қисми асосии нейтронҳои дуҷумини аз пораҳои парίδα барои мада, пораҳои ангехта чудо мешавад.

Маҳсулоти порашавӣ ҳар гуна буда, дорои наздик 200 намуд шуданаш мумкин. Эҳтимолияти ҳосилшавии ядроҳои адади массаашон аз 95 то 139 калон аст. Эҳтимолияти баробар тақсимшавӣ басо хурд аст ва дар ҳолатҳои ниҳоят кам рӯй доданашон мумкин. Намуди зерини реаксия бештар рӯй медиҳад:

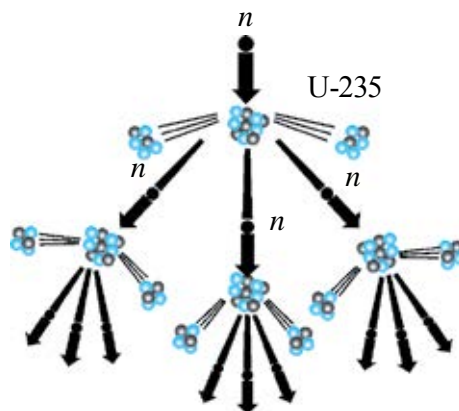


Таҳқиқотҳои оянда ҳаминро нишон доданд, ки бо таъсири нейтронҳои ядроҳои унсурҳои вазнин ҳам пора шуданашон мумкин будааст. Инҳо ${}_{92}^{238}\text{U}$, ${}_{94}^{239}\text{Pu}$, ${}_{90}^{232}\text{Th}$ ва дигарон.

Реаксияи занҷири бифосила. Чун қайдҳои болоӣ мавриди порашавии ҳар як ядрои уран бидуни пораҳои ядро 2–3 нейтронҳо ҳам парίδα мебароянд. Дар навбати худ ин нейтронҳо ҳам ба ядроҳои дигари уран афтиданаш ва онҳоро ба порашавӣ гирифта оварданаш мумкин. Дар натиҷа 4–9 то нейтрон ҳосил шуда, ҳамин қадар ядроро пора намуда ба тавлидшавии 8–27 нейтрон сабаб мешавад. Ҳамин тавр, чараёни пурзӯри худпоракуни ба вучуд меояд (расми 7.12). Ин чараён *реаксияи занҷири бифосила* номида мешавад.

Реаксияи занҷирӣ реаксияи экзотермӣ аст, яъне реаксия бо хоричшавии миқдори калони энергия рӯй медиҳад. Мо дар боло дар бораи якто ядрои уран пора шавад, 200 МэВ энергия хорич шуданаширо навишта будем. акнун ҳангоми порашавии 1 кг уран чӣ қадар энергия чудо шуданаширо ҳисоб мекунем (дар 1 кг уран $2,5 \cdot 10^{24}$ то ядро мавҷуд):

$$E \approx 200 \text{ МэВ} \cdot 2,5 \cdot 10^{24} = 5 \cdot 10^{26} \text{ МэВ} = 8 \cdot 10^{13} \text{ Ҷ.} \quad (7-22)$$



Расми 7.12.

Ин гуна энергия ҳангоми сӯختани 1800 т бензин ё 2500 т ангишт хорич шуданаш мумкин. Айнан ҳамин гуна энергияи калон хорич шуданаш олимонро барои ёфтани роҳҳои дар амал истифода бурдан аз реаксияи занҷирӣ (ҳам бо мақсади осоишта, ҳам бо мақсади ҳарбӣ) сафарбар намуд.

Ба амал баровардани реаксияи занҷирӣ он қадар осон нест. Ба ин сабаб дар табиат мавҷудияти ду изотопи уран: 99,3% — $^{238}_{92}\text{U}$ ва 0,7% — $^{235}_{92}\text{U}$ аст. Реаксияи занҷирӣ фақат бо U – 235 рӯй медиҳад. Аз ин рӯ, аввал аз рудаи уран барои рӯй додани реаксияи занҷирӣ изотопи Уран – 235 ро чудо карда гирифтанд, пас аз ин шароитро барои гузаштани реаксия фароҳам овардан лозим. Дар рӯзҳои ҳозира ин масъалаи мураккаб бомуваффақият ҳал карда шудааст.

Коэффитсиенти афзоиши нейтронҳо. Барои рӯй додани реаксияи занҷирӣ иштироки нейтронҳои дуҷумин дар порашавии ядро соҳиби аҳамияти муҳим аст. Бинобар ин мафҳуми коэффитсиенти афзоиши нейтронҳо дохил карда мешавад:

$$k = \frac{N_i}{N_{i-1}}, \quad (7-23)$$

дар ин ҷо: бузургии N_i — адади нейтронҳои ба вучуд орандаи порашавии ядроҳо дар эҷапи i . N_{i-1} — адади нейтронҳои ба вучуд орандаи порашавии ядроҳо дар эҷапи аз он пешина.

Коэффитсиенти афзоиш на фақат адади нейтронҳо, балки адади ядроҳои порашавандаро ҳам нишон медиҳад. Агар $k < 1$ бошад, реаксия тез хомӯш мегардад.

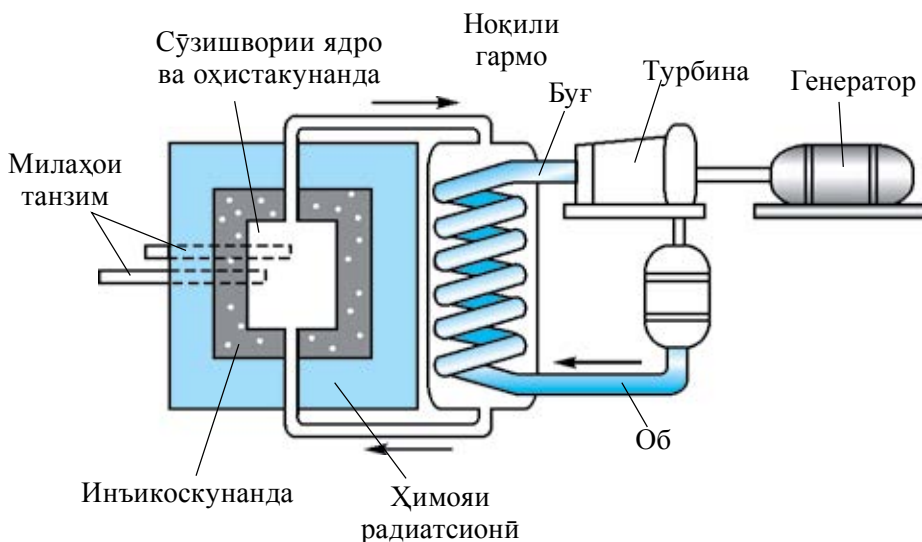
Агар $k=1$ бошад, реаксияи занҷирӣ бо интенсивияти доимии критик номидашуда давом мекунад.

Агар $k>1$ бошад, реаксияи занҷирӣ тармамонанд афзуда, ба таркиши ядро гирифта меорад.

Реактори ядро. Барои инсоният на ба амал овардани реаксияи занҷирӣ, балки идоракунии он барои истифода аз энергияи хориҷшуда дорой аҳамияти калон аст. Таҷҳизоте, ки имконияти ба амал овардани реаксияи занҷирии порашавии ядроҳои вазнин ва идоракунии онҳоро медиҳад, реактори ядроӣ номида мешавад.

Реактори якумин дар соли 1942 таҳти роҳбарии Э. Ферми дар назди университети Чикаго сохта шудааст.

Схемаи ин реактори ба сифати сӯзишворӣ аз Урани 235, ки то 5% дар таркиби урани табиӣ бой карда шудааст, истифода мебаранд, дар расми 7.13 нишон дода шудааст.



Расми 7.13.

Дар ядроӣ Уран-235 фақат ба воситаи нейтронҳои гармӣ реаксияи занҷириро ба амал баровардан мумкин (нейтронҳои энергияшон дар байни 0,005–0,5 эВ буда нейтронҳои гармӣ номида мешаванд). Энергияи нейтронҳои мавриди порашавии ядро тавлидшуда дар атрофи 2 МэВ мешавад. Бинобар ин, барои таъмин намудани рафтани реаксияи занҷирӣ нейтронҳои дуомирро то нейтронҳои гармӣ сустҳаракат кардан лозим. Бо ин мақсад аз нейтрон охистакунандаи аз моддаи махсус сохташуда истифода мебаранд. Охистакунанда нейтронҳоро оҳиста намояд, лекин фуру набояд бурд. Ба сифати охистакунанда оби вазнин, оби оддӣ, графит ва аз бериллий истифода бурдан мумкин.

Гирифтани оби вазнин, хеле мушкил аст, он вақт одатан дар реакторҳо аз оби оддӣ ё графит истифода мебаранд.

Зонаи фаъоли реактор, ки худаш реаксияи занҷир худро пурзӯр мегардонад, аз цилиндри графитӣ иборат мешавад.

Идоракунии реактори ядрой. Дар чараёни реаксияи занҷирӣ ҳаракати зонаи фаъол то 800–900 К мерасад. Барои овардани гармӣ аз зонаи фаъоли реактор ба воситаи лӯла (қубур), онро мегузaronанд. Чун мисол, ба барандагони гармӣ оби одатӣ ё металли натрии моеъ шуданаш мумкин. Идоракунии реаксияи занҷирӣ ба воситаи милачаҳои аз бор ё кадмий тайёрнамуда, ки нейтронҳои гармиро хуб фуру мебаранд, ба амал бароварда мешаванд. Инкишофёбии реаксияи занҷирӣ ба бефосила афзудани адади ядроҳои пора шудаистода, яъне ба зиёдшавии тавоноии реактор гирифта меорад. Реаксияи занҷирӣ барои нагирифтани характери жола коэффитсиенти зиёдшавии нейтронҳоро баробари як намуда истодан лозим. Ин бошад бо ёрии милачаҳои идоракунанда ба амал оварда мешавад. Онҳоро ба зонаи фаъол ба сифати милачаҳо дохил мекунанд. Вақте милачаҳои идоракунанда аз зонаи фаъоли реактор кашида гирифта шавад $k < 1$, пурра дохил карда шавад $k < 1$ мешавад. Бо ёрии милачаҳо дар вақти дилхоҳ инкишофи реаксияи занҷириро боздоштан мумкин.

Массаи критикӣ. Барои рӯй додани реаксияи занҷирии худаш худро пурзӯркунанда ($k > 1$) ҳаҷми зонаи фаъол аз ягон қимати критикӣ набояд хурд бошад. Ҳаҷми хурдтарини реаксияи занҷирии зонаи фаъолро ба амал овардан мумкинбуда ҳаҷми критикӣ номида мешавад. Массаи сӯзишвории дар ҳаҷми критикӣ ҷойгиршударо массаи критикӣ меноманд. Барои рӯй додани реаксияи занҷирии худ аз худ ба амал оянда қимати минималии массаи урани зарурӣ массаи критикӣ номида мешавад. Вобаста ба сохти таҷҳизот ва намуди сӯзишворӣ массаи критикӣ аз якчанд сад грамм то якчанд даҳҳо тонна шуданаш мумкин.

Барои урани ${}^{238}_{92}\text{U}$ дар шакли кураи радиусаи 9 см буда массаи критикӣ 50 кг-ро ташкил медиҳад.

Ҳимояи реактори ядро. Дар реаксияи ядрой пораҳои ядроӣ манбаи нейтронҳо, нурафканиҳои, β - ва γ -ҳосил мешавад. Дигар хел бигӯем, реактори уран манбаи афканишотҳои гуногун аст. Нейтронҳо ва γ -афканишотҳо, ки қобиляти нуфузи калон доранд, хусусан хавфноканд. Бинобар ин, ташкили ҳимояи ходимани дар реактор коркунанда молики аҳамияти калон аст. Бо ин мақсад аз оби ғафсиаш 1 м аз бетони ғафсиаш то, 3 м ва қабати ғафси чӯян истифода мебаранд.

Афзалияти энергетикаи атомӣ. Инсоният ҳар доим мекушад, ки соҳиби манбаи энергияи арзон ва афзалнок бошад. Офариниши реактори ядрой бошад, ба истифодаи энергетикаи ядровӣ, яъне ба истифодаи он барои эҳтиёчи инсон имкон дод. Захираи сӯзишвории ядровӣ аз захираи сӯзишвории кимёвӣ садҳо маротиба зиёд аст. Бинобар ин, агар қисми асосии энергияи электрикӣ дар стансияҳои электрикии атомӣ (СЭА) истеҳсол карда мешуд, ин аз як тараф, таннархи истеҳсол кам шавад, аз тарафи дуюм, инсоният дар давоми якчанд сад солаҳо аз муаммои энергетика халос мешуд. Майдони ишғолкардаи СЭА ҳам кам буданаширо таъкид кардан мумкин. Дар дунё нахустин СЭА соли 1954 дар шаҳри Обнинск ба қор андохта шудааст. Пас аз ин, СЭА-и калонтарини бисёре сохта шудаанд ва бомуваффақият фаъолият нишон дода истодаанд.



1. *Аз чӣ сабаб ядроҳои вазнин ба ядроҳои миёна табдил ёбанд, энергия хориҷ мешаванд?*
2. *Реаксияи занҷири бифосила чӣ тавр рӯй медиҳад?*
3. *Аз зонаи фаъоли реактор милаҳои идоракунӣ бароварда шавад, чӣ гуна ҳол рӯй медиҳад?*
4. *Чӣ гуна масса массаи критикӣ гуфта мешавад?*

Мавзӯи 45. ТАДҚИҚОТИ СОҲАИ ФИЗИКАИ ЯДРОВӢ ДАР ЁЗБЕКИСТОН ВА ИСТИФОДАБАРИИ НАТИҶАҲОИ ОН ДАР ХОҶАГИИ ХАЛҚ

Корҳои оиди физикаи ядровӣ дар Ёзбекистон солҳои 20-уми асри гузашта сар шудаанд. Лекин тадқиқотҳои мунтазам соли 1949 дар институти физикатехника ба роҳ монда шудааст. Бо ташаббуси академикҳо И.В. Курчатов. У.О. Орифов ва С.А. Азимов соли 1956 пас аз ташкил кардани Институти физикаи ядрои Академияи Фанҳои Республикаи Ёзбекистон, имконияти васеъкунии ин тадқиқотҳо пайдо шуд. Дар вақти ҳозира корҳои илмӣ – тадқиқотӣ оиди спектроскопияи ядро ва сохти ядро; реаксияҳои ядрой; назарияи квантии майдон; физикаи зарраҳои элементарӣ; физикаи ядрои релятивӣ ва самтҳои (соҳаҳои) дигар бурда истодаанд.

Тадқиқотҳои гузаронидашаванда оиди физикаи радиатсионӣ ва материалшиносӣ на фақат барои фан ва техника, балки барои хоҷагии халқ ҳам муҳим аст. Дар ин самт таъсири нурҳои радиоактивӣ ба

нимноқилҳо, диэлектрикҳо, сафолҳо, гузаронандагии электикий материалҳои фавқулноқили ҳарораташ баланд, ба ҳосиятҳои механикӣ, оптикӣ ва ҳосиятҳои дигарро омӯхта истодаанд.

Қорҳои бурдаистода дар соҳаи физикаи энергияҳои баланд дар Ўзбекистон ҳам бисёранд. Ин гуна тадқиқотҳо дар Институти физика – техникаи иттиҳодияи истеҳсолии “Физика – Қуёш (Офтоб)”, дар Донишгоҳи Миллии Ўзбекистон ва Донишгоҳи давлатии Самарқанд рафта истодааст.

Дар соли 1970 таҷҳизоти калон барои омӯзиши таъсири мутақобили зарраҳо ба ядро дар асоси ҳисобгираки Черенков сохта шуда, характеристикаҳои зарраҳои сохташуда, характеристикаҳои зарраҳои ҳосилшуда омӯхта шуд.

Бо мақсади омӯзиши таъсири зарраҳои тезонидашуда ва ядроҳо аз нав коркарди ахборотҳои филмии бо камераҳои ҳубобшакл гирифташуда ташкил карда шуд. Дар натиҷаи тадқиқотҳои самараноки марказ ҳосилшавии изобарҳои комулативӣ омӯхта шуд ва дар бораи мавҷудияти резонансҳои ду барионии танги массаҳояш 1903, 1922, 1940, 1951 ва 2017 МэВ буда маълумотҳо гирифтанд.

Мумкин будани таъсири бевоситаи ҳодисаҳои дар атмосфераи Афтоб ба амал оянда ба ҳаёти Замин дорои аҳамияти муҳим аст. Айнан боиси ин ҳам Институти Астрономияи Академияи Фанҳои Ўзбекистон аз миёнаи солҳои 1980 сар намуда бо олимони фаронсавӣ ҳамкорӣ намуда тадқиқотҳо дар соҳаи тадқиқи лаппиши глобалии Афтоб бурдаанд. Қорҳои дар соҳаи физикаи ядрои бурдаи олимони ўзбек басо калон ва натиҷаҳои он дар хоҷагии халқ ҳам бомуваффақият татбиқ шуда истодаанд. Худи тадқиқотҳои нахустини дар Ўзбекистон бурда бевосита ба хоҷагии халқ алоқадор буданд. Ба ин усули аз тарафи У. Орифов офаридашуда “Қуштани кирмҳои пилла бо ёрии нурҳо” мисоли ин аст. Дертар бошад радиоактивияти табиӣ об, хок, дарахтони мевадорӣ, рустаниҳои бегона ва маданӣ омӯхта шуд.

Институти физикаи ядрои Академияи Фанҳои Республикаи Ўзбекистон яке аз ташкилотҳои пешқадам оиди истеҳсоли изотопҳои радиоактивӣ, аз он ҷумла препаратҳои радиоактивиӣ фармасевтикӣ ба ҳисоб меравад. Дар ин ҷо соли 1995 зиёда аз 60 ном маҳсулот истеҳсол шудааст.

Омӯзиши таъсири радиоактивият ва гамма – нурҳо ба рустаниҳо ҳам дар хоҷагии халқ, хусусан, дар тухмишиносӣ дорои аҳамияти муҳим аст. Дар Ўзбекистон дар омӯзиши ҳассосияти навҳои ғўза истифодаи нурҳо – далели асосии дар истеҳсолот бевосита истифодаи физикаи ядрои аст.

Истифодаи васеи тадқиқотҳои соҳаи физикаи ядрои дар тиббиёт ҳам маълум аст. Ба ин хусусан, табобати касалии саратон бо ёрии нурҳои радиоактивӣ ва сели зарраҳоро ҳам ба тариқи мисол овардан мумкин. Корҳои аввалини соҳаи рентгенология ва радиология ҳам ҳамкориҳои лабораторияи радиоактивӣ бо физикаи ядрои аст. Дар натиҷаи истифодабарӣ аз изотопҳои радиоактивӣ усулҳои нави ташхис офарида шуд. Дар вақтҳои ҳозира оиди томографияи компютерӣ ва резонансҳои ядрои – магнитӣ тадқиқотҳо бурда истодаанд. Истеҳсоли моддаҳои нави рентгеноконтраст (аппаратҳои «Рекон», «ММ-75» ва дигарҳо) ба роҳ монда шудааст.



1. Дар Ўзбекистон корҳои соҳаи физикаи ядрои кай сар шудааст?
2. Дар вақтҳои ҳозира корҳои илмӣ-тадқиқотӣ дар кадом соҳаҳо рафта истодааст?
3. Дар институти физикаи ядрои чиҳо истеҳсол карда мешавад?
4. Оиди истифодаи нурҳои радиоактивӣ дар хоҷагии қишлоқ мисолҳо оваред.

Машқи 7.

1. Ҳангоми гузаштан аз як ҳолати энергетикӣ ба ҳолати дуюм рӯшноии дарозии мавҷаш $6,56 \cdot 10^{-17}$ м баромада бошад, энергияи атом чӣ қадар кам шудааст? (Ҷавобаш: $E_6 = 3 \cdot 10^{-19}$ Ҷ)

2. Энергияи восилаи хоси ядрои атоми литий ${}^7_3\text{Li}$ -ро ёбед. (Ҷавобаш: $E_6 = 5,6$ МэВ)

3. Энергияи восилаи хосро ядрои ҳисоб намуда, кадоме аз ядроҳои ${}^9_4\text{Be}$ ва ${}^{27}_{13}\text{Al}$ стабилтар буданаширо аниқ намоед. (Ҷавобаш: ${}^{27}_{13}\text{Al}$)

4. Дар реаксияи ${}^{14}_7\text{N} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^1_1\text{H} + {}^{17}_8\text{O}$ энергияи фуру бурда мешавад ё хориҷ мешавад? (Ҷавобаш: Энергияи фуру бурда мешавад)

5. Барои ядрои ${}^2_1\text{H}$ энергияи восилаи ядро ва энергияи бандиши хосро ёбед. (Ҷавобаш: $E_6 = 1,7233$ МэВ; $E_{6,x} = 0,8616$ МэВ)

6. Барои пора кардани ядрои азот ${}^{14}_7\text{N}$ ба протонҳо ва нейтронҳо чӣ қадар энергия зарур аст? (Ҷавобаш: $E_6 = (7 \cdot 1,00789 + 7 \cdot 1,00866 \text{ в.а.м} - 14)$)

7. Дар назди ҳисобгираки Гейгер препаратҳои радиоактивӣ набошад ҳам, вай пайдоиши зарраҳои ионизатсия шударо қайд намудан мегирад. Инро чӣ хел фаҳмидан мумкин? (Ҷавобаш: ҳисобгирак нурҳои кайҳониро қайд мекунад)

8. Даври нимқоҳиши унсури 2 шабонарӯз аст. Пас аз гузашти 6 шабонарӯз чанд фоизи моддаи радиоактивӣ боқӣ мемонад? (Ҷавобаш: 12,5%)

9. Фаъолии унсури радиоактивӣ дар 8 рӯз 4 маротиба кам мешавад. Даври нимкоҳиши он чӣ қадар аст? (Ҷавобаш: $T=4$ рӯз)

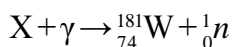
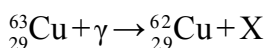
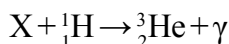
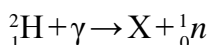
10. Оё пас аз баровардани γ квант масса ва заряд ядро тағйир меёбад? (Ҷавобаш: тағйир намеёбад)

11. Ядрои радон ${}^{220}_{86}\text{Rn}$ α -зарра хорич намуд. Чӣ гуна ядро тавлид шуд? (Ҷавобаш: ${}^{220}_{86}\text{Rn} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^{216}_{84}\text{Po}$)

12. Ядрои кобалт ${}^{60}_{27}\text{Co}$ β зарра барорад, ядрои кадом унсур тавлид меёбад? (Ҷавобаш: ${}^{60}_{27}\text{Co} \rightarrow {}^0_{-1}\text{e} + {}^{60}_{28}\text{Ni}$)

13. Барои чӣ урани табиӣ сӯзишвории атомӣ шуда наметавонад ва нигоҳ доштани он хавфи таркиш надорад?

14. Нишонаҳои поёниро пур кунед:



15. Карбон ${}^{12}_6\text{C}$ бо протон нурборон карда шавад, изотопи ${}^{13}_6\text{C}$ ҳосил шуд. Дар ин чӣ гуна зарра бароварда мешавад?

16. Оё α зарра зарраи элементарӣ шуда метавонад?

17. Антитарраҳои электрон, протон ва нейтронҳо чӣ гуна зарраҳоанд?

18. Ядрои атоми нитроген ${}^{13}_7\text{N}$ позитрон ва нейтрон мебарорад. Реаксияи β пошхӯриро нависед.

19. Реаксияи зеринро пур кунед ${}^0_{-1}\text{e} + x \rightarrow 2\gamma$.

20. Фотони калонэнергия дар майдони ядрои вазнин тормоз хӯрда ба як чуфт зарра табдил меёбад. Яке аз онҳо электрон. Дуюмаш чист?

САВОЛҲОИ ТЕСТӢ ОИДИ ҶАМЪБАСТИ БОБИ VII

1. Томсон оиди сохти атом модели нахустинро дар кадом сол таклиф кардааст?

A) соли 1903; B) соли 1905; C) соли 1907; D) соли 1909.

2. Собити Ридберг дар кадом ҷавоб дуруст нишон дода шудааст?

A) $R = 1,097 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}$; B) $R = 3,1 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}$;
C) $R = 3,29 \cdot 10^{15} \text{ м}^{-1}$; D) $R = 6,0 \cdot 10^{12} \text{ м}^{-1}$.

3. Лазер гуфта, ... мефаҳманд.

A) манбаи нури рӯшноии басо аниқ равона кардаро;
B) нури рӯшноии некогерентро;
C) нури рӯшноии оддиро;
D) нурҳои гуногуни аз офтоб ояндаро.

Формулаи умумикардшудаи Балмер	$v=R\left(\frac{1}{m^2}-\frac{1}{n^2}\right).$
Лазер	Лазер гуфта, манбаи нури рӯшноии когерентии басо аниқ равона кардашударо мефаҳманд Калимаи лазер аз ҳарфҳои аввалини англисии “пурзӯр кардани рӯшноӣ дар натиҷаи лаппишҳои маҷбурӣ” гирифта шудааст (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation”).
Постулатҳои Бор	<i>Постулат дар бораи ҳолатҳои статсионарӣ:</i> дар атом ҳолати статсионарӣ мавҷуд буда, ба ин ҳолатҳои орбитаҳои статсионарии электронҳо мувофиқ меояд. <i>Постулат оиди басомадҳо:</i> электрон фақат аз як ҳолати статсионарӣ ба ҳолати дуюм гузаштан якто фотони энергияаш ба фарқи энергияҳои ин ҳолатҳои статсионарӣ баробар мебарорад (ё фуру мебарад). $h\nu = E_n - E_m$, дар ин ҷо: энергияҳои электрон мувофиқан дар орбитаҳои (мадорҳои) n - ва m .
Сохти ядроӣ атом	Ядроӣ атом аз протон ва нейтронҳо иборат аст. <i>Протон (p)</i> – ядроӣ атоми ҳидроген. Массайи оромиши он: $m_p = 1,6726 \cdot 10^{-27}$ кг $\approx 1836 m_e$ дар ин ҷо: m_e – массайи электрон. (Протон – юнонӣ – “якумин”). <i>Нейтрон (n)</i> . Зарраи электрнейтрал: $m_n = 1,6749 \cdot 10^{-27}$ кг $\approx 1839 m_e$ (Нейтрон – лотинӣ ин ҳам нест, вай ҳам нест).
α – нурҳо	Табдилёбии ядроӣ атом пас аз баровардани α – зарра ба ядроҳои дигар.
β – нурҳо	Табдилёбии ядроӣ атом пас аз баровардани электрон ба ядроҳои дигар.
γ – нурҳо	Мавҷҳои электромагнитии аз ядроӣ атом бароянда.
Қонуни коҳиши радиоактивият	$N = N_0 e^{-\lambda t} \text{ ё } N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$ T – даври нимкоҳиш

АДАБИЁТҲОИ ИСТИФОДАШУДА

1. Физика: 11 кл.: Учебн. для общеобразоват. учреждений. В.А. Касьянов. 4-е изд. стереотип.– М.: “Дрофа”, 2004. – 416 с.: ил.
2. Физика: Учеб. для 11 кл. шк. с углубл. изучением физики/ А.Т. Глазунов и др.; под ред. А.А. Пинского. 8-е изд. – М.: “Просвещение”, 2003. – 432 с.: ил.
3. Физика. Энциклопедия / под. ред. Ю.В. Прохорова. – М.: “Большая Российская энциклопедия”, 2003. – 944 с.
4. N.Sh. Turdiyev. Fizika. Fizika fani chuqur o'rganiladigan umumta'lim maktablarining 8-sinfi uchun darslik. – T.: “G'afur G'ulom nomidagi nashriyot-matbaa ijodiy uyi”, 2016.
5. N.Sh. Turdiyev. Fizika. Umumta'lim maktablarining 8-sinfi uchun darslik. – T.: “Turon-Iqbol”, 2006.
6. А. Нигмонхўжаев, К.А. Турсунметов ва б. Физика III. – 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. А. Но'монхо'jayev, А. Husanov, J. Usarov va b. Fizika. Optika. Kvant fizikasi. Atom va yadro fizikasi. – Т.: “O'qituvchi” NMIU. – 2004.
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, A. Husanov, J. Usarov. Fizika. Elektrodinamika. Elektromagnit tebranishlar 2-kitob. – Т.: “O'qituvchi”. – 2004.
13. М.Н. О'лмасова. Физика optika, atom va yadro fizikasi. Akad. litseylar uchun o'quv qo'llanma/V.M. Mirzahmedov tahriri ostida. – Т.: “Cho'lpon nomidagi nashriyot-matbaa ijodiy uyi”, 2007. K.3. – 384 б.

МУНДАРИЧА

Сарсухан	3
Боби I. МАЙДОНИ МАГНИТӢ	4
Мавзӯи 1. Майдони магнитӣ. Бузургҳои тавсифдиҳандаи майдони магнитӣ.....	4
Мавзӯи 2. Моменти гардонандаи рамкаи чараёндор аз тарафи майдони магнитии якҷинса.....	7
Мавзӯи 3. Майдони магнитии ноқили рости чараёндор, ҳалқа ва ғалтак.....	10
Мавзӯи 4. Қори иҷрошуда ҳангоми дар майдони магнитӣ кўчонидани ноқили чараёндор.....	13
Мавзӯи 5. Қувваи таъсири мутақобили ноқилҳои чараёндор.....	15
Мавзӯи 6. Ҳаракати зарраи заряднок дар майдони якҷинса. Қувваи Лоренс.....	17
Боби II. ИНДУКСИЯИ ЭЛЕКТРОМАГНИТӢ	26
Мавзӯи 7. Ҳодисаи индуксияи электромагнитӣ. Қувваи электроҳаракатдиҳандаи индуксия. Қонуни Фарадей	26
Мавзӯи 8. Ҳодисаи худиндуксия. ҚЭҲ-и худиндуксия. Индуктивият.....	29
Мавзӯи 9. Хосияти магнитии моддаҳо.....	32
Мавзӯи 10. Энергияи майдони магнитӣ	35
Боби III. ЛАППИШҲОИ ЭЛЕКТРОМАГНИТӢ	41
Мавзӯи 11. Лаппишҳои (ларзишҳои) электромагнитии озод (контури лаппиш). Тағйирёбии энергия дар контури лаппиш.....	42
Мавзӯи 12. Тасвиркунии лаппишҳо бо тарзи графикӣ. Лаппишҳои электромагнитии хомӯшшаванда	45
Мавзӯи 13. Генератори лаппишҳои электромагнитии транзисторӣ	48
Мавзӯи 14. Муқовимати ғайрифаъол дар занҷири чараёни тағйирёбанда.....	51
Мавзӯи 15. Конденсатор дар занҷири чараёни тағйирёбанда	55
Мавзӯи 16. Ғалтаки индуктивият дар занҷири чараёни тағйирёбанда.....	57
Мавзӯи 17. Қонуни Ом барои занҷири чараёни тағйирёбандаи муқовимати ғайрифаъол, ғалтаки индуктивӣ ва конденсатори пай дар пай васлшуда.....	59
Мавзӯи 18. Ҳодисаи резонанс дар занҷири чараёни тағйирёбанда	62
Мавзӯи 19. Қори лабораторӣ: омӯзиши ҳодисаи резонанс дар занҷири чараёни тағйирёбанда	65
Мавзӯи 20. Қор ва тавоноии чараёни тағйирёбанда. Коэффитсиенти тавоноӣ	66
Боби IV. МАВҶҲОИ ЭЛЕКТРОМАГНИТӢ ВА ОПТИКАИ МАВҶӢ	76
Мавзӯи 21. Густариши мавҷҳои электромагнитӣ. Суръати мавҷҳои электромагнитӣ.....	76
Мавзӯи 22. Хосиятҳои умумии мавҷҳои электромагнитӣ (инъикос ва шикаст дар сарҳади ду муҳит). Мафҳумҳои асосӣ ва бузургҳои тавсифкунандаи мавҷ.....	79
Мавзӯи 23. Асосҳои физикии радиоалоқа. Сохт ва қори радиои соддатарин. Радиолокатсия.....	83
Мавзӯи 24. Асосҳои физикии теленамоишҳо. Тошканд – ватани телевизион	87

Мавзӯи 25. Интерференсия ва дифраксияи рӯшноӣ	91
Мавзӯи 26. Кори лабораторӣ: муайян кардани дарозии мавҷи рӯшноӣ бо ёрии панҷараи дифраксионӣ	96
Мавзӯи 27. Дисперсияи рӯшноӣ. Таҳлили спектрӣ	98
Мавзӯи 28. Қутбишавии рӯшноӣ	103
Мавзӯи 29. Нурҳои инфрасурх. Нурҳои ултрабунафш. Нурҳои рентгенӣ ва татбиқи он.	107
Мавзӯи 30. Сели рӯшноӣ. Қувваи рӯшноӣ. Қонуни равшанӣ	110
Мавзӯи 31. Кори лабораторӣ: Вобастагии равшанӣ ба қувваи рӯшноӣ	115
Боби V. НАЗАРИЯИ НИСБИЯТ	124
Мавзӯи 32. Асосҳои назарияи махсуси нисбият. Қонуни релятивии ҷамъбандии суръатҳо	124
Мавзӯи 33. Вобастагии масса аз суръат. Динамикаи релятивӣ. Қонуни вобастагии байни масса ва энергия	128
Боби VI. ФИЗИКАИ КВАНТӢ	135
Мавзӯи 34. Пайдоиши физикаи квантӣ	135
Мавзӯи 35. Эфекти фотоэлектрикӣ. Фотонҳо	137
Мавзӯи 36. Импулси фотон. Фишори рӯшноӣ. Истифодаи фотоэффект дар техника	142
Боби VII. ФИЗИКАИ АТОМ ВА ЯДРОӢ.	
АСОСҲОИ ФИЗИКИИ ЭНЕРГЕТИКАИ АТОМӢ	151
Мавзӯи 37. Модели бории атом. Постулатҳои Бор	151
Мавзӯи 38. Лазерҳо ва намудҳои онҳо	156
Мавзӯи 39. Таркиби ядроӣ атом. Энергияи восилагӣ. Дефекти масса	160
Мавзӯи 40. Нурафкании радиоактивӣ ва усулҳои қайди зарраҳо	164
Мавзӯи 41. Қонуни қоҳиши радиоактивӣ	167
Мавзӯи 42. Реаксияҳои ядроӣ. Қонуни кӯчиш	170
Мавзӯи 43. Зарраҳои элементарӣ	173
Мавзӯи 44. Асосҳои физикии энергетикаи атомӣ. Чораҳои беҳатарӣ дар мавриди истифодабарии энергияи ядро	177
Мавзӯи 45. Тадқиқоти соҳаи физикаи ядровӣ дар Ўзбекистон ва истифодабарии натичаҳои он дар хоҷагии халқ	182
АДАБИЁТҲОИ ИСТИФОДАШУДА	188

Физика. [Matn] 11-sinf : darslik / Н. Ш. Турдиев [va boshq.]. – Т.: “Niso Poligraf” nashriyoti, 2018. – 192 с.

ISBN 978-9943-5083-7-8

УЎК: 53(075.32)

КБК 22.3я721

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-sinflari uchun darslik

(Tojik tilida)

1-nashri

Мухаррири масъул *З. Сангирова*

Мутарчим Т. Мутаваллиев

Мухаррир Ш. Салимов

Мухаррири бадеи Ж. Гурова

Мухаррири техникӣ Д. Солиҳова

Саҳифабандии компютери Б. Бабаходжаева

Макети оригинал дар нашриёти «NISO POLIGRAF» тайёр карда шуд.

Вилояти Тошканд, ноҳияи Ўрта Чирчик, ҚШД «Оқ-Ота»,

Маҳаллаи Машғал, кўчаи Марказ, хонаи 1.

Литсензияи нашриёт АИ № 265.24.04.2015.

Ба чопаш 04-июли соли 2018 ичозат дода шуд. Андозаи 70×100^{1/16}.

Коғази офсет. Гарнитурани «Times New Roman». Кегли 12,5.

Ўзъи шартии чопӣ 12,0. Ўзъи нашрию ҳисобӣ 15,6.

Адади нашр 7797 нусха. Супориши № 396.

Дар корхонаи «NISO POLIGRAF» чоп шудааст.

Вилояти Тошканд, ноҳияи Ўрта Чирчик, ҚШД «Оқ-Ота»,

Маҳаллаи Машғал, кўчаи Марказ, хонаи 1.

Чадвали нишондоди ҳолати китоби ба ичора додашуда

№	Ному насаби хонанда	Соли хониш	Ҳолати китоб вақти гирифтани	Имзои роҳбари синф	Ҳолати китоб вақти супоридан	Имзои роҳбари синф
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Ба чадвали болой ҳангоми ба ичора доддан ва дар охири соли хониш баргардонида гирифтани аз тарафи роҳбари синф аз рӯйи меъёрҳои зерин баҳо гузошта мешавад:

Нав	Ҳолати китоб ҳангоми бори аввал ба истифода супоридан.
Хуб	Муқовааш бутун, аз қисми асосии китоб чудо нашудааст. Ҳамаи varaқхояш ҳаст, надаридааст, чудо нашудааст, дар саҳифаҳо навишт ва хатҳо нест.
Қаноатбахш	Муқова қач шудааст, канорхояш коҳида, якчанд хатҳо кашида шудаанд, ҳолати аз қисми асосӣ чудошавӣ дорад, аз тарафи истифодабаранда қаноатбахш таъмир шудааст. Varaқҳои чудошудааш аз нав таъмир гаштааст, дар баъзе саҳифаҳо хат кашида шудаанд.
Ғайри қаноатбахш	Муқова хат кашида шудааст, даридааст, аз қисми асосӣ чудо шудааст ё ки умуман нест, ғайриқаноатбахш таъмир гаштааст. Саҳифаҳо дарида, varaқҳо намерасанд, хат кашида, ранг карда шудааст, барқароркунии китоб имконнопазир аст.