

# ***ТІРЕК КОНСПЕКТ***

Пән: «Физика және астрономия »

**Мамандықтар:**

0701000- «Геологиялық суретке түсіру, пайдалы қазба кен орындарырын іздеу мен барлау»

0702000– «Пайдалы қазба кен орындарын барлаудың техникасы мен технологиясы»

0703000-«Гидрогеология және инженерлік геология »

0704000- «Пайдалы қазба кен орындарын іздеу мен барлаудың геофизикалық әдістері»

1514000 «Экология және табиғи ресурстарды тиімді пайдалану (салалар бойынша)».

Дайындаған мұғалім:

\_\_\_\_\_ Маманов К.К.

ПБ отырысында

қарастырылған

Хаттама № 3

« 7 » 11 2018 ж

Комиссия төрайымы:

Беспалова С.В. Беспалова С.В.

Базалық тірек конспектер оқу жұмыс жоспар бойынша дайындалған, «02» 09 2015 жылы бекітілген, және «03» 09 2018 жылы бекітілген жұмыс бағдарламалары

Оқу бөлімінен пайдалануға ұсынылған

Оқу жұмысынан директордың орынбасары \_\_\_\_\_ Минаева Н. Т.



Пәнге арналған барлық сағат саны  
Мамандықтарға

**0701000** – 170 оқу сағаты, соның ішінде 140 теориялық сабақтар, 30 практикалық сабақ, 2 міндетті бақылау жұмыстары, дифференцияланған сынақ, емтихан

**0702000** - 170 оқу сағаты, соның ішінде 140 теориялық сабақтар, 30 практикалық сабақ, 2 міндетті бақылау жұмыстары, дифференцияланған сынақ, емтихан

**0703000** - 170 оқу сағаты, соның ішінде 140 теориялық сабақтар, 30 практикалық сабақ, 2 міндетті бақылау жұмыстары, дифференцияланған сынақ, емтихан

**0704000** – 170 оқу сағаты, соның ішінде 140 теориялық сабақтар, 30 практикалық сабақ, 2 міндетті бақылау жұмыстары, дифференцияланған сынақ, емтихан

**1514000** «Экология және табиғи ресурстарды тиімді пайдалану (салалар бойынша)».

Соның ішінде

I семестр 76 (66 с теория , 10 с практика)

II семестр 94 (74 с теория, 20с практика)

III семестр \_\_\_\_\_

IV семестр \_\_\_\_\_

V семестр \_\_\_\_\_

VI семестр \_\_\_\_\_

VII семестр \_\_\_\_\_

VIII семестр \_\_\_\_\_

Міндетті бақылау жұмыстарының саны 2 , I және II семестрлерде

Қорытынды бақылау емтихан  
(МБЖ, сынақ, емтихан)

## Мазмұны

Кіріспе. Халықаралық бірліктер жүйесі.....	4
<b>Бөлім 1. Молекула кинетикалық теория және термодинамика негіздері.....</b>	<b>4</b>
1.1 МКТ негіздері.....	6
1.2 ТД негіздері.....	11
1.3 Заттың агрегаттық күйлері және фазалық ауысулар.....	15
<b>Бөлім 2. Электродинамика негіздері.....</b>	<b>32</b>
2.1 Электрлік құбылыстар.....	33
2.2 Тұрақты электр тогы.....	40
2.3 Орталардағы электр тоғы.....	44
2.4 Магнит өрісі.....	49
<b>Бөлім 3. Тербелістер және толқындар.....</b>	<b>58</b>
3.1 Тербелістер. Айнымалы ток.....	58
3.2 Электромагниттік толқындар.....	71
<b>Бөлім 4. Оптика. Арнайы салыстырмалылық теориясы.....</b>	<b>75</b>
4.1 Оптикалық құбылыстар.....	75
4.2 Сәулелену және спектр.....	78
4.3 Кванттық физика.....	97
<b>Бөлім 5. Атом және атом ядросы физикасы.....</b>	<b>101</b>
5.1 Атом физикасы.....	101
5.2 Атом ядросы физикасы.....	103
<b>Бөлім 6. Астрономия бойынша жалпы мағлұматтар.....</b>	<b>108</b>
6.1 Астрономия. Аспан денелерінің қозғалу заңы.....	108
6.2 Күн жүйесі.....	110
6.3 Жұлдыздар табиғаты. Галактика.....	117

## №1 сабақ.

**Тақырыбы: Кіріспе. Халықаралық бірліктер жүйесі.**

### Сабақ жоспары:

#### 1. Материя

#### 2. Физикалық денелер мен құбылыстар

#### 3. Физикалық шамалар мен оларды өлшеу

Физика терминін орыс тіліне алғаш енгізген орыстың ұлы ғалымы М.В Ломоносов. Физика гректің «Ф ю з и с» қазақша «табиғат» деген сөзінен шыққан.

Физика табиғатты зеріттейтін ғылымдардың қатарына жататындықтан, онда **уақыт, кеңістік, қозғалыс, материя** т. с. с. терминдер пайдаланылады. Материя біздің санамызға тәуелсіз өмір сүретін нәрсе.

«**Материя дегеніміз – адамға оның өзінің түйсігі арқылы мәлім болатын, біздің түйсіктерімізге тәуелсіз бола тұрып, сол түйсіктеріміз арқылы көшірмесі, суреті, сәулесі түсетін объективті реальдықты белгілеу үшін қолданылатын философиялық категория**» ( В. И. Ленин. Шығ. т. ж. 14-т., 133-б ) Материя үнемі толассыз қозғалыста болады. Бізді қоршаған ортада кездесетін өзгерістер материяның қозғалысы. Материя кеңістік пен уақыт бойынша өзгереді. Кеңістік пен уақыт – материяның өмір сүру формасы, олар өзара тығыз байланысты. Сол сияқты, материяны да кеңістік пен уақыттан бөліп қарауға болмайды. Физикада материя қозғалысының кейбір түрлері қарастырылады. Материя қозғалысының қарапайым түрі – механикалық қозғалыс. Онан кейін материя қозғалысының түрлері күрделене түседі: малекулалық қозғалыс, электромагниттік қозғалыс, ядролық қозғалыс және т. б. Бұлардың әрқайсысы физиканың әртүрлі тарауларында оқылады.

Бізді қоршаған заттарды физикалық **денелер** деп, ал осы физикалық денелердегі әр түрлі өзгерістерді физикалық **құбылыстар** деп атаймыз. Құбылыстар арасындағы тағайындалған тәуелділіктер физикалық заңдылықтар болып табылады. Осы заңдылықтарды ашу нәтижесінде адам баласы қарапайым еңбек құралдарынан бастап атом энергиясына дейін қызмет істететін дәрежеге жетті.

**Физикалық шамалар және оларды өлшеу.** 1978 жылдың маусым айында Өзара Көмек Советінің (СЭВ) Стандарттар жөніндегі Тұрақты Комиссиясы «Метрология, Физикалық шамалардың бірліктері» деген стандарт енгізді (СТ СЭВ 1052-78). Осыған орай СССР Министірлер Советінің Мемлекеттік Стандарттар Комитеті 1979 жылдың 6 сәуірінде қаулы қабылданды. Осы қаулыға сәйкес Халықаралық бірліктер жүйесі (СИ) негізге алынды. Халықаралық бірліктер жүйесі негізгі жеті бірліктен (метр, килограмм, секунд, ампер, кельвин, моль және кандела), екі қосымша (радиан және стерadian) және он жеті туынды бірліктерден (люкс, люмен, герц, ньютон, паскаль, джоуль, ватт, кулон, вольт, фарад, ом, сименс, вебер, тесла, генри, беккерель, грэй) тұрады.

№	Физикалық шама	Белгіленуі	ХБЖ өлшем бірлігі	№	Физикалық шама	Белгіленуі	ХБЖ өлшем бірлігі
1	Ұзындық	l	метр	5	Температура	T	К
2	Масса	m	кг	6	Зат мөлшері	$\nu$	Моль
3	Уақыт	t	с	7	Жарық күші	I	Кд
4	Тоқ күші	I	A				
<b>Қосымша өлшем бірлік</b>							
1	Денелік бұрыш	w	ср				
2	Жазық бұрыш	w	рад				

### Бақылау сұрақтары

1. ХБЖ неше негізгі өлшем бірлік бар?
2. Қосымша неше және қандай өлшем бірлік алынады?
3. 1 граммда қанша килограмм бар?
4. 1 мм қанша метр бар?

## Бөлім 1. Молекула кинетикалық теория және термодинамика негіздері.

### Сабақ. № 2

#### Тақырыбы: 1.1.1. МКТ-ның негізгі қағидалары. Заттардың құрлысы.

##### Сабақ жоспары

1. МКТ-нің негізгі қағидалары
2. Молекулалар саны
3. Молекулалар массасы, зат мөлшері
4. Мольдік масса

Физика ерте заманан бері-ақ заттың құрылысын зеріктеумен айналысып келеді. Зат құрылыс жөніндегі ой-пікір, көзқарас әр түрлі болып келеді. Жылу құбылыстары туралы ілімнің дамуына байланысты, зат құрылысын түсіндіретін молекула-кинетикалық теория дүниеге келді.

Молекула-кинетикалық теорияның негізін қалайтын мына қағидаларды есте сақтаған жөн.

- 1) Барлық зат жекелеген бөлшектерден, молекулалардан тұрады; заттар құрылысы дискретті, молекулалар арасында бос орын болады.
- 2) Заттардың молекулалары үздіксіз хаосты (ретсіз) қозғалыста болады.
- 3) Молекулалар арасында өзара әсер күші болады.

Зат құрылысының молекула-кинетикалық теориясы газ, сұйық және қатты денелерге жасалған көптеген тәжірибелер мен бақылаулардың нәтижесінде дәлелденіп келеді. Сол тәжірибелер мен бақылаулардың кейбіреулеріне тоқталайық.

1. Барлық заттар молекулалардан тұрады. Молекула – заттың қасиетін сақтайтын ең кішкене бөлшек. Заттарды бөлшектегенде ең кішкене бөлшек – молекула шығады. Онан әрі бөлшектегенде зат жоғалып кетеді. Ал енді молекуланың құрамына атом енеді. Атом – химиялық элементтің қасиетін көрсетеді. Атомды бөлшектесе, химиялық элемент жоғалып кетеді.

Заттарға сыртқы күшпен әсер етсе немесе температурасын өзгертсе, ол заттың көлемі өзгереді. Көлемнің өзгеруі деген сөз зат құрылысының дискретті екенін көрсетеді. Осы жағдайды байқау үшін мынадай тәжірибе жасайық. Спирт пен су алайық. Шыны түтікке алдымен су, оның үстіне боялған спирт құяйық. Шыны түтіктің аузын тығындап, бірнеше рет төңкеріп, сонан соң шайқап араластырайық. Сонда спирт пен судың қоспасын аламыз. Бұл қоспаның көлемі бастапқы су мен спирттің көлемдерінен аз болғанын байқаймыз. Бұл тәжірибе молекулалардың арасында бос орын бар екенін көрсетеді. Сыртқы күштің әсерінен (түтік шайқау) су мен спирттің молекулалары араласады. Әр түрлі молекулалар арасындағы тарту күшінің нәтижесінде молекулалар бірімен-бірі жақындасып кетеді, сөйтіп, қоспаның бос көлемі азаяды. Молекулалардың арасында бос орын барын көрсететін мысалдардың тағы біреуі - диффузия.

2. Молекулалардың ретсіз қозғалыста болатынын мына жайт көрсетіп береді. Мысалы, баллонға шамалы газ жіберілсе, ол баллонның бүкіл көлеміне жайылып кетеді. Бұл газ молекулаларының қозғалғыштығын, газ өзі тұрған ыдыстың қабырғаларына қысым түсіретінін және молекулаларының үздіксіз тәртіпсіз қозғалыста болатынын көрсетеді. Газдың температурасы артса, оның ыдыс қабырғасына түсіретін қысымы да артады. Бұл газ молекулаларының жылдамдығы артатынын көрсетеді. Молекулалардың қозғалыста болатынын көрсететін тамаша мысалдардың бірі – **броуындық қозғалыс.**

3. Молекулалар арасында өзара әсерлесу – тартылу және тебілу - күші болады. Молекулалық күштер нәтижесінде молекулалар өзара әсерлеседі. Молекулалар қашықтағанда бірін – бірі тартады, ал жақындағанда тебеді. Молекулалардың ара қашықтығы молекуланың диаметрімен шамалас болса, олар бірін – бірі тартады. Бұл қашықтықта молекулалардың **әсерлесу сферасының радиусы** деп атайды. Молекулалар арасында тартылыс күшінің бар екендігіне сұйықтардың беттік керілуі, сұйықтардың тұтқырлығы, қатты денелердің формасын сақтауы, денелердің сыртқы күштің әсерінен деформациялануы мысал бола алады.

**Молекулалар саны.** Молекулалардың өлшемі өте кішкене болғандықтан, кез келген макроскопиялық денедегі олардың саны орасан көп болады. Массасы 1г, демек, көлемі  $1\text{см}^3$  су тамшысындағы молекулалар санын шамамен санайық. Су молекуласының диаметрі шамамен  $3 \cdot 10^{-8}$  см-ге тең. Молекулалар тығыз орналасқан судың әрбір молекуласына келетін көлем  $(3 \cdot 10^{-8})^3$  деп

есептеп, тамшының көлемін  $(1\text{см})^3$  бір молекулаға келетін көлемге бөліп, тамшыдағы молекулалар санын табуға болады:

$$N = \frac{1\text{см}^3}{(3 \cdot 10^{-8})^3 \text{см}^3} 3,7 \cdot 10^{22}$$

Егер сен әрбір тыныс алған сайын өкпеңе жұтылған молекулалар қайта дем шығарғанда жер атмосферасына бір қалыпты таралатын болса, онда біздің планетаның әрбір тұрғыны тыныс алып, ауа жұтқан сайы, сенің өкпеңде болып шыққан молекулалардың екеуін жұтып отырар еді.

### **МОЛЕКУЛАЛАР МАССАСЫ. ЗАТ МӨЛШЕРІ**

Атомдар мен молекулалар массаларының айтарлықтай айырмашылығы бар. Оларды қандай шамалармен сипаттау қолайлы? Кезкелген макрокопиялық денедегі атомдар санынан қалай анықтау керек?

Осыған орай жаңа шама – зат мөлшері енгізіледі. Енді аздап қиындау тиеді, өйткені үш маңызды ұғымды игеру, бір санды және ең кемінде үш формуланы еске сақтау керек. Бірақ мұның бәрі түгел дерлік IX класс химия курсына қарастырылған болатын.

**Су молекуласының массасы.** Жеке молекулалар мен атомдардың массалары өте аз. Мысалы, 1г суда  $3,7 \cdot 10^{22}$  молекула бар. Олай болса, судың ( $\text{H}_2\text{O}$ ) бір молекуласының массасы (1) мынаған тең:

$$m_o = \frac{m}{N} \quad (1)$$

Органикалық заттардың орасан үлкен молекулаларын қоспағанда басқа заттардың молекулаларының массалары осы шамалас болады.

**Салыстырмалы молекулалық масса.** Молекулалардың массалары өте кішкене болғандықтан, есепкисап жасағанда массалардың абсолют мәндерін емес, салыстырмалы мәндерін пайдаланған ыңғайлы. Халықаралық келісім бойынша (сендерге VII кластың химия курсынан белгілі) барлық атомдар мен молекулалардың массаларын (атомдық массалардың көміртектік шкаласы деп аталатын) **көміртегі атомы массасының  $1/12$ -імен** салыстырды.

Заттың салыстырмалы молекулалық (не атомның) массасы  $M_r$  (2) дегеніміз

берілген зат молекуласының (не атомның)  $m_o$  массасының көміртегі атомы массасының  $\frac{1}{12}$ -іне қатынасы болып табылады.

$$M_r = \frac{m_o}{\frac{1}{12} m_{oc}} \quad (2)$$

Барлық химиялық элементтердің салыстырмалы атомдық массалары өте дәл өлшенген. Заттың молекулалары құрамына кіретін элементтердің салыстырмалы атомдық массаларын қосып, сол заттың салыстырмалы молекулалық массасын есептеуге болады. Мысалы, айталық, көмірқышқыл газы  $\text{CO}_2$ -нің салыстырмалы молекулалық массасы шамамен 44-ке тең, өйткені көміртегінің салыстырмалы атомдық массасы -12-ге, ал оттегінікі шамамен 16-ға тең, сонда  $12 + 2 \times 16 = 44$ .

**Зат мөлшері және Авагадро тұрақтысы.** Заттың мөлшерін денедегі молекулалар немесе атомдар санымен өлшеген әлдеқайда табиғи болған болар еді. Алайда кез келген макрокопиялық денедегі молекулалар саны орасан көп, сондықтан есептеулерде молекулалардың абсолюттік емес, салыстырмалы санын пайдаланады.

Халықаралық бірліктер жүйесінде заттың мөлшері мольмен өрнектеледі. **Бір моль – бұл массасы 0,012кг көміртегінде қанша атом болса, сонша молекуласы немесе атомы бар заттың мөлшері.**

Авагадро тұрақтысын анықтау үшін көміртегінің бір атомының массасын табу керек. Массаны нобайлап өлшеуді, жоғарыда су молекуласы массасын қалай өлшеген болсақ, нақ солай жасауға болады (ал массаны өлшеудің өте дәлірек әдісі электромагнит өрісінің иондар шоғын бұруына негізделген).

Өлшеулер көміртегі атомының массасы:  $m_{oc} = 1.995 \cdot 10^{26}$  кг екендігін көрсетеді.

Авогадро тұрақтысы  $N_A$ -ны бір моль мөлшерінде алынған көміртегі массасын бір атом көміртегі массасына бөліп анықтауға болады:

$$N_A = 0.012 \frac{\text{кг}}{\text{моль}} \cdot \frac{1}{m_{oc}} = 0.012 \frac{\text{кг}}{\text{моль}} \cdot \frac{1}{1,995 \cdot 10^{-26} \text{кг}} = 6.02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$$

$$N_A \approx 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$$

$\text{Моль}^{-1}$  - атауы бір моль мөлшерінде алынған кез келген заттың атомдар саны ( $N_A$ ) көрсетеді. Егер заттың мөлшері  $v = 2.5$  моль болса, онда сол денедегі молекулалар саны  $N = v N_A = 1.5 \cdot 10^{24}$ .

Сонымен, **заттың мөлшері  $v$  (3) берілген денедегі  $N$  молекулалар санының  $N_A$  Авогадро тұрақтысына, яғни заттың 1 мольдегі молекулалар санының қатынасына тең:**

$$v = \frac{N}{N_A} \quad (3)$$

Авогадро тұрақтысы шамасы аса зор макрокопиялықпен салыстырғанда микрокопиялық масштабтардың қаншалықты кішкентай екенін көрсетеді. Заттың мөлшері 1 моль дененің өзіміз үйреншікті макрокопиялық өлшемдері және бірнеше, ондаған грамм шамасында массасы болады.

**Мольдік масса.**  $M_r$  салыстырмалы молекулалық массамен қатар физика мен химияда мольдік масса  $M$  кеңінен пайдаланылады. **Заттың мольдік массасы деп-бір мольдің мөлшерінде алынған заттың массасын айтамыз.**

Осы анықтамаға орай, мольдік масса молекула массасын Авогадро тұрақтысына көбейткенге тең:

$$M = m_o N_A \quad (4)$$

Заттың кез келген мөлшерінің массасы  $m$  денедегі молекулалар санын бір молекуланың массасына көбейткенге тең:

(1) - формуладағы  $N_A$  мен  $N$  -ді олардың (3) және (4) өрнектерімен алмастырып мынаны (5) аламыз:

$$v = \frac{m}{M} \quad (5)$$

**Заттың мөлшері сол зат массасының оның мольдік массасы қатынасына тең.** IX класс химия оқулығында зат мөлшеріне дәл осындай анықтама беріледі.

Мольдік массасы  $M$  болатын массасы  $m$  кез келген мөлшердегі заттың молекулалар саны (3) және (4) – формулаларыға сәйкес мәнған тең:

$$N = v N_A = N_A \frac{m}{M} \quad (6)$$

Авогадро тұрақтысын есте сақтандар: ол үшін бірінші 6 цифры мен  $10^{23}$  шамасы ретінде білу жеткілікті. 2г сутегінде, 18г суда т.б. сонша молекулалар бар. (2), (3) және (4) -формулалары салыстырмалы молекулалық масса, зат мөлшері және мольдік масса сияқты жаңа физикалық шамаларға анықтама береді. Оларды қортып шығарудың қажеті жоқ, тек оларды есте сақтаса болғаны. Ал қалған, мысалы (5) мен (6) – формулаларды қортып шығаруға болады.

### Бақылау сұрақтары

1. Молекулалардың өлшемі жайлы не білесіңдер? Молекуланың диаметрін қалай есептеп шығаруға болады?
2. Денедегі молекулалардың санын қалай есептеп шығаруға болады
3. Молекуланың массасы қалай анықталған
4. Авогадро саны нені білдіреді?

### Сабақ № 3

#### Тақырыбы: 1.1.2 МКТ-дағы идеал газ. Газ қысымы.

##### Сабақ жоспары

1. МКТ-дағы идеал газ
2. Идеал газ күйінің теңдеуі
3. Концентрация
4. Универсал газ тұрақтысы

МКТ бойынша газдың молекуласы ретсіз хаосты қозғалады. Осы қозғалыс нәтижесінде олар бір-бірімен соқтығысады және қабырғаға соқтығысады. Газ 1 молекуланың емес миллион молекуладан тұрады. Миллион молекуланың қабырғаға соқтығысу күштің қосындысы газдың қысымы болып табылады.

Газдың ыдыс қабырғасына түсіретін қысымы мынаған тең:

$$P = \frac{F}{S} = \frac{1}{3} mnv^2 \quad (1)$$

$m$  – молекула массасы

$n$  – молекула саны  $\left( n = \frac{m}{M} N_A \right)$

$v$  – молекула жылдамдығы

$S$  – қабырға бетінің ауданы

Осыдан кинетикалық энергия арқылы жазсақ:

$$\frac{P}{2} = \frac{1}{3} \cdot \frac{mnv^2}{2} = \frac{1}{3} nEk \quad (2)$$

$$P = \frac{2}{3} nEk \quad (3)$$

Идеал газ қысымы  $v$  бірлігіндегі молекулалар шоғырын молекулалық ілгерлемелі қозғалысының орташа кинетикалық энергиясына көбінесе теңеу (3) (теңдік айтылуы).

**Идеал газ күйінің теңдеуі.** Газдың қандай күйде тұрғанын білу үшін оның термодинамикалық параметрлерін, яғни қысымды, температураны, келемді білу қажет. Термопараметрлердің біреуінің өзгерісі оның басқа параметрлерінің өзгеруіне әкеп соғады. Термодинамикалық параметрлерді байланыстыратын теңдеу *газ күйінің теңдеуі* деп аталады. Осы теңдеуді молекулалы-кинетикалық теорияның негізгі теңдеуін пайдалана отырып, шығарып керейік.

Бізге  $p = nkT$  екені белгілі. Газ молекулаларының концентрациясын  $n = \frac{N}{V}$  ескеріп,  $P = \frac{N}{V} kT$  аламыз.

Осыдан  $PV = NkT$  шығады. Газ молекулаларының санын газдың зат мөлшері арқылы табамыз:  $N = \nu N_A = \frac{m}{M} N_A$ . Осыны ескерсек  $PV = \frac{m}{M} N_A kT$ . Екі тұрақты санның – Авогадро санының және Больцман тұрақтысының көбейтіндісіне тең шаманың өзі де тұрақты шама. Оны универсал газ тұрақтысы деп атайды:

$$R = kN_A \quad (4)$$

$$R = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К} \cdot 6.02 \cdot 10^{23} \text{ 1/моль} = 8,31 \text{ Дж/К} \cdot \text{моль}$$

Универсал газ тұрақтысы дегеніміз-заттың 1 мольінің температурасын 1К арттыру үшін оған қанша жылу мөлшерін беру қажет екенін көрсететін физикалық шама. (4)

$$PV = \frac{m}{M} RT \quad (5)$$

(5) идеал газ күйінің теңдеуі деп аталады. Бұл теңдеуді орыс ғалымы Д.И. Менделеев пен француз ғалымы Б.П. Клайперон алғандықтан Менделеев-Клайперон теңдеуі деп аталады.

#### Бақылау сұрақтары

1. Идеал газ түсінігі не үшін арналған?
2. Газ қысымы қандай теңдеумен анықталады?
3. Больцман тұрақтысының физикалық мағынасы қандай?

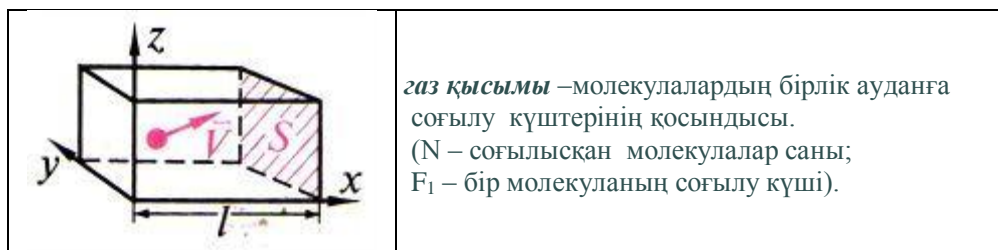


**Сабақ №4**

**Тақырыбы: 1.1.3. МКТ-ның негізгі теңдеуі.**

**Сабақ жоспары:**

1. Газ қысымы
2. МКТ негізгі теңдеуі
3. Меншікті балқу жылуы



**газ қысымы** – молекулалардың бірлік ауданға соғылу күштерінің қосындысы.  
 (N – соғылысқан молекулалар саны;  
 F<sub>1</sub> – бір молекуланың соғылу күші).

$$P = \frac{1}{3} n m_0 \bar{v}^2$$

$$\left\{ \begin{aligned} P &= \frac{N \cdot F_1}{S} \\ N &= \frac{1}{2} n \bar{v}_x \Delta t S \\ F_1 &= \frac{2 m_0 \bar{v}_x}{\Delta t} \end{aligned} \right.$$

(N = nV = n l S; l = v<sub>x</sub> · Δt; молекулалар үшін оң, теріс екі бағыт бірдей болғандықтан 2-ге бөлінеді)

(молекулалардың ыдыс қабырғасымен соқтығысуы абсолют серпімді деп есептеледі)

(Ньютонның II заңы)

$$P = \frac{1}{3} \rho \bar{v}^2$$

$$P = \frac{2}{3} n \bar{E}_k$$

ρ – газдың тығыздығы

$\bar{E}_k$  – молекулалардың орташа кинетикалық энергиясы

(макроскопиялық және микроскопиялық шамалар арасындағы байланыс)

Идеал газ ішкі энергиясы: Идеал газ ішкі энергия. Идеал газ ішіндегі оның молекуласының ретсіз қозғалысының кинетикалық энергиясының қосындысы тең (Σ) (жиынтығына).

$$U = \sum E_i$$

$$E_k = \frac{3}{2} kT$$

$$U_{\text{моль}} = \frac{3}{2} \frac{NAk}{R} T \qquad NAk = R$$

$$U_{\text{моль}} = \frac{3}{2} RT \text{ - идеал газ ішкі энергиясы – 1 атом идеал газ үшін.}$$

Тұрақты температурада 1 кг сұйықты бұға айналдыруға кететін жылу мөлшерін мен буланы жылуы деп аталады.  $g$  әрпімен белгіленеді.  $\left[ \frac{Дж}{кг} \right]$

$$Q = gm$$

Массасы  $m$  кристал денені балқыту үшін  $Q_{бал} = \lambda m$   
 $\lambda$  – меншікті балқу жылуы

### Бақылау сұрақтары

1. МКТ негізгі теңдеуі қандай?
2. Меншікті балқу жылуы деген не?
- 3.

### Сабак №5

#### Тақырыбы: 1.1.4. Газ заңдары

#### Сабак жоспары:

1. Изопроцестер
2. Изотермалық процес
3. Изохоралық процес
4. Изобаралық процес

**Изопроцестер** Газдың берілген массасы үшін қандай да бір термопараметрдің тұрақты болып қалуын изопроцестер деп атайды. Тұрақты температура кезінде өтетін процесс **изотермалық**, (грек, *isos* — бірдей және *therme* — жылу), ал тұрақты қысым кезінде өтетін процесс — **изобаралық** (грек, *isos* — бірдей, *baros* — ауырлық салмақ) деп аталады. Егер көлем тұрақты болса, онда процесс **изохоралық** деп аталады (грек, *isos* — бірдей және *chosos* — көлем). Барлық газ заңдары Менделеев — Клапейрон теңдеуінен жеңіл алынады.

**Изотермалық процес.** Изопроцестердің ішінен бірінші болып осы изотермалық процес зерттелді. Ағылшын физигі Р. Бойль 1662 ж. және оған теуелсіз француз физигі Э. Мариотт тежірибе жүзінде тұрақты температура кезінде газдың берілген массасы үшін оның қысымының газ алып тұрған көлемге көбейтіндісі тұрақты шамаға тең болатынын тағайындады, яғни  $pV = const$ . Бұл заң *Бойль — Мариотт* заңы деп аталады. Теориялық жолмен Бойль—Мариотт заңын Менделеев—Клапейрон теңдеуін газдың екі күйі үшін жазып,

жеңіл алуға болады. Берілген газдың бірінші күйі  $P_1 V_1 = \frac{m}{M} RT$ , екіншікүйі  $P_2 V_2 = \frac{m}{M} RT$ .

Бұл теңдеулердің оң жақтары тең, демек, олардың сол жақтары да тең, яғни

#### **Изохоралық процес.**

Тұрақты массада және тұрақты көлемде өтетін газдардағы процес изохоралық деп аталады.

$$v = const, \quad \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}, \quad \frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

Изохоралық процес. Шарль заңына бағынады. Сондықтан ол Шарль заңы деп аталады.

#### **Изобаралық процес.**

Тұрақты массада және тұрақты қысымда газдарда өтетін процес изобаралық деп аталады. Бұл процес 1802 жылы француз ғалымы Гей-Люссак зерттеген.

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}; \quad \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2};$$

### Бақылау сұрақтары

1. Гей-Люссак заңы қандай процес?
2. Шарль заңы қандай процес?
3. Бойль-Мариотт заңы қандай процес?

## Сабак №6

### Тақырыбы: 1.1.5. МКТ негіздеріне эксперименталды есеп шығару.

**1 есеп.** Массасы 5,4 кг тең алюминий құймада заттың қандай мөлшері бар?

**2 есеп.** 500 моль көмірқышқыл газының массасы неге тең?

**3 есеп.** 1г көмірқышқыл газында қаншамолекула болады?

**4 есеп.** Ілгерлемелі қозғалыстағы газ молекулаларының орташа кинетикалық энергиясы қандай температурада  $6,21 \cdot 10^{-21}$  Дж болады?

**5 есеп.** Қысымы 100кПа, ал молекулаларының концентрациясы  $10^{25} \text{ м}^{-3}$  болған кездегі газдың температурасын табыңдар.

**6 есеп.** Қысымы 200кПа, ал температурасы 240 К болғанда көлемі 40л тең газдағы зат мөлшері қанша?

**7 есеп.** Температурасы 27С болған кездегі сутегі молекулаларының орташа квадраттық жылдамдығын табыңдар.

**8 есеп.** Температурасы 301К сыйымдылығы 20л баллонда массасы 20г аргон және 2г гелий ден тұрады. Осы қоспаның ыдыс қабырғасына түсіретін қысымын табыңдар.

**9 есеп.** 27С температурадағы көлемі 6л газдың 77С температурадағы көлемі қандай болады?

**10 есеп.** Газды қысқанда оның көлемі 8 ден 5 л дейін азайды, ал қысымы 60кПа көтерілді. Бастапқы қысымды анықтаңдар.

**11 есеп.** Температурасы 12С сыйымдылығы 20л баллондағы сығылған ауаның массасы 2 кг болса оның қысымы қандай?

**12 есеп.** Бір атомды газдың температурасы 290К, ал қысымы 0,8кПа болған кездегі молекулалардың орташа кинетикалық энергиясын және молекулалардың концентрациясын анықтаңдар.

## Сабак № 7

### Тақырыбы: 1.2.1 Термодинамиканың I заңы. Жылу және жұмыс.

#### Сабак жоспары

1. ТД I заңы
2. ТД жылуы
3. ТД жұмысы
4. Меншікті жылу мөлшері

Бұл жылу құбылыстарына таралған энергияның сақталу заңы.

Табиғи энергия тоқтан пайда болмайды, және жоғалмайды, энергияның мөлшері өзгермейді. Ол тек бір түрден екінші түрге өтеді. Бұл заңды ең алғаш неміс ғалымы Р.Майер және ағылшын ғалымы Джоуль Л. Ашты.

Жүйенің бір күйден екінші күйге өткендігі оның ішкі энергиясының өзгеруі сыртқы күштердің жұмысы мен жүйеге берілген жылу мөлшерінің қосындысына тең:

$$\Delta U = A + Q \quad (1)$$

$\Delta U$  – ішкі энергия өзгерісі, Дж

A – жұмыс, Дж

Q – жылу мөлшері, Дж

Мәңгі двигатель мүмкін емес. Егер жылу берілмесе  $\Delta U = A$  теңдігі сөйтіп ол теріс жұмыс жасайды. Двигатель тоқтайды.

Денелердің молекулалық құрлымы ескерілмейтін жылулық процестер теориясын термодинамика деп аталады.

Бір атомды идеал газдың ішкі энергиясы. Бір атомды деп молекулалық емес жеке атомдардан тұратын газды айтылады. Олар аргон, неон, гелий. 1 атомды идеал газ ішкі энергиясын анықтайық. Идеал газ молекуласы бір-бірімен әсерлеспегендіктен олардың потенциалдық энергиясы 0-ге тең болады. Идеал газдың бүкіл ішкі энергиясы оның молекулалық қозғалысының орташа кинетикалық энергиясы болып табылады.

$$E = \frac{3}{2}kT \quad (2)$$

$$N = \frac{m}{M} N_A \quad (3)$$

$$kN_A = R \quad (4)$$

$$U = \frac{3}{2} \frac{m}{M} RT \quad (5)$$

Термодинамикалық жұмыс.

$$A' = F' \Delta h = ps(h_2 - h_1) = p(sh_2 - sh_1) \quad (6)$$

$$V_1 = sh_1, \quad V_2 = sh_2 \quad (7)$$

$$A' = p(V_2 - V_1) = p\Delta V \quad (8)$$

$\Delta V = V_2 - V_1$  Егер  $V_2 < V_1$ , онда  $A < 0$

$$A = -A' = -p\Delta V$$

Жылу мөлшері:

Жұмыс атқармай энергияның бір денеден екінші денеге берілу процесін жылу алмасу және жылу берілу деп аталады. Жылу алмасу кезіндегі ішкі энергия өзгеруінің сандық мөлшерін жылу мөлшері деп аталады. Жылу алмасуда энергия түрленбейді тек дененің ішкі энергиясының біразы суық денеге беріледі. Массасы  $m$  денені  $t_1$ , температурадан  $t_2$  температураға дейін қыздыру үшін мынандай жылу мөлшері керек.

$$Q = cm(t_2 - t_1) = cm\Delta t \quad (9)$$

$c$  – меншікті жылу сыйымдылығы, Дж/кг\*<sup>0</sup>С.

### Бақылау сұрақтары

1. Газдың ішкі энергиясын қалай өзгертуге болады?
2. Жылу мөлшері деп нені айтамыз?
3. Термодинамиканың бірінші заңы нені білдіреді?

## Сабак № 8

### Тақырыбы: 1.2.2 Термодинамиканың II заңы. Жылу двигательдері

#### Сабак жоспары

1. Қайтымды не қайтымсыз процес
2. ТД 2 заңы
3. Жылу қозғалтқыштары
4. ПӘК

Барлық термодинамикалық процестер жылулық процестер үшін энергияның айналу және сақталу заңы болып табылатын термодинамиканың бірінші заңына бағынады. Бірақ бұл заң процестердің өту бағытын анықтамайды. Ол термодинамикалық жүйе жасайтын жұмыс пен жылу мөлшері және жүйенің ішкі энергиясы арасындағы сандық қатынасты анықтайды. Термодинамиканың екінші заңына сәйкес энергия мөлшері өзгеріссіз қалатын кез келген процесс болуы мүмкін. Мысалы, температурасы сәйкесінше  $T_1$  және болатын екі денені жанастырсақ, денелер арасында жылулық тепетендік орнайды, яғни энергияның бір бөлігі температурасы жоғары денеден температурасы төмен денеге өтеді. Егер жүйенің толық энергиясы сақталса, онда температурасы төмен денеден температурасы жоғары денеге жылудың берілуін термодинамиканың бірінші заңы өзгеріске шығармайды. Күнделікті өмірде жылудың өздігінен ыстық денеден салқын денеге ғана

берілетіні, яғни тек бір бағытта өтетіні белгілі. Дәл осылай иіс судың иісі бөлмеге таралып кеткен соң қайтадан қасына жиналмайды.

Жоғарыда құлаған тастың потенциалдық энергиясы кинетикалық энергияға айналады да, жерге құлаған соң ол энергия тастың және қоршаған денелердің ішкі энергиясына айналады. Тасты қоршаран өз энергиясын тасқа беріп, нәтижесінде тастың жоғары көтерілуінің мүмкіндігін термодинамиканың бірінші заңы шектемейді. Бірақ мұндай жағдайды біз байқаған емеспіз. Демек, біз процестердің ұтымсыз екеніне көз жеткіздік.

*Табиғаттағы барлық процестер қайтымсыз. Табиғи процестердің ұтымсыздығын, яғни олардың өту бағытын көрсететін заң термодинамиканың екінші заңы болып табылады. Бұл заң тәжірибелік деректер негізінде жасалған жалпылама заң.* Термодинамиканың екінші заңының бірнеше тұжырымдамасы бар.

Клаузиус тұжырымдамасы: *жылу өздігінен ыстық денеден суық денеге беріледі.*

Кельвин тұжырымдамасы: *салқын жүйеден жылу алып, оны алысқа айналдыратын машина жасау мүмкін емес.* Кельвиннің айтуы бойынша, жекелеген жүйені сол жүйенің температурасынан төмен температурада суыту арқылы үздіксіз жұмыс істеу мүмкін емес.

Карноның қорытындысын жалпылай келіп, Кельвин мынадай тұжырымдама жасады: *бір ғана жылу көзінен алынған жылу мөлшерінің жылу периодты жұмыс істейтін жылу машинасын жасау мүмкін, яғни екінші ретті мәңгі қозғалтқыш болуы мүмкін емес. Екінші ретті мәңгі қозғалтқыш дегенміз — бір ғана резервуардан барлық жылуды толығымен жұмысқа айналдыратын машина.* Оны жасау мүмкін емес.

Жылу қозғалтқыштарының ПӘК-ін төмендегі формулалармен анықтайтынын білеміз:

а)  $\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$  нақты жылу машиналары үшін;

ә)  $\eta_0 = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$  идеал жылу машиналары үшін  $\eta \leq \eta_0$  екені белгілі. Кері процестер кезінде ғана ПӘК бірдей

болады. Кері процестер табиғатта кездеспейді.

Осыны ескерсек,  $\frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} < \frac{T_1 - T_2}{T_1}$  немесе  $\frac{Q_2}{Q_1} < \frac{T_2}{T_1}$

Бұл термодинамиканың екінші заңының математикалық өрнегі.

Енді реалды жылу машинасының ПӘК-нің формуласы қайтымды процестер үшін мына түрге келеді:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} < \frac{T_1 - T_2}{T_1} \text{ немесе } \frac{Q_2}{Q_1} < \frac{T_2}{T_1} \quad (1)$$

Қайтымды процестер табиғатта кездеспейді.

Жұмыс жасалмайтын термодинамикалық процесті қарастырайық. Осы жағдайда  $A_n = 0$  және  $\eta = 0$  немесе  $0 < \frac{T_1 - T_2}{T_1}$ . Бұл  $T_1 - T_2 \gg 0$ , яғни  $T_1 > T_2$  жағдайында мүмкін болады. Осылайша біз Клаузиус тұжырымдамасын

алдық: жылу берілу ыстық денеден салқын дене бағытында жүреді. Қорытынды:

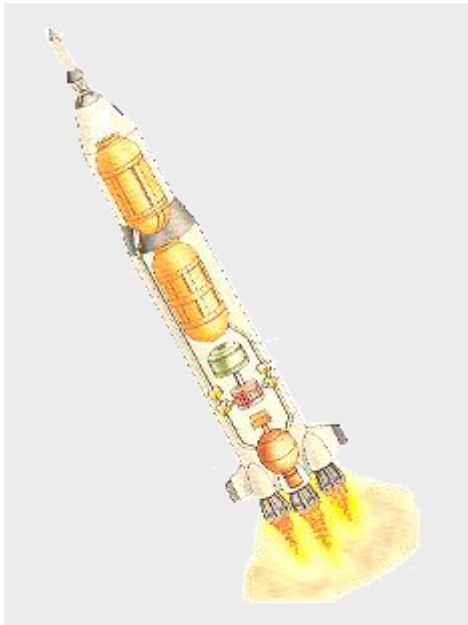
Термодинамиканың бірінші заңына сәйкес, сырттан энергия алмай жұмыс істейтін қозғалтқыш жасау мүмкін емес.

Термодинамиканың екінші заңына (1) сәйкес, денеге берілген жылу мөлшерін толығымен жұмысқа айналдыру мүмкін емес.

Термодинамиканың бірінші заңының абсолют екенін, яғни барлық жерде қолдануға болатынын, ал термодинамиканың екінші заңы абсолют емес және статистикалық сипатқа ие болатынын айта кету керек.

Іс-әрекеті жұмыс атқарушы дененің механикалық энергиясын ішкі энергияға түрлендіруге негізделген двигательдер *жылу двигателдері* деп аталады (1,2,3- суреттер).

Кез-келген дененің (қыздырғыштың) ішкі энергиясын, қыздырғыштың жылуын басқа температурасы төменірек денеге (тоңазтқышқа) бергенде ғана, яғни тек жылу алмасу процесі кезінде ғана, ішінара механикалық энергияға айналдыруға болады.



1-сурет

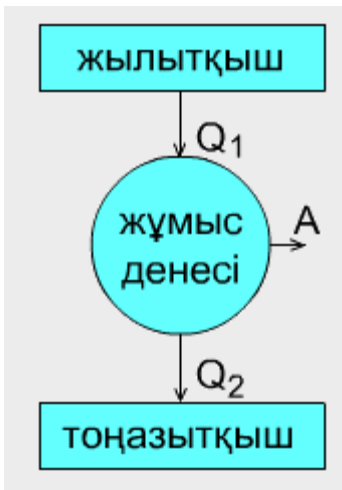
Ең алғаш рет бұл мәселені, идеалды жылу машинасын ойлап тапқан француз ғалымы С.Карно зерттеді. Ондай машинаны құрастыру үшін жоғарғы температурадағы қыздырғыш, мейлінше төмен температурадағы тоңазтқыш және жұмыс атқарушы дене болуы керек (2 - сурет). Барлық жылу машиналарындағы жұмыс атқаратын дене, өзі ұлғайған кезде жұмыс жасайтын, газ болып табылады. Тоңазтқыш ретінде атмосфера, не болмаса конденсатор деп аталатын салқындатуға арналған арнайы қондырғылар алынады.

**Карно циклі.** Жұмыс атқарушы дене қыздырғыштан  $Q_K$  жылу мөлшерін алады да, тоңазытқышқа  $Q_T$  жылу мөлшерін береді, ал  $(Q_K - Q_T)$  айырымын  $A$  жұмысқа айналдырады. Жұмыс атқарушы дене ұлғайған кезде өзінің барлық ішкі энергиясын жұмыс жасауға беріп жібере алмайды. Жылудың едәуір бөлігі міндетті түрде жұмысын атқарған газбен бірге тоңазытқышқа беріледі. Ішкі энергияның бұл бөлігі қайтарылмай, біржола жоғалады.

Карно машинасындағы жұмыс атқарушы дене, өз күйінің өзгеру циклін периодты түрде қайталап тұратын, идеалды газ болып табылады. Бұл цикл **Карно циклі** деген атақ алды, осыған ұқсас

процесстер *айналмалы* немесе *циклдық* процесстер деп аталады.

Карно машинасында үйкеліске және қоршаған ортамен жылу алмасуға кеткен энергиялардың шығындары ескерілмейді, сондықтан бұл машинаны *Карноның идеалды жылу машинасы* деп атайды (3 - сурет).



2 - сурет

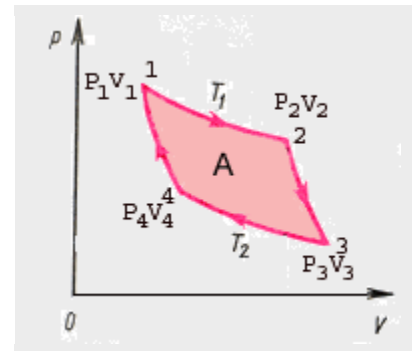
**Айналмалы процесс** немесе **цикл** деп бірнеше күйлер қатарынан өтіп өзінің бастапқы күйіне қайтып келетін жүйе процесін айтады.

Егер айналмалы процесс сағат тілі бойынша жүретін болса (4-сурет), онда жұмыс оң болады және цикл- тура цикл деп аталады.

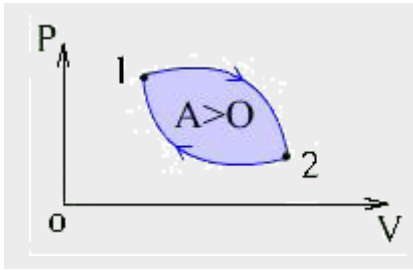
Егер айналмалы процесс сағат тіліне қарсы жүретін болса (5-сурет), онда жұмыс теріс болады, ал цикл- кері цикл деп аталады.

Жылу двигателінің **пайдалы әсер коэффициенті (ПӘК)**-  $\eta$  деп тура циклдық процесс кезіндегі жұмыс атқарушы дененің жасаған жұмысы  $A$ -тың қыздырғыштан алынған жылу мөлшеріне қатынасын айтады:

$$\eta = \frac{A'}{Q_n} = \frac{Q_n - Q_x}{Q_n} = 1 - \frac{Q_x}{Q_n} \quad (2)$$



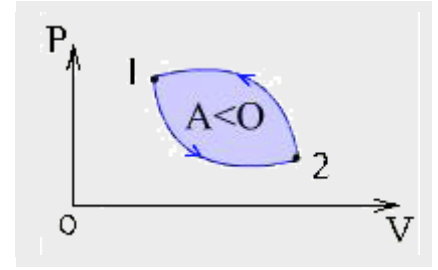
3 - сурет



4-сурет

Барлық двигательдердегі жылудың кейбір мөлшері тоңазтқышқа берілетін болғандықтан,  $\eta < 1$ .

Жылу двигателінің ПӘК-і қыздырғыштың  $T_1$  және тоңазтқыштың  $T_2$  температураларының айырымына тура пропорционал.



5-сурет

Карноның идеалды жылу машинасының ПӘК –і мынадай мәнге ие:

$$\eta_{\max} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \quad (3)$$

Карно дәлелдеп бергеніндей, осы формуланың мәні мынада: *кез келген нақты жылу машинасының ПӘК-і, идеалды жылу машинасының ПӘК – інен артық болмайды.*

### Бақылау сұрақтары

1. Термодинамиканың бірінші заңы?
2. Термодинамиканың екінші заңы?
3. Жылу двигателі деген не?

### Сабак № 9

#### Тақырыбы: 1.3.1 Булардың қасиеті. Қайнау.

#### Сабак жоспары

1. Булану
2. Конденсация
3. Қаныққан не қанықпаған бу
4. Қайнау
5. Кризистік температура
6. Атмосферадағы су буы
7. Салыстырмалы ылғалдық
8. Психрометр мен гигрометр

Идеал газды сұйыққа айналдыруға болмайды. Ал реал (нақты) газ сұйыққа айналады.

**Булану және конденсация.** Мұқият жабылған әтір құйылған шиша көп тұрғанмен оның ішіндегі әтірдің мөлшері өзгермеуі мүмкін. Егер шишаның ауызын ашық қалдырып, араға біраз уақыт салып, қарасақ оның ішінде ештеңе қалмағанын байқаймыз. Хош иісті заттар ерітілген сұйық әтір буға айналды. Асфальт бетіндегі су анағұрлым тез буланады. Ауаның температурасы жоғары болса және жел соғып тұрса тез (кебу) буланады. Бұл құбылысты былай түсіндіруге болады: Сұйық молекулалары ретсіз қозғалады. Сұйықтың температурасы неғұрлым жоғары болса, молекулалардың кинетикалық энергиясы соғұрлым артады. Ал кинетикалық энергияның орта мәні берілген температурада белгілі шамаға ие. Берілген уақыт мезетінде әр молекуланың кинетикалық энергиясы орта мәннен аз да, көп те болуы мүмкін. Бір мезетте кейбір молекулалардың кинетикалық энергиясының үлкен болатыны сонша, олар басқа молекулалардың тартылыс күшін жеңіп сұйықтан ұшып шығу мүмкіндігіне ие болады. Булану процесі дегеніміз осы.

Ұшып шыққан молекула газдың ретсіз жылулық қозғалысына қатынасады. Ретсіз қозғала отырып, бұл молекула ашық ыдыстағы сұйық бетінен алыстан біржола кетіп қалуы немесе сұйыққа қайтып оралуы да мүмкін. Мұндай процесс конденсация деп аталады.

Булану кезінде неғұрлым жылдам қозғалатын молекулалар сұйықтан ұшып шығады. Сондықтан сұйық молекулаларының орташа кинетикалық энергиясы азаяды. Ал бұл сұйық температурасының төмендегенін көрсетеді. Тез буланатын сұйықтардың бірін (бензинді немесе ацетонды) қолыңа жағып, бірден олардың қолға жағылған жерінің өте салқындағанын сезінесің. Егер ол жерді үрлейтін болсақ, салқындау күшейе түседі.

Жылулық қозғалыс әсерінен пайда болатын кинетикалық энергияның артықтығынан қашанда молекуланың жеке бөлшектерінің сұйық бетінен бөлініп шыға алады. Заттың сұйық күйден газ күйіне өту процесін **буға айналу** деп атайды. Неғұрлым сұйықтың температурасы жоғары болса, соғұрлым сұйық тезірек буға айналады.

Буға айналуның екі түрі бар: **булану және қайнау**. Кез келген температурада және тек сұйық бетінен шығып бу күйіне айналуы – **булану** деп атайды. **Бу** – буланудың әсерінен пайда болатын газ. Булану барысында сұйық салқындайды.

Буланған молекулалардың белгілі бір бөлігі хаустық (ретсіз) қозғалыс жасай отырып қайтадан сұйық бетіне түсуі және оның молекулаларына айналуы керек. Соныменен, булану процессімен қатар бірегейде **конденсация** деп аталатын кері процесс те жүреді.

**Конденсация** – бұл заттың салқындау немесе сығылуының салдарынан газ тектес күйден сұйық күйге айналу процесі. Сұйық бетіндегі будың қысымы неғұрлым жоғары болса, сол температурада конденсацияға ұшырайтын молекулалар саны да соғұрлым көп болады.

Беті ашық ыдыстағы сұйықтың булану процесі конденсация процесінен басым болып келеді. Ал беті жабық ыдыста сұйық пен будың арасында, булану процесі мен конденсация процесстері бірін-бірі толықтыратындай, **динамикалық тепе-теңдік** орнайды. Өз сұйығымен динамикалық тепе-теңдікте болатын буды **қаныққан бу** деп атайды.

Температура тұрақты болған жағдайда қаныққан будың қысымы оның алатын көлеміне байланысты болмайды.

Егер сұйықтың булануы конденсациядан басым болса немесе сұйық толық буланып кетсе, онда оның үстіндегі буды **қанықпаған** бу деп атайды. Буларға, тек *бу қанықпай тұрған жағдайда ғана*, идеалды газдар үшін орныққан заңдарды қолдануға болады.

**Қаныққан бу.** Егер сұйық құйылған ыдысты тығыз жабатын болсақ, онда сұйықтың азаюы тез арада тоқталады. Температура өзгермеген жағдайда сұйық — бу жүйесі жылулық тепе-теңдік күйге келеді және бұл күйде ұзақ уақыт бола алады. Булану процесімен қатар конденсация процесі болып отырады және бұл екі процесс орта есеппен бір-бірін тексереді.

Ыдысқа сұйық құйып, бетін жапқаннан кейін, алғашқы кезде, сұйық буланады да, будың тығыздығы арта бастайлы. Бірақ мұнымен бірге сұйыққа қайта оралатын молекулалардың саны да өсіп отыратын болады. Бу тығыздығы неғұрлым артқан сайын, сұйыққа қайтып оралатын бу молекулаларының саны арта түседі. Температура тұрақты болған жағдайда осының нәтижесінде жабық ыдыстағы сұйық пен бу арасында біртіндеп *динамикалық (қозғалмалы) тепе-теңдік қалыптасады*. Сұйық бетінен шығып кететін молекулалар саны орта есеппен сол уақыт ішінде сұйыққа қайтып оралатын бу молекулаларының санына тең болады. Су үшін бөлме температурасында бұл сан 1 секундта 1 см<sup>2</sup> бет аудан үшін 1022 молекулаға тең.

Өз сұйығымен динамикалық тепе-теңдікте болатын бу қаныққан бу делінеді. Бұлай аталудың өзі бір температурада берілген көлемде бу мөлшерінің бір шамадан артып кетуінің мүмкін еместігін аңғартады.

Егер сұйық құйылған ыдыстағы ауа алдын ала сорылып шығарылған болса, онда сұйық бетінде қаныққан бу ғана қалады.

**Қаныққан бу қысымы.** Егер қаныққан будың алып тұрған көлемін кемітсек, онда қаныққан бу нендей өзгеріске ұшырап еді? Мысалы температурасын өзгертпей, тұрақты ұстап, цилиндрдегі поршеньнің астындағы сұйықпен тепе-теңдікте тұрған буды сығатын болсақ ше? Бу сығылғанда тепе-теңдік бұзыла бастайды. Будың тығыздығы алғашқы мезетте аздап артады да, сұйықтан газға өтетін молекулалар санына қарағанда газдан сұйыққа өтетін молекулалар саны арта бастайды.



Алайда уақыт бірлігі ішінде сұйықтан бөлініп шығатын молекулалар саны тек температураға тәуелді, ал будың сығылуы ол санды өзгерте алмайды. Бұл процесс, тепе-теңдік пен тығыздық қайтадан қалыптасқанша, яғни молекулалардың шоғыры алғашқы мәніне жеткенше жүре береді. Олай болса, тұрақты температурада қаныққан бу молекулаларының шоғыры көлемге тәуелсіз болады. Қысым молекулалар шоғырына пропорционал болғандықтан ( $p = nkT$ ), қаныққан бу қысымы будың өзі алып тұрған көлеміне тәуелсіз екендігі шығады.

Сұйық өзінің буымен тепе-теңдікте болған жағдайда, көлемге тәуелсіз бу қысымы —  $p_0$  қаныққан бу қысымы делінеді. (1)

Қаныққан буды сыққан сайын, оның көбірек бөлігі сұйық күйге көшеді. Сұйықтың берілген массасы дәл сондай бу масса-ына қарағанда аз көлем алады. Қаныққан бу қысымының температураға тәуелділігі:

$$P_0 = nkT \quad (1)$$

Температура жоғарылаған сайын, қысым да артады. Қаныққан бу қысымы көлемге тәуелсіз болғандықтан, қысым тек температураға ғана тәуелді болады.

**Қайнау.** Сұйық температурасының артуымен бірге булану күшейе түседі. Ақырында сұйық қайнай бастайды. Қайнау кезінде сұйықтың барлық көлемі бойынша тез ұлғаятын бу көпіршіктері пайда болады да, олар сұйық бетіне қалқып шығады. Сұйықтың қайнау температурасы тұрақты болып қалады. Мұның бұлай болуы — сұйыққа берілген энергияның барлығы оны буға айналдыруына жұмсалыуында. Сұйық ішінде еріген газдар қашан да бар. Олар ыдыс түбі мен қабырғаларына және сұйықта жүзіп жүрген шаң-тозаңдардан бөлініп шығады. Көпіршіктер ішіндегі сұйық булары да қаныққан бу болып есептеледі. Температураның өсуімен бірге қаныққан бу қысымы да артады, көпіршіктер ұлғаяды. Кері итеру күші әсерінен олар жоғары көтеріледі. Егер сұйықтың жоғары қабаттарының температурасы едәуір төмен болса, онда бұл қабаттардағы көпіршіктер ішінде будың конденсациясы байқалады. Қысым күрт төмендейді де, көпіршіктер жарылады. Жарылудың тез өтетіні сонша, көпіршік қабырғалары соқтығысып өз шама шарқынша кішкентай қопарылыс болғандай күй кешеді. Осындай көптеген микро-қопарылыстар өзіне тән шу туғызады. Сұйық едәуір қызғанда, көпіршіктердің жазылуы тоқталады да, олар сұйық бетіне қалқып шығады. Сұйық қайнайды. Плита үстіндегі шайнекке зер салып бақылаңдар. Шайнектің қайнау алдында ызылдауын тоқтатқанын байқайсындар. Сыртқы қысым неғұрлым жоғары болса, қайнау температурасы соғұрлым жоғары болады.

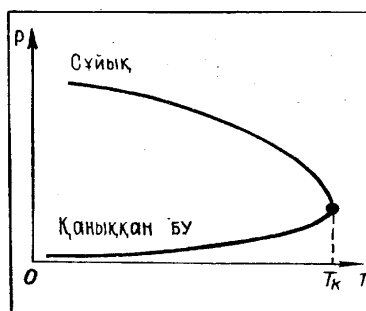
**Кризистік температура.** Температураны арттырғанда қаныққан бу қысымы артуымен қатар оның тығыздығы да артады. Өз буымен тепе-теңдікте болған сұйық тығыздығы, қыздыру кезінде сұйықтың ұлғаюы салдарынан, керісінше, азаяды. Егер бір суретте сұйықтың тығыздығын және оның буының тығыздығының температураға тәуелділік қисықтарын сызатын болсақ, онда сұйық үшін қисық төмен қарай, ал бу үшін — жоғары қарай кетеді.

Кризистік деп аталатын белгілі бір температурада екі қисық түйісіп қосылады, яғни сұйықтың тығыздығы будың тығыздығына теңеледі.

Сұйық пен оның қаныққан буы арасындағы физикалық қасиеттерінің айырмашылықтары жойылатын температура кризистік температура делінеді. Кризистік температура түсінігін Д. И. Менделеев енгізді.

Кризистік температурада қаныққан будың тығыздығы (қысымы да) максимал, ал бумен тепе-теңдікте болатын сұйықтың тығыздығы минимал шамада болады. Алдыңғы қосар беттегі кестеде кейбір заттардың кризистік температурасы келтірілген.

Кризистік температурадан жоғары температурада қандай қысымда болмасын газды сұйыққа айналдыру мүмкін емес. Кризистік температураның ерекше маңыздылығы осында. Кризистік температурадан төмен температурадағы газ қанықпаған бу күйінде болады.



1 сурет. Кризистік температура гарфигі.

### Бақылау сұрақтары

1. Булардың қасиеті. Қайнау деген не?
2. Агрегаттық күйлер. Әр агрегаттық күйдің қасиеті.
3. Ауадағы су буы деген не? Буды өлшейтін құралдар.

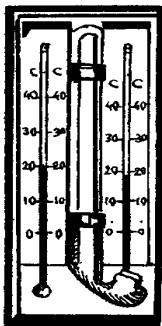
### Сабак № 10

#### Тақырыбы: 1.3.2 Ауадағы су буы. Буды өлшейтін құралдар

#### Сабак жоспары

1. Атмосферадағы су буы
2. Салыстырмалы ылғалдық
3. Психрометр мен гигрометр

#### Ауадағы су буы. Буды өлшейтін құралдар.



**Атмосферадағы су буы.** Мұхиттардың теңіздердің, көлдердің және өзендердің алып жатқан ауданы орасан зор болғанына қарамастан, ауадағы су буы қаныққан буға жатпайды. Ауа массаларының орын ауыстыруы берілген бір мезетте планетамыздың бір жерлерінде конденсацияға қарағанда буланудың басым болуына, ал басқа бір жерлерде, керісінше, конденсацияның басым болуына әкеліп соғады. Дегенмен, іс жүзінде, ауада әрқашан да су буының белгілі бір мөлшері болады. Ауадағы су буының мөлшері, яғни оның ылғалдылығы бірқатар шамалармен сипатталады.

Су буының парциал қысымы. Атмосфералық ауаның өзі түрлі газдардың және су буының қоспасы болып саналады. Ауаның өз ішіндегі денелерге түсіретін қосынды қысымына газдардың әрқайсысы өз үлесін қосады. Егер басқа газдардың барлығы

жоқ десек, онда су буының түсіретін қысымы су буының парциал қысымы делінеді. Су буының парциал қысымы ауа ылғалдығы көрсеткіштерінің біріне алынады. Оны қысым бірліктерімен — паскальмен — немесе миллиметрмен алынған сынап бағанасымен өрнектейді.

Салыстырмалы ылғалдық. Берілген бір жағдайларда су буының қанығу күйіне қаншалықты жақын екені туралы судың парциал қысымына байланысты әлде де қорытынды жасауға болмайды. Ал бұған судың булану қарқыны және тірі организмдердің ылғалдықты жоғалтуы да байланысты. Міне, осы себепті берілген температурада су буының қанығудан қаншалықты алыс екенін көрсететін **салыстырмалы ылғалдық** делінген шама енгізілді.

Берілген температурада ауа құрамындағы су буы  $p$  парциал қысымының, сол температурадағы қаныққан будың  $P$  қысымына, процентпен өрнектеліп алынған қатынасы, ауаның  $\phi$  салыстырмалы ылғалдылығы деп аталады:

**Психрометр.** Ауа ылғалдылығын арнайы приборлар арқылы өлшейміз. Солардың бірі — **психрометр** туралы айтпақшымыз.

Психрометр екі термометрден тұрады. Олардың біреуінің резервуары құрғақ күйінде болады да ауаның температурасын көрсетеді. Екіншісінің резервуары бір ұшы суға батырылған шүберекпен оралады. Су буланады, осының нәтижесінде термометр салқындайды. Салыстырмалы ылғалдық көп

болса, булану азая түседі, дымқыл шүберекке оралған термометр соғұрлым жоғары температураны көрсетеді.

Салыстырмалы ылғалдық 100%-ке тең болғанда, су тіпті буланбайды және екі термометрдің де көрсетуі бірдей болады. Екі термометрдің температуралар айырмасы бойынша арнаулы кестелер көмегімен ауаның ылғалдылығын анықтауға болады.

Ауаның **салыстырмалы ылғалдылығы**  $\varphi$  деп ауадағы су буының қысымы  $p$ -ның атмосфералық температурадағы судың қаныққан буының қысымы  $p_k$  – ға қатынасына тең шаманы айтады.

$$\varphi = (p/p_k) \cdot 100 \% \quad (2.1)$$

$p_k$  шамасының мәндері белгілі сәйкес кестелерден анықталады. Ауаның **температурасы төмендеген сайын** оның **салыстырмалы ылғалдылығы артады**, себебі неғұрлым ауаның температурасы төмен болса, соғұрлым су буы қанығуға жақындай түседі. Салыстырмалы ылғалдықты өлшеу үшін арнайы **психрометр** деп аталатын прибор қолданылады. Салқындату барысында (процесінде) бұрын **қанықпаған бу қаныққан буга айналатын** температура **шық нүктесі** деп аталады. Шық нүктесіне тең температурада атмосферадағы су буы **конденсациялана** бастайды. Тұман пайда болып, шық түседі, қатты дене беттері терлей бастайды.

### Бақылау сұрақтары

1. Ауадағы су буы деген не? Бұды өлшейтін құралдар.

#### Сабақ № 11

**Тақырыбы: 1.3.3 Сұйық заттардың қасиеттері. Үстіңгі қабат.**

#### Сабақ жоспары

1. Сұйық заттар
2. Кебу процесі
3. Бұды пайда болуы тәсілдері

«Сұйық - газ» деп бөлінетін шекаралық қабаты бар болғанда, ашық беттегі молекулалар, сұйықтың ішіндегі молекулалар тарапынан, өте күшті төменге қарай тартылыс күшіне ұшырайды және де газдың молекулалары тарапынан аз ғана жоғары тартылысқа ұшырайды. Сол себептен **шекаралық қабаттағы молекулалар сұйықтың ішкі жағына қарай тартылады**. Олардың ашық беттегі саны азаяды да, беттің ауданы да барынша кішірейеді. Осының әсерінен **қисайған беттік қабат**, жазық қабатқа қарағанда, сұйыққа **молекулалық қысым** деп аталатын қосымша қысым түсіреді.

Сұйықтың бетін изотермалық түрде үлкейту үшін, **артық молекулалық қысымға төтеп берердей белгілі бір жұмыс жасау керек**. Бұл жұмыс таңба жағынан теріс және жүйенің потенциалдық энергиясының өзгеруіне тең:

$$A = - (W_s - W_v) = \Delta W . \quad (2.3)$$

Мұндағы  $W_s$  және  $W_v$  дегеніміз сәйкес беттік қабаттың молекулаларының және де сұйық ішіндегі молекулалардың **потенциалдық энергиялары**.  $A < 0$ , болғандықтан,  $\Delta W > 0$  болады және  $W_s > W_v$ . Бұдан, **сұйық бетін түзейтін молекулалардың, сұйық көлемі ішіндегі басқа молекулаларға қарағанда потенциалдық энергиясының артық екендігі** шығады.



**2.4-сурет** Сұйықтың ашық бетіндегі молекулалардың артық потенциалдық энергиясы **беттік энергия** деп аталады. Егер денеге сыртқы күштер әсер етпейтін болса, онда беттік энергияның мәні өте аз болады және сонымен бірге сол беттің ауданы да өте кішкентай болады (2.4-сурет).

Бірлік ауданның беттік энергиясы  $\sigma$  - **меншікті беттік энергия** деп аталады:

$$\sigma = W/S ,$$

мұндағы  $W$  –  $S$  ауданға жинақталған беттік энергия. СИ өлшем бірлік жүйесінде меншікті беттік энергия  $\text{Дж}/\text{м}^2$  – пен өлшенеді.

Беттік қабаттың бөлшектері, сұйық бетіне жанама жазықтықта жатқан және сұйық бетінің ауданын мейлінше кішірейтуге бағытталған, (негізделген) күштің әсеріне ұшырайды. Бұл күштер – **беттік керілу күштері**  $F$  деп аталады.

Оларды сандық жағынан бағалау үшін **беттік керілу коэффициенті** деген ұғым енгізіледі. Бұл коэффициент сұйықтың бос бетінің ауданын бірлікке изотермалық түрде арттыру үшін жасалатын жұмыс ретінде анықталады.

Жоғарыдағы айтылғандарды ескерсек:  $\Delta W = -A = \sigma \Delta S$  . Бұдан

$$\sigma = - A/\Delta S \quad (A < 0) \text{ екендігі шығады. (2.4)}$$

Егер сұйықтың ашық беті **тұйық сызықпен шектелген** болса, онда бұл сызық - **жұғылу периметрі** деп аталады. Ондай беттер үшін  $\sigma = F / L$ , СИ өлшем бірлік жүйесінде  $\sigma$  шамасының өлшем бірлігі  $\text{Н}/\text{м}$ .

Беттік керілу коэффициенті меншікті беттік энергияның мағынасын береді:  $1 \text{ Н}/\text{м} = 1 \text{ Дж}/\text{м}^2$  . Беттік күшті серпімділік күшімен шатастыруға болмайды.

Кебу кезінде сұйықтан ең жылдам қозғалатын молекулалар ұшып шығатын болғандықтан, онда қалған молекулалардың орташа жылдамдығы кемиді, демек, сұйықта қалған молекулалардың орташа кинематикалық энергиясы кемиді. Бұл кебетін сұйықтың ішкі энергиясы кемиді деген сөз, сондықтан, егер сұйықтыққа сырттан энергия келіп тұрмаса, кебетін сұйық суиды.

Кебу кезінде сұйықтық суитынын тәжірибе жүзінде бақылауға болады. ол үшін термометрдің шарын мақтамен (шүберекпен) орап, оған эфир тамызу керек. Жылдам кебетін эфир ішкі энергияның біразын термометрдің шарынан алады, осының салдарынан оның температурасы төмендейді. Егер қолымыздағы эфирмен дымдасақ, қолымыздың салқындағанын сеземіз.

Ыстық күннің өзінде судан шыққанда салқынды сеземіз. Денемізде жұққан су кепкен кезде, ол денемізден біраз жышу алады.

Алайда стакандағы су кепкенде, оның температурасының төмендегенін біз байқай қоймаймыз. Мұны қалай түсінуге болады? Мәселе мынада: бұл жағдайда су жай кебеді және айналадағы ауадан суға беріліп тұратын жылудың есебінен судың температурасы тұрақты болып қалып отырады. Демек, сұйық температурасын өзгертпей кебуі үшін, оған сырттан энергия беріп отыру керек.

Кебу құбылысының жануарлар тіршілігі үшін үлкен мәні бар. Кебудің қиындауы жылудың сыртқа таралуын бұзып, дененің аса қызып кетуін туғызуы мүмкін.

Біз кебумен қатар қабат молекулалардың будан қайта сұйыққа өтуі де болып тұрады.

Будың сұйыққа айналу құбылысын конденсация деп атайды (латынның конданеаре - қойылту деген сөзінен шыққан). Бу конденсациялағанда энергия бөлініп шығады. Жазғы кеште ауа салқындағанда, шық түседі. Шық дегеніміз ауадағы су буынан ауа салқындағанда пайда болып, шөп бастарына, жапырақ беттеріне қонған уақ тамшылар.

Бұлттың түзілуін де будың конденсациялануымен түсіндіруге болады. жер бетінен жоғары көтерілген су буы ауаның жоғарғы, суығырақ қабаттары да судың ұсақ тамшыларынан құралатын

бұлтқа айналады.

Будың пайда болуының екінші тәсілін қайнау құбылысын қарастырайық.

Бұл құбылысты тәжірибе жүзінде байқайық. Бұл үшін суды беті ашық шыны ыдысқа құйып, температурасын өлшей отырып, қыздырамыз. Сонда сұйықтық бетінен кебуі күшейеді, кейде тіпті ыдыстың үстіңгі жағында пайда болған тұманды байқауға болады, бұл судың буы салқындағанда ауада кішкене тамшылар түрінде конденсацияланады (әрине, будың өзі көзге көрінбейді).

### Бақылау сұрақтары

1. Сұйық заттардың пен қатты заттардың ерекшеліктері?
2. Сұйық заттардың қатты заттарға ұқсастығы.
3. Сұйық заттардың газ тәріздес заттың ерекшелігі.

## Сабақ № 12

**Тақырыбы: 1.3.3 Сұйық заттар мен қатты заттардың өзара әсері. Деформация фазалық ауысу.**

### Сабақ жоспары:

1. Сұйық заттар мен қатты заттардың өзара әсері
  3. Деформация және оның түрлері
  4. Юнг модулі
  5. Гук заңы
  6. Беріктік шегі
  7. Фазалық ауысу

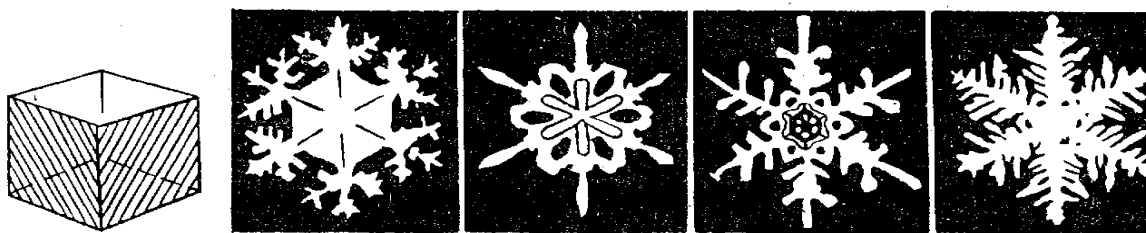
Сұйықтар өзінің молекулалық құрылысы мен қасиеттері жағынан газдарға қарағанда қатты денелерге көбірек ұқсайды. Олай болса, сұйықтардың қатты денелерге жақын мынандай ерекшеліктерін айтайық, кристалдарға ұсақ бөлшектер арғы реттілік түрінде орналасатын болса, сұйықтарда молекулалардың орналасуы бергі реттілік түрінде жүреді. Мысалы, кристалдардың балқуы кезінде арғы реттілікпен орналасқан болса, бөлшектердің реті бұзылып, кристалдық тор ыдырай бастағанмен, оның бергі реттілігі сақталады. Мысалы, поликристалды ұнтақ бөлшектерді рентген құрылымдық анализ әдісімен зерттегенде, оның рентгенграммасында сақина тәрізді бірнеше дөңгелек жолақ байқалады. Ал енді сұйықтардың дәл осындай балқытылып алынған кристалын анализден өткізгенде сол аймақта бірнеше дөңгелек онша айқындау емес жолақтардың бар екенін көрсетті. Осы жоғарғы айтылған мысалдар, сұйықтардың көптеген қасиеттері қатты денелерге ұқсас квазискристалды құрылысты сипаттайды.

Біз қатты дене — жер шарының бетінде, қатты денелерден салынған құрылыстарда үйлерде өмір сүріп жатырмыз. Біздің денеміздің құрамында шамамен 65% су болғанның өзінде (мыйда - 80%) ол қатты денеге жатады. Енбек құралдары, машиналар да қатты денелерден жасалған. Қатты денелердің қасиеттерін білу тіршілік үшін қажет.

Қатты денелер сұйықтар сияқты өзінің көлемін ғана сақтап қоймайды, сонымен бірге пішінін де сақтайды. Олар негізінен кристалл күйде болады екен. **Қристалдар - атомдары немесе молекулалары кеңістікте бөлек орын алып, реттеліп орналасқан қатты денелер.** Кристалдың сыртқы пішінінің дұрыс болып келуі де осыған байланысты. Мысалы, кәдімгі ас тұзы түйіршігінің бір-бірімен тік бұрыш жасап тұрған жазық жақтары бар. Мұны лупа арқылы ас тұзын қарап байқауға болады. Ал қар қылауының пішіні геометриялық жағынан қандай дұрыс десеңізші. Мұнда да кристалл қатты дененің — мұздың ішкі құрылысының геометриялық дұрыстығы бейнеленген 1-сурет.

Бірақ сыртқы пішіні дұрыс болып келуі кристалдың реттелген құрылысының жалғыз ғана, тіпті ең басты салдары бола алмайды. Бастысы — **физикалық қасиеттердің кристалда тандалып алынған бағытқа тәуелділігі.** Ең алдымен, кристалдың механикалық беріктігінің әр түрлі бағытта түрліше болатыны көзге түседі. Кесек слюданы бір бағытта жұқа пластиналарға оңай ажыратуға болады. 1-сурет. Бірақ оны пластиналарға перпендикуляр болатын бағытта жарып бөлу әлдеқайда қиын.

Сондай-ақ, графит кристалы қабаттарын да бір бағытта оңай ажыратуға болады. Қарындашпен жазған кезде, графит қабаттары осылай үздіксіз ажыратылады да, оның жұқа қабаттары қағаз бетінде қалып отырады. Көптеген кристалдар жылуды және электр тогын әр түрлі



1– сурет. Мұздың ішкі құрлысы.

бағыттарда түрліше өткізеді. Кристалдардың оптикалық қасиеттері де бағытқа тәуелді. Мысалы, кварц кристалы оған түсетін сәуленің бағытына қарай жарықты түрліше сындырады.

*Монокристалдар және поликристалдар.* Металдардың құрылымы кристалдық болып келеді. Сондықтан да, қазіргі кезде еңбек құралдарын, түрлі машиналар мен механизмдерді жасау үшін негізінен металдар пайдаланылады.

Егер едәуір бір металл кесегін алсақ, онда оның кристалдық құрылымы не сыртқы пішінінен, не оның физикалық қасиеттерінен бірден көзге түсіп, білінбейді. Әдеттегі күйде металдарда анизотропия байқалмайды.

**Саны көп майда кристалдардан тұратын қатты денені поликристалл дене деп атайды. Жекелеген кристалдарды монокристалдар деп атайды.**

Кристалл денелердің көпшілігі өзара бітiскен көптеген кристалдардан түзілгенден поликристалдарға жатады. Жеке кристалдар — монокристалдардың симметриялық пішіндері дұрыс және олардың әр бағыттағы қасиеттері де әр түрлі болады (анизотропты).

Қатты денелердің барлығын кристалл денелерге жатқызуға болмайды.

Аморф денелерде атомдардың дәлме-дәл ретті орналасуы жоқ. Тек жақын көрші атомдар — белгілі бір ретпен орналасады. Бірақ кристалдарға тән құрылымның қандай да бір элементінің барлық бағытта дәлме-дәл қайталануы аморф денелерде болмайды.

Аморф денелердің қасиеті. Барлық аморф денелер изотропты, олардың физикалық қасиеттері барлық бағытта бірдей. Аморф денелерге шыны, көптеген пластмассалар, смола, канифоль, қант мұздағы (мөлдір кәмпит) т. б. жатады.

Сырттан әсер еткенде аморф денелерде қатты денелердегі сияқты серпінділік қасиеті және сұйықтағы сияқты аққыштық қасиеті де бір мезгілде байқалады. Қатты орында жатқан бір кесек смоланы бақыландар. Смола бірте-бірте қатты дене бетіне жайылады. Смоланың температурасы неғұрлым жоғары болса, оның жайылуы да соғұрлым тез болады.

Аморф денелердің атомдарының не молекулаларының «отырықшылық өмірінің» сұйық молекулалары сияқты белгілі бір уақыты — тепе-теңдік калпының төңірегінде тербелу уақыты бар. Бірақ сұйықтарға қарағанда бұл уақыт оларда мейлінше көп. Мысалы, вар үшін  $t=20^{\circ}\text{C}$ -ге сәйкес «отырықшылық өмірінің» уақыты 0,1 с-ка тем.

Төменгі температураларда аморф денелер қасиеттері жағынан қатты денелерге ұқсайды. Олардың аққыштығы жоқтың қасы.

### **Деформация.**

Қатты денелер өздерінің пішінін сақтайды. Бірақ олар өздеріне түсірілген күштердің пішіндерін өзгертеді, яғни деформацияланады. Деформация неге тәуелді? Олардың қандай түрлері бар?

**Қатты дене деформациясы.** Дене пішінінің немесе көлемінің өзгеруі деформация деп аталады. Резеңке бауды ұштарынан тартып көріңдер. Сонда баудың бөліктері бір-біріне қатысты орын ауыстырады; бау деформацияланған күйге көшеді, яғни бау ұзарады және жіңішкереді.

Резеңке бауға күш әсері тоқтатылса, ол қайтадан бастапқы қалпына келеді. *Сыртқы күштер әсері тоқталғаннан кейін толық жойылатын деформациялар серпінді деформациялар делінеді.*

Резеңке баудан басқа, серіппе, соқтығысқан болат шарлар және т.б.-лар да деформацияға ұшырайды.

Енді пластилин кесегін алақанымызға салып қысайық. Қолымыздағы пластилин оп-оңай кез келген пішінге келеді. Ал пластилиннің бастапқы пішінге келуі жүзеге аспайтыны өзі-нен өзі түсінікті. Бұрын қандай пішінде болғаны пластилиннің «есінде де жоқ».

*Сыртқы күштердің әсері тоқтағаннан кейін жойылмайтын деформациялар пластикалық деформациялар деп аталады.* Тіпті бір шамалы (бірақ қысқа мерзімді емес) әсерлердің өзінде балауыз, пластилин, балшық, қорғасын пластикалық деформацияға ұшырайды.

**Созылу деформациясы (сығылу).** Егер бір ұшы бекітілген біртекті стерженьге оның осі бойымен, өзінен тысқары бағытта күшімен әсер етсек (41-сурет), онда стержень созылу деформациясына ұшырайды. Созылу деформациясы абсолют ұзарумен (1.3.3.1) және салыстырмалы ұзарумен (1.3.3.2) сипатталады:

$$\Delta l = l - l_0 \quad (1)$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} \quad (2)$$

Денелерді немесе материалдарды серпінді, пластикалық не морт деп атау жиі кездеседі.

**Серпінділік.** Қез келген материалдан жасалған дене аз деформацияның өзінде серпінді дене сияқты болады. Жүкті алғаннан кейін оның өлшемдері мен пішіні қалпына келеді. Сонымен бірге денелердің барлығында дерлік азды-көпті дәрежеде пластикалық деформация байқалады.

Материалдың механикалық қасиеттері әр алуан. Резеңке немесе болат сияқты материалдар біршама үлкен кернеу мен деформацияларда серпінділік қасиеттерді байқатады. Мысалы, Гук заңы болат үшін  $\varepsilon=1\%$ -ке жеткенге дейін, ал резеңке үшін анағұрлым үлкен мәніне — ондаған процент шамаларына дейін орындалады. Сондықтан мұндай материалдарды серпінді материалдар деп атайды.

**Пластикалық.** Су балшықта, пластилинде немесе қорғасында серпінді деформациялар аймағы аз. Шағын жүктің өзі пластикалық деформациялар тудыратын материалдарды пластикалық материалдар деп атайды.

Материалдардың серпінді және пластикалық болып бөлінуі белгілі бір дәрежеде шартты түрде алынады. Тек бір ғана материалдың өзі, онда пайда болатын кернеулерге байланысты, әрі серпінділік, әрі пластикалық қасиет байқата алады. Мысалы, өте үлкен кернеулерде болатта пластикалық қасиеттер байқалады. Бұл орасан зор күшпен қысатын престо жәрдемімен болат бұйымдарды штамптағанда (қалып арқылы дайындап шығарғанда) кеңінен қолданылады.

**Морттық.** Практикада қатты денелердің морттық деп аталатын қасиетінің маңызы зор. Егер материал болмашы деформацияларда қирап бүлінетін болса, ол материал морт деп саналады. Шыны мен фарфордан жасалған бұйымдар морт болады: олар тіпті шамалы биіктіктен еденге құлап түскеннің өзінде бытшыт болып сынады. Сондай-ақ, шойын, мәрмәр, янтарь да жоғары морттық қасиетке ие. Керісінше, болат, мыс, қорғасын тағы басқалар морт денелерге жатпайды.

Барлық морт материалдарда деформацияның артуымен бірге кернеу өте тез өседі де, өте аз деформациялардың өзінде олар бұзылып қирайды.

Салынған үй материалдарының қасиеттерін білмей ақ, ол үйде өмір сүре беруге болады. Бірақ сенімді берік үйлерді, көпірлерді салу үшін, станоктарды, түрлі машиналарды жасау үшін оларға пайдаланылатын материалдардың — бетонның, болаттың, темір-бетонның, ағаштың, пластмассаның т. б.-лардың қасиеттерін білу қажет.

Түрлі материалдардың механикалық қасиеттері туралы мәліметтер тәжірибе жүзінде алынады.

Деформацияланған дене күйін сипаттайтын шаманы — механикалық кернеу деп атайды.

Деформацияланған дененің кез келген қимасында үзіліп бөліктерге бөлініп кетпеуі үшін кедергі жасайтын серпінділік күші әсер етеді. Кернеу немесе, дәлірек айтқанда, механикалық кернеу (3) деп F серпінділік күші модулінің дененің көлденең қимасының S ауданына қатынасын айтамыз:

$$\sigma = F/S \quad (3)$$

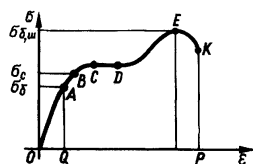
SI жүйесінде қысым бірлігі үшін алынғандағыдай  $1\text{Па}=1\text{ Н/м}^2$  алынады.

Таяқшаны қысу кезіндегі кернеу газдар мен сұйықтардағы қысымға сәйкес келеді.

Тексерілетін материалдар жасалған таяқшанық созылу деформациясын зерттеу үшін оны арнайы құрылғылар көмегімен созады да, үлгінің ұзаруын және ондағы пайда болған кернеуді өлшейді. Тәжірибе нәтижелері бойынша созылу диаграммасы деп аталған  $\varepsilon$  салыстырмалы ұзару тәуелділігінің графигі сызылады.

Гук заңы. Шамалы деформацияларда кернеу  $\sigma$  салыстырмалы ұзару  $\varepsilon$ -ге тура пропорционал екенін тәжірибе көрсетті (диаграмманың OA бөлігі). Бұл тәуелділік Гук заңы деп аталады және былай жазыл

$$\sigma = E|\varepsilon| \quad (4)$$



(4) - формуладағы салыстырмалы ұзару  $\epsilon$  модулі бойынша алынған, себебі Гук заңы созылу деформациясы үшін де, сол сияқты  $\epsilon < 0$  болған жағдайда, сығылу деформациясы үшін де орындалады.

Гук заңына енген пропорционалдық коэффициент  $E$  серпінділік модулі немесе Юнг модулі делінеді. Шамасы аз деформациялар үшін Юнг модулі  $\sigma$  кернеуді және  $\epsilon$  салыстырмалы ұзаруды өлшеу арқылы (5.2)-формула бойынша анықталады.

Кеңінен таралған көпшілік материалдар үшін Юнг модулі тәжірибе жүзінде анықталған. Мысалы, хромникельді болат үшін  $E = 2,1 \cdot 10^{11}$  Па, ал алюминий үшін  $E = 7 \cdot 10^{10}$  Па. Басқа жағдайлар бірдей болғанда ( $F, S, l_0$  бірдей болғанда)  $E$  неғұрлым көп болса, соғұрлым таяқша аз деформацияланады. Юнг модулі серпімді ұзарту (сығылу) деформациясына материалдың қаншалықты қарсы тұра алатынын сипаттайды.

(4) түріне жазылған Гук заңын IX класс физика курсынан белгілі түрге оңай келтіруге болады.

Шынында,  $\sigma = \frac{F}{S}$  немесе  $\epsilon = \frac{|\Delta l|}{l_0}$  формуласын (4) - ге қою арқылы алатынымыз:

Бұдан

$$F = \frac{SE}{l_0} |\Delta l| \quad (5)$$

$$\frac{SE}{l_0} = k \quad (6)$$

деп белгілейік, сонда

$$F = k \cdot \Delta l \quad (7)$$

Сонымен таяқшаның  $k$  қаттылығы Юнг модулі мен таяқшаның көлденең қимасы ауданының көбейтіндісіне тура пропорционал және таяқшаның ұзындығына кері пропорционал. (7)

**Беріктік шегі.** Егер сырттан түсірілген жүктің шамасы материалдағы кернеудің серпінділік шегінен артып кетсе, онда жүкті алғаннан кейін үлгі қысқарғанмен, өзінің бұрынғы өлшемдеріне жете алмайды да, деформацияланған болып қалады.

Жүктің шамасы артқан сайын деформация да артқан үстіне арта түседі. Диаграммадағы  $C$  нүктесіне сәйкес келетін кернеудің бір мәнінде іс жүзінде жүкті арттырмаса да ұзару арта түседі. Бұл құбылысты материалдың аққыштығы деп атайды ( $CD$  бөлігі). Диаграммадағы бұған сәйкес қисықты горизонталь деуге болады.

Әрі қарай деформацияның артуымен бірге кернеулер қисығы аздап артады да,  $E$  нүктесінде максимумге жетеді. Содан соң кернеу тез түседі де, үлгі қирап сынады ( $K$  нүктесі). Сонымен, кернеу өсер беріктік шегі деп аталатын өзінің максимум шамасына жеткеннен кейін үзілу болады (сыртқы жүктің артуынсыз бүлінгенге дейігі үлгі созылады). Бұл шама үлгінің материалына және оның өңделуіне байланысты.

Пайдалану кезінде құрылғыларда немесе конструкцияларда пайда болатын кернеу беріктік шегінен бірнеше есе кем болса, онда олар сенімді болып есептеледі.

Қатты дененің созылуын (қысылуын) зерттеу Гук заңындағы қаттылық коэффициенті неге тәуелді екенін анықтауға мүмкіндік береді.

## Сабақ № 13

### Тақырыбы: 1.3.4 . Қатты заттар.

#### Сабақ жоспары:

1. Қатты дене
2. Кристалдар





1-сурет

Атомдары немесе молекулалары *реттеліп* орналасқан және *периодты түрде қайталанып тұратын ішкі структурасын түзетін* қатты денелер **кристаллдар** деп аталады. Кристалдардың қырлары әрқашан жазық және дұрыс геометриялық пішінді болып келеді (1,2 - суреттер). Бөлшектердің орналасуының салыстырмалы түрде *орныққан скелеті кристалдық торлар* деп аталады, ал сол торлардың орналасқан орындары *түйіндер* деп аталады (3 - сурет).

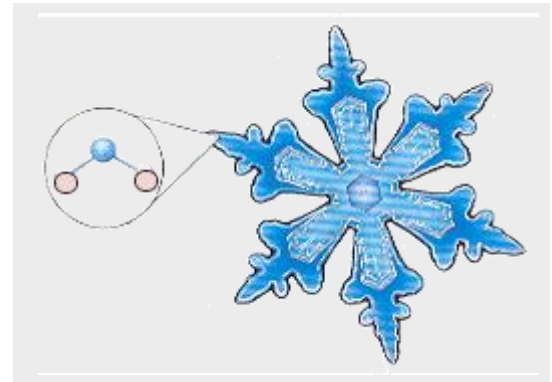
Кристалдардың сыртқы пішінінің дұрыстығы - олардың реттелген құрылысының бір ғана салдары емес. *Олардың ең басты ерекшелігі кристалдың физикалық қасиеттерінің ондағы таңдалған бағытына байланыстылығында.*

Кристалдардың бұл қасиеті **анизотропия** деп аталады.

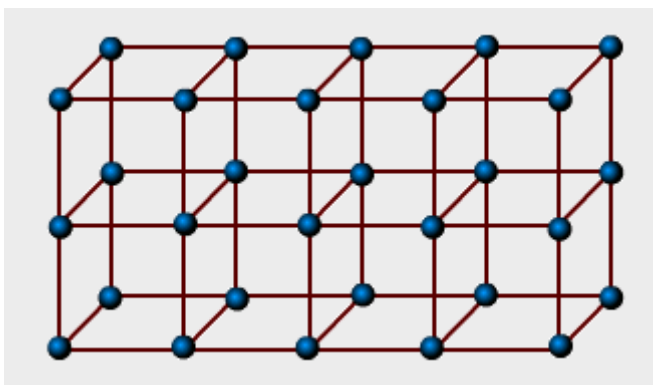
**Барлық кристалды денелер анизотропты болып келеді.**

Анизотропияның бір себебі - кристалдық тор түйіндерінің тығыздығы әр түрлі бағытта әр түрлі болған жағдайдағы, бөлшектердің дұрыс ретпен орналасуы. Осы бағыттардағы бөлшектердің өзара әсері де бірдей болмайды. Бұдан, әр түрлі бағыттардағы кристалдардың *механикалық беріктігі* әр түрлі екендігі шығады.

Көптеген кристалдар *жылу мен электр тогын* әр бағытта әр-түрлі өткізеді. Кристаллдың *оптикалық қасиеттері* де оның бағытына байланысты болуы мүмкін.



2-сурет



3-сурет

Белгілі бір температураға дейін қыздырғанда (әр заттың өз температурасы бар) зат қатты кристалдық күйден сұйық күйге өтеді. Осы процесс **балқу** деп аталады, ал балқуға ұшырататын температура **балқу температурасы** деп аталады.

**Монокристалдар мен поликристалдар.** Қатты денелердің негізгі түріне металдар жатады. Олардың да кристалдық структурасы бар. Бірақ, бір қарағанда, олардың кристалдық құрылымы не сырт пішінінен, не физикалық қасиеттерінен байқалмайды. Металдар кәдімгі күйде анизотропияны анықтай алмайды. Себебі металл *көптеген өзара бітісіп кеткен кішкентай*

*кристалликтерден* тұрады. Олардың әр қайсысының қасиеттері бағытына байланысты, бірақ олар бір-біріне қарағанда ретсіз бағытталған. Сондықтан, көлемі жекелеген кристалликтердің көлемінен анағұрлым үлкен металл ішіндегі барлық бағыттар тең және оның қасиеттері барлық бағытта бірдей болады.

Көптеген кішкентай кристалликтерден тұратын қатты дене **поликристалдық** дене деп аталады, ал **монокристалдар** деп аталады.

**Аморфтық денелер.** Кристалдық структурасы бар денелермен қатар табиғатта **аморфтық денелер** деп аталатын көптеген әртүрлі денелер бар. Олар қатты денелер қатарына жатады, бірақ оларда

кристалдарға тән, стуктураның сол фрагментіндегі барлық бағыттар бойынша қайталанушылық жоқ. Тек көрші атомдар ғана белгілі бір тәртіппен орналасқан.

Сұйықтар секілді, аморфтық денелер үшін бөлшектердің жақынырақ орналасу тәртібі тән, бірақ олардың қимылдары (қозғалуы) өте жәй. Аморфтық денелерге шыны, пластмасса, шайыр, смола және т.б. жатады. Барлық аморфты денелер **изотропты** болып келеді, яғни олардың физикалық қасиеттері *барлық бағытта бірдей* деген сөз.

Сыртқы әсерлердің нәтижесінде, аморфтық денелер бір мезгілде, қатты денелер секілді, *серпімділік қасиетін* және, сұйықтар тәрізді, *аққыштық қасиетін* анықтайды. Бұның мысалы ретінде әр түрлі смолалардың қасиеттерін қарастыруға болады. *Төменгі температураларда* аморфтық денелер өз қасиеттері жағынан қатты денелерді еске түсіреді. Олардың аққыштық қасиеттері жоқ дерлік. Бірақ, *температураның ұлғаю шамасына* қарай аморфтық денелер де жұмсарады және олардың қасиеттері барынша *сұйықтың* қасиеттеріне жақындай түседі. Бұл мынаған байланысты. Аморфтық денелердің атомдары немесе молекулалары, сұйық молекулалары секілді, өзінің тепе-теңдік күйінің маңында тербеліс уақытына ие. Бірақ, бұл уақыт, сұйықтарға қарағанда, өте көп. Тек температураның өсуімен ғана, бір тепе-теңдік күйден келесі күйге атомдардың секірісі біртіндеп жиілейді де, дене аға бастайды. *Аморфтық денелердің кристалдық денелерге қарағандағы бір ерекшелігі сонда, олардың белгілі бір балқу температурасы болмайды.* Газ және қатты дене аралығында агрегат күйдегі зат сұйық деп аталады. Сондықтан да сұйықтар газдар мен қатты денелер тәрізді, оларға тән қасиеттерімен сипатталады. Сұйыққа тән қасиеттің бірі – аққыштық, бұл жағынан ол газдарға жақындау. Газдар сияқты, сұйықтар аққыштағы жөнінен өзі құйылған ыдыстың барлық қысымды барлық жағынан бірдей береді. (Паскаль заңы) және өздеріне батырылған денелерді ығыстырып шығарады (Архимед заңы). Газдар сияқты, сұйықтықтар изотропты келеді. Қатты денелер сияқты, сұйықтықтардың молекулааралық өзара әсерлесу күштері болғандықтан, молекулалар белгілі бір аралықта бір-бірін ұстап тұрады. Сондықтан да сұйықтықтардың қатты денелер сияқты көлемі болады. Сұйықтықтардың қатаюы кезінде, олардың көлемі өзгереді, яғни ұлғаяды (мысалы, мұзға айналады). Бұл тұрғыда сұйықтық ішкі құрылымы қатты денелердің құрылымына сәйкес. Тәжірибелердің қорытындылары меншікті балқу жылуы  $\lambda$  меншікті булану жылуымен  $r$  салыстырғанда оның аздау екенін дәлелдеді. Мысалы, Na үшін  $\lambda_b = 1,1 \cdot 10^3$  Дж/кг,  $r_b = 4,6 \cdot 10^3$  Дж/кг екен. Қатты дененің меншікті жылу сыйымдылығының  $C_v$  балқытылған дененің меншікті жылу сыйымдылығынан  $C_b$  өзгешелігі болмайды. Мысалы, Na үшін  $C_v = 1,2 \cdot 10^3$  Дж/(кг\*К)  $C_b = 1,4 \cdot 10^3$  Дж/(кг\*К) эксперименттердің осындай нәтижесі сұйық молекулаларында болатын жылулық қозғалыстардың қатты денелер молекулаларындағы жылулық қозғалыстардың өзгешеліктерінің шамасы екенін көрсетеді.

### Бақылау сұрақтары

1. Қатты заттар деген не?
2. Газ тәріздес зат деген не?

### Сабак № 14

#### Тақырыбы: 1.3.5 Деформация.

1. Деформация және оның түрлері
2. Юнг модулі
3. Гук заңы
4. Беріктік шегі

#### Деформация.

Қатты денелер өздерінің пішінін сақтайды. Бірақ олар өздеріне түсірілген күштердің пішіндерін өзгертеді, яғни деформацияланады. Деформация неге тәуелді? Олардың қандай түрлері бар?

**Қатты дене деформациясы.** Дене пішінінің немесе көлемінің өзгеруі деформация деп аталады. Резеңке бауды ұштарынан тартып көріңдер. Сонда баудың бөліктері бір-біріне қатысты орын ауыстырады; бау деформацияланған күйге көшеді, яғни бау ұзарады және жіңішкереді.

Резеңке бауға күш әсері тоқтатылса, ол қайтадан бастапқы қалпына келеді. *Сыртқы күштер әсері тоқталғаннан кейін толық жойылатын деформациялар серпінді деформациялар делінеді.*

Резеңке баудан басқа, серіппе, соқтығысқан болат шарлар және т.б.-лар да деформацияға ұшырайды. Енді пластилин кесегін алақанымызға салып қысайық. Қолымыздағы пластилин оп-оңай кез келген пішінге келеді. Ал пластилиннің бастапқы пішінге келуі жүзеге аспайтыны өзі-нен өзі түсінікті. Бұрын қандай пішінде болғаны пластилиннің «есінде де жоқ».

*Сыртқы күштердің әсері тоқтағаннан кейін жойылмайтын деформациялар пластикалық деформациялар деп аталады.* Тіпті бір шамалы (бірақ қысқа мерзімді емес) әсерлердің өзінде балауыз, пластилин, балшық, қорғасын пластикалық деформацияға ұшырайды.

**Созылу деформациясы (сығылу).** Егер бір ұшы бекітілген біртекті стерженьге оның осі бойымен, өзінен тысқары бағытта күшімен әсер етсек (41-сурет), онда стержень созылу деформациясына ұшырайды. Созылу деформациясы абсолют ұзарумен (1.3.3.1) және салыстырмалы ұзарумен (1.3.3.2) сипатталады:

$$\Delta l = l - l_0 \quad (1)$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} \quad (2)$$

Денелерді немесе материалдарды серпінді, пластикалық не морт деп атау жиі кездеседі.

**Серпінділік.** Қез келген материалдан жасалған дене аз деформацияның өзінде серпінді дене сияқты болады. Жүкті алғаннан кейін оның өлшемдері мен пішіні қалпына келеді. Сонымен бірге денелердің барлығында дерлік азды-көпті дәрежеде пластикалық деформация байқалады.

Материалдың механикалық қасиеттері әр алуан. Резеңке немесе болат сияқты материалдар біршама үлкен кернеу мен деформацияларда серпінділік қасиеттерді байқатады. Мысалы, Гук заңы болат үшін  $\varepsilon=1\%$ -ке жеткенге дейін, ал резеңке үшін анағұрлым үлкен мәніне — ондаған процент шамаларына дейін орындалады. Сондықтан мұндай материалдарды серпінді материалдар деп атайды.

**Пластикалық.** Су балшықта, пластилинде немесе қорғасында серпінді деформациялар аймағы аз. Шағын жүктің өзі пластикалық деформациялар тудыратын материалдарды пластикалық материалдар деп атайды.

Материалдардың серпінді және пластикалық болып бөлінуі белгілі бір дәрежеде шартты түрде алынады. Тек бір ғана материалдың өзі, онда пайда болатын кернеулерге байланысты, әрі серпінділік, әрі пластикалық қасиет байқата алады. Мысалы, өте үлкен кернеулерде болатта пластикалық қасиеттер байқалады. Бұл орасан зор күшпен қысатын пресстер жәрдемімен болат бұйымдарды штамптағанда (қалып арқылы дайындап шығарғанда) кеңінен қолданылады.

**Морттық.** Практикада қатты денелердің морттық деп аталатын қасиетінің маңызы зор. Егер материал болмашы деформацияларда қирап бүлінетін болса, ол материал морт деп саналады. Шыны мен фарфордан жасалған бұйымдар морт болады: олар тіпті шамалы биіктіктен еденге құлап түскеннің өзінде бытшыт болып сынады. Сондай-ақ, шойын, мәрмәр, янтарь да жоғары морттық қасиетке ие. Керісінше, болат, мыс, қорғасын тағы басқалар морт денелерге жатпайды.

Барлық морт материалдарда деформацияның артуымен бірге кернеу өте тез өседі де, өте аз деформациялардың өзінде олар бұзылып қирайды.

Салынған үй материалдарының қасиеттерін білмей ақ, ол үйде өмір сүре беруге болады. Бірақ сенімді берік үйлерді, көпірлерді салу үшін, станоктарды, түрлі машиналарды жасау үшін оларға пайдаланылатын материалдардың — бетонның, болаттың, темір-бетонның, ағаштың, пластмассаның т. б.-лардың қасиеттерін білу қажет.

Түрлі материалдардың механикалық қасиеттері туралы мәліметтер тәжірибе жүзінде алынады.

Деформацияланған дене күйін сипаттайтын шаманы — механикалық кернеу деп атайды.

Деформацияланған дененің кез келген қимасында үзіліп бөліктерге бөлініп кетпеуі үшін кедергі жасайтын серпінділік күші әсер етеді. Кернеу немесе, дәлірек айтқанда, механикалық кернеу (3) деп F серпінділік күші модулінің дененің көлденең қимасының S ауданына қатынасын айтамыз:

$$\sigma = F/S \quad (3)$$

SI жүйесінде қысым бірлігі үшін алынғандағыдай  $1\text{Па}=1\text{ Н/м}^2$  алынады.

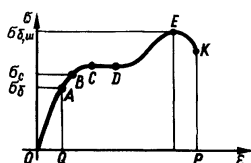
Таяқшаны қысу кезіндегі кернеу газдар мен сұйықтардағы қысымға сәйкес келеді.

Тексерілетін материалдар жасалған таяқшанық созылу деформациясын зерттеу үшін оны арнайы құрылғылар көмегімен созады да, үлгінің ұзаруын және ондағы пайда болған кернеуді өлшейді. Тәжірибе нәтижелері бойынша созылу диаграммасы деп аталған  $\varepsilon$  салыстырмалы ұзару тәуелділігінің

графикі сызылады.

Гук заңы. Шамалы деформацияларда кернеу  $\sigma$  салыстырмалы ұзару  $\varepsilon$ -ге тура пропорционал екенін тәжірибе көрсетті (диаграмманың ОА бөлігі). Бұл тәуелділік Гук заңы деп аталады және былай жазыл

$$\sigma = E|\varepsilon| \quad (4)$$



(4) - формуладағы салыстырмалы ұзару  $\varepsilon$  модулі бойынша алынған, себебі Гук заңы созылу деформациясы үшін де, сол сияқты  $\varepsilon < 0$  болған жағдайда, сығылу деформациясы үшін де орындалады.

Гук заңына енген пропорционалдық коэффициент  $E$  серпінділік модулі немесе Юнг модулі делінеді. Шамасы аз деформациялар үшін Юнг модулі  $\sigma$  кернеуді және  $\varepsilon$  салыстырмалы ұзаруды өлшеу арқылы (5.2)-формула бойынша анықталады.

Кеңінен таралған көпшілік материалдар үшін Юнг модулі тәжірибе жүзінде анықталған. Мысалы, хромникельді болат үшін  $E = 2,1 \cdot 10^{11}$  Па, ал алюминий үшін  $E = 7 \cdot 10^{10}$  Па. Басқа жағдайлар бірдей болғанда ( $F$ ,  $S$ ,  $l_0$  бірдей болғанда)  $E$  неғұрлым көп болса, соғұрлым таяқша аз деформацияланады. Юнг модулі серпімді ұзарту (сығылу) деформациясына материалдың қаншалықты қарсы тұра алатынын сипаттайды.

(4) түріне жазылған Гук заңын IX класс физика курсынан белгілі түрге оңай келтіруге болады.

Шынында,  $\sigma = \frac{F}{S}$  немесе  $\varepsilon = \frac{|\Delta l|}{l_0}$  формуласын (4) - ге қою арқылы алатынымыз:

Бұдан

$$F = \frac{SE}{l_0} |\Delta l| \quad (5)$$

$$\frac{SE}{l_0} = k \quad (6)$$

деп белгілейік, сонда

$$F = k \cdot \Delta l \quad (7)$$

Сонымен таяқшаның  $k$  қаттылығы Юнг модулі мен таяқшаның көлденең қимасы ауданының көбейтіндісіне тура пропорционал және таяқшаның ұзындығына кері пропорционал. (7)

**Беріктік шегі.** Егер сырттан түсірілген жүктің шамасы материалдағы кернеудің серпінділік шегінен артып кетсе, онда жүкті алғаннан кейін үлгі қысқарғанмен, өзінің бұрынғы өлшемдеріне жете алмайды да, деформацияланған болып қалады.

Жүктің шамасы артқан сайын деформация да артқан үстіне арта түседі. Диаграммадағы  $C$  нүктесіне сәйкес келетін кернеудің бір мәнінде іс жүзінде жүкті арттырмаса да ұзару арта түседі. Бұл құбылысты материалдың аққыштығы деп атайды ( $CD$  бөлігі). Диаграммадағы бұған сәйкес қисықты горизонталь деуге болады.

Әрі қарай деформацияның артуымен бірге кернеулер қисығы аздап артады да,  $E$  нүктесінде максимумге жетеді. Содан соң кернеу тез түседі де, үлгі қирап сынады ( $K$  нүктесі). Сонымен, кернеу өсер беріктік шегі деп аталатын өзінің максимум шамасына жеткеннен кейін үзілу болады (сыртқы жүктің артуынсыз бүлінгенге дейігі үлгі созылады). Бұл шама үлгінің материалына және оның өңделуіне байланысты.

Пайдалану кезінде құрылғыларда немесе конструкцияларда пайда болатын кернеу беріктік шегінен бірнеше есе кем болса, онда олар сенімді болып есептеледі.

Қатты дененің созылуын (қысылуын) зерттеу Гук заңындағы қаттылық коэффициенті неге тәуелді екенін анықтауға мүмкіндік береді.

### Бақылау сұрақтары

1. Деформация деген не? Қандай түрлері бар?
2. Қатты заттардың қандай механикалық қасиеттері бар?
3. Серпімсіз деформация деген не?

## Сабақ № 15

### Тақырыбы: 1.3.6 Заттардың ауысуларына есеп шығару.

**1 есеп.** Су буының қысымы 14С –де 1кПа тең. Бұл қаныққан бу ма?

**2 есеп.** 25С су буының тығыздығы 23г/м<sup>3</sup>. бұл қандай бу?

**3 есеп.** Сыйымдылығы 5л жабық ыдыстың ішінде массасы 50мг су буы бар. Бу қандай температурада қаныққан болады?

**4 есеп.** 16С тепературадағы 4 м<sup>3</sup> ауада 40г су буы бар. Салыстырмалы ылғалдылықты анықтаңдар.

**5 есеп.** Егер шық нүктесі 10С болса, онда бөлмедегі ауаның 18С-дегі салыстырмалы ылғалдылығы қандай?

**6 есеп.** Егер тамызғыш тесігінің диаметрі 1,2мм болса, үзілу мезетінде аққан су тамшысының массасы қандай?

**7 есеп.** Диаметрі 0,5 мм капилляр түтік арқылы көтерілген судың массасын табыңдар.

**8 есеп.** Диаметрі 2мм сымға массасы 10кг жүк ілінген. Сымдағы механикалық кернеуді табыңдар.

**9 есеп.** Ұзындығы 5м көлденең қимасының ауданы 100см<sup>2</sup> балка екі ұшына түсірілген 10кН күштер әсерінен 1 см сығылған. Салыстырмалы сығылуды және механикалық кернеуді табыңдар.

**10 есеп.** Ұзындығы 2м алюминий сымды созғанда онда 35МПа механикалық кернеу пайда болады. Салыстырмалы және абсолютті ұзаруды табыңдар.

**11 есеп.** 10 моль бір атомды газдың 27С ішкі энергиясы қандай?

**12 есеп.** Температурасы 20С артқанда 200г гелидің ішкі энергиясы қаншаға өзгереді?

**13 есеп.** Қысымы 100кПа болған кезде аэростатты толтырып тұрған көлемі 60м<sup>3</sup> гелийдің ішкі энергиясы қандай?

**14 есеп:** Ішінде температурасы  $t_c = 8,4^{\circ}\text{C}$ ,  $m_c = 240 \text{ г}$  суы бар, жезден жасалынған массасы  $m_k = 128 \text{ г}$  калориметрге, массасы  $m_0 = 192 \text{ г}$ ,  $t_0 = 100^{\circ}\text{C}$  температураға дейін қыздырылған, металдан жасалынған дене батырылған. Калориметрдегі ақырғы температура  $\theta = 21,5^{\circ}\text{C}$ -ге тең болып орнықты. Дене жасалынған заттың меншікті жылу сыйымдылығы  $c_0$  –ны анықта.

**15 есеп:** Вертикалды цилиндр ішінде, ауыр поршеннің астында, массасы 2 кг оттегі бар. Температурасын  $5^{\circ}\text{K}$  –ге көтеру үшін оған 9160 Дж мөлшері берілді. Газдың ұлғаюы кезіндегі және оның ішкі энергиясы көбейген кездегі жасаған жұмысын табыңдар. Оттегінің молярлық массасы  $32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ -ге тең.

**16 есеп:** Массасы 0,1 кг оттегі адиабаталық түрде сығылады. Осы кезде газдың температурасы  $273^{\circ}\text{K}$  -нен  $373^{\circ}\text{K}$  -ге шейін өседі. Газдың сығылуы кезінде жасаған жұмысы мен ішкі энергиясының (айырымы) өсімшесі неге тең?

**17 есеп:** Идеалды жылу машинасы Карно циклы бойынша жұмыс істейді. Осы кездегі қыздырғыштан алынатын жылудың 80%-і тоңазтқышқа беріледі. Қыздырғыштан алынатын жылудың мөлшері 1,5 ккал-ға тең. 1) циклдың ПӘК-ін, 2) толық цикл кезінде жасалынған жұмысты табыңыздар

**18 есеп:** ПӘК-і 30% тепловоз орташа қуатпен  $N = 3000 \text{ а.к}$  3 сағат жұмыс істейді. Осы уақыт ішінде, ол дизель отынының қандай мөлшерін шығындайды.

**19 есеп:** Бөлмедегі ауаның температурасы  $20^{\circ}\text{C}$ , ауаның салыстырмалы ылғалдылығы 60%. Терезе сыртындағы ауаның температурасы қандай болғанда, терезе әйнектері терлей бастайды?

**20 есеп:** Капиллярдан сабынды су тамшылап ағып тұр. Тамшы үзілер кезде оның мойынының диаметрі 1 мм-ге тең болды. Тамшының массасы – 0,0129 г. Сабынды судың беттік керілу коэффициентін анықтаңыз.

## Сабақ № 16

### Тақырыбы: 1.3.7 Фазалық ауысу

#### Сабақ жоспары:

1. Фазалық ауысу

#### Фазалық ауысу.

Фазалық ауысу түрлену кең мағынасында заттың сыртқы жағдайлардың (температураның, магнит және электр өрістерінің т.б.) өзгеруі кезінде бір фазадан екінші бір фазаға ауысуы тар мағынасында сыртқы параметрлерінің үздіксіз өзгеруі кезінде физикалық қасиеттердің секірмелі түрде өзгеруі. Температураның, қысымның не т.б. кез-келген физикалық шаманың фаза ауысуы болатын мәні ауысу нүктесі деп аталады. Фазалық ауысудың негізгі заңдылықтары мен классификациясы термодинамикалық теорияда қарастырылады. Заттың термодинамикалық функцияларының (еркін энергия, энтропия, энтальпия т.б.) өзгеруіне сәйкес фаза ауысудың бірінші текті фаза ауысуы және екінші текті фаза ауысуы деп аталатын түрлері бар. Бірінші текті фаза ауысу кезінде заттың тығыздығы мен термодинамикалық функциялары ауысу нүктесінде секірмелі түрде өзгереді. Мұндай ауысу кезінде фаза ауысуы жылуы деп аталатын жылу (мыс меншікті балқужылу, булану жылуы т.б.) бөлінеді немесе жұтылады. Бірінші текті фазалы ауысуда барлық агрегаттық түрленулер кристалдық тордың бір модификациядан екінші модификацияға ауысуы жатады.

Екінші текті фазалық ауысу кезінде заттың тығыздығы мен термодинамикалық функциялары үздіксіз өзгереді деал, бұл функциялардың физикалық параметрлері (қысым және температура) бойынша алынған туындылары ауысу нүктесінде күрт өзгереді. Мұндай түрлену кезінде жылу бөлінбейді(жұтылмайды). Екінші текті фаза ауысуға ферромагнетиктік магнит өрісінсіз парамагнетикке түрленуі, гелидің асқын аққыштық күйге ауысуы, атомдардың реттеле орналасуы әсерінен кристал симетриясының өзгеруі т.б. жатады.

### Бақылау сұрақтары

1. Фазалық өтулер деген не?

## Бөлім 2. Электродинамика негіздері.

### Сабақ № 17

#### Тақырыбы: 2.1.1 Электр заряды. Кулон заңы.

#### Сабақ жоспары:

1. Электр өрісі
2. Электр заряды
3. Кулон заңы

**Электродинамика** – бұл материяның ерекше бір түрінің – **электромагниттік өрістің** табиғатының заңдылықтары мен қасиеттері туралы, және электрлік зарядталған денелер немесе бөлшектердің арасында өзара әсерлесуін зерттейтін ғылым. Ғылымда ашылған (белгілі) іргелі әсерлесудің төрт түрі бар: гравитациялық, электромагниттік, күшті (ядролық) және әлсіз (элементар бөлшектердің өзгеруін тудырады). Олардың арасында әр алуан әрі кең тараған электромагниттік күштер – иімді күштер, үйкеліс, біздің бұлшық еттеріміздің күші және басқалар.

**Электростатика** деп тыныштықтағы электрлік зарядталған денелерді зерттейтін электродинамиканың бөлімін айтады.

**Электр заряды (электр мөлшері)  $q$**  – дененің қасиетін немесе бөлшектердің электромагниттік өзара әсерлесуін және бұндай өзара әсерлесудің қарқындылығын анықтайтын шама.



Электр зарядының бірлігі ретінде СИ жүйесінде – бір **кулон** (1 Кл) деп өткізгіштің көлденең қимасынан 1 с ішінде ток күші 1 А болғанда өтетін электр заряды алынады.

Электр зарядының шартты түрде **оң** және **теріс** деп аталатын екі түрі бар. Аттас заряды бар денелер бір-бірінен тебіледі, ал әр аттас зарядтары бар денелер – тартылады.

Электр зарядтарын ылғи да тасушы болып *элементар бөлшектер* және *антибөлшектер* табылады. Мысалы, протон және антипротон, электрон және позитрон. Антибөлшектер массасы – сәйкес бөлшектердің массасына тең және электр заряды теріс. Бөлшектердің антибөлшектермен біріккенде аннигиляцияға (өзара жоюға) ұшырайды. Бұл кезде Эйнштейн формуласы бойынша масса энергияға айналады  $E=mc^2$ , мұнда  $E$  – энергия,  $m$  – бөлшектің массасы,  $c$  – жарық жылдамдығы (бұл туралы толық мағлұматты 11-ші сынып курсынан білесіздер). Ешқандай электр зарядын иеленбейтін бөлшектер болады, мысалы, нейтрон, нейтрино. Бірақ *бөлшексіз электр зарядының болуы мүмкін емес*.

Электр заряды дискретті: дененің барлық электр зарядтарын бүтін бөліктерге бөлетіндей ең кіші элементар электр заряды табылады.

Қалыпты жағдайда дене электрлік нейтраль жағдайда, себебі кез келген заттың атомындағы электрондар саны ядродағы протондар санына тең және дененің зарядтарының қосындысы нөлге тең.

*Электрлеу* деп бұл процесс нәтижесінде денелер электр зарядын иеленіп, және электромагниттік өзара әсерлесуге қатысу қабілетін айтады.

Денені электрлеу деп денедегі электр зарядтарын қайта орналастыруды айтады, яғни зарядтардың электрленуі *пайда болмайды*, тек денелер арасында бөлшектеніп және қайта орналасады.

Электрлеу келесі түрлерге ажыратылады:

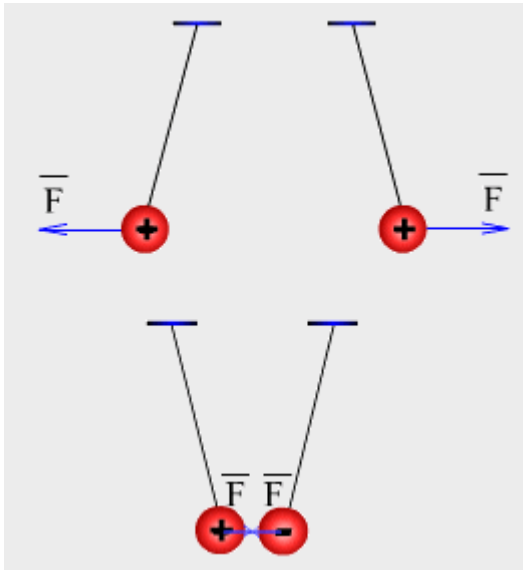
- Электр өткізгіштік әсерінен электрлену.
- Үйкелістік электрлену.
- Әсер арқылы электрлену.

Дененің электрлену кезінде *электр зарядының сақталу заңы* орындалады: *тұйық жүйеде барлық бөлшектердің зарядтарының алгебралық қосындысы өзгеріссіз қалады*. Жүйе *тұйық* деп аталады, егер зарядталған бөлшектер одан сыртқа шықпаса және сырттан оған енбесе.

$$q_1 + q_2 + \dots + q_n = const$$

Зарядтың сақталу заңы бойынша зарядталған, бір оң және бір теріс зарядтардан тұратын, бөлшектер тек қосарланып қана пайда болады және жоғалады, мысалы, протон және антипротон, электрон және позитрон.

Егер денелер арасындағы арақашықтық олардың өлшемдерімен салыстырғанда бірнеше есе артық болса, онда зарядталған денелердің формасы да, өлшемдері де олардың өзара әсерлесуіне елеулі әсер етпейді. Бұндай жағдайда ол денелерді нүктелік дене ретінде қарастыруға болады.



1-сурет

Тынышталған нүктелік зарядтар (1 – сурет) арасындағы өзара әсерлесу заңы тәжірибе жүзінде 1785ж. Шарль Кулон анықтаған және оның есімімен аталады.

Кулон заңы: Бостықтағы екі қозғалмайтын зарядталған нүктелік денелердің өзара әсерлесу күші  $F$  (кулон күші)  $q_1$  және  $q_2$  зарядтардың модульдерінің көбейтіндісіне тура пропорционал және олардың өзара  $r$  арақашықтығының квадратына кері пропорционал.

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (1)$$

Мұнда  $k$  – пропорционалдық коэффициенті, сандық мәні бірлік зарядтардың бірлік ұзындығына тең арақашықтықта өзара әсерлесу күшіне тең.

$k$  коэффициентін мынадай түрде жазу қабылданған

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0},$$

мұнда  $\epsilon_0$  - электр тұрақтысы, СИ жүйесі бойынша мынаған тең:

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi} = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Кл}^2 / (\text{Н} \cdot \text{м}^2).$$

Коэффициент  $k$  СИ бірлігінде жазылуы бойынша келесі түрде өрнектеледі:

$$k = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2$$

Табиғатта бар ең кіші заряд – бұл элементар бөлшектер заряды. СИ бірлігінде бұл зарядтың модулі мынаған тең:

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

### Бақылау сұрақтары

1. Қандай заряд нүктелік деп аталады?
2. Кулон заңын тұжырымдаңдар
3. Электр заряды қандай бірліктермен өлшенеді?

### Сабак № 18

**Тақырыбы: 2.1.2 Кернеулік. Электростатикалық өріс жұмысы.**

#### Сабак жоспары:

1. Кернеулік
2. Суперпозиция принципі
3. Күш сызықтары

Электр өрісі зарядтарға әсер етуші күштер арқылы байқалады. Кулон заңы бойынша  $q_2$  зарядқа оған пропорционал күш әсер етеді. Сондықтан өрістің берілген нүктесіне орналастырылған



зарядқа әсер ететін күштің сол зарядқа қатынасы өрістің әрбір нүктесі үшін заряд шамасына тәуелсіз және оны өріс сипаттамасы ретінде қарастырылатын шама электр өрісінің кернеулігі деп атайды.

Электр өрісінің кернеулігі (2.1.2.1) векторлық шама. Оны  $\vec{E}$  - әрпімен белгілейді: теңдеуі.

$$E = \frac{F}{q} \quad (1)$$

Өріс кернеулігі деп өрістің нүктелік зарядқа әсер ететін күшінің сол зарядқа қатынасын айтамыз. Бұдан q зарядқа электр өрісі тарапынан әсер ететін күш (2.1.2.2) мынаған тең.

$$\vec{F} = q \cdot \vec{E} \quad (2)$$

$\vec{E}$  кернеуліктің бағыты оң зарядқа әсер ететін күштің бағытымен бағыттас, ал теріс зарядқа әсер ететін күштің (2.1.2.3) бағытына  $\rightarrow$   
 $\leftarrow$

$$F = k \frac{q_0 \cdot q_1}{r^2} \Rightarrow E = \frac{F}{q} = k \frac{q_0}{r^2} \quad (3)$$

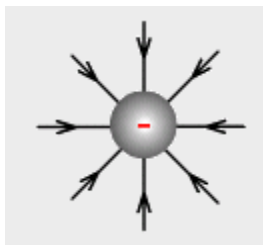
Электр өрісінің суперпозиция принципі. Суперпозиция принципінің тұжырымдамасы: Егер түрлі зарядталған бөлшектер кеңістіктің берілген нүктесінде кернеуліктері  $E_1, E_2, E_3, E_n$  болатын электр өрістерін тудыратын болса, онда өрістің сол нүктесі қорытқы кернеулігі мынаған тең:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots \quad (4)$$

Электр тоғы деп зарядталған бөлшектердің бағытталған ағынын айтамыз. Заряд бөлшектерден үздіксіз сызық шығарсақ яғни бағытын көрсетсек, онда осы сызықтар күш сызықтары немесе кернеулік сызықтары деп аталады.

#### Электр өрісінің күш сызықтары.

Электр өрісінің күш сызықтары тұйықталмаған, олар оң зарядтардан басталып теріс зарядтардан аяқталады (1,2 – суреттер). Күш сызықтары үздіксіз және қиылыспайды. Олар зарядталған денелерден басталады немесе аяқталады, содан кейін жан-жаққа шашырайды. Сондықтан күш сызықтарының тығыздығы зарядталған дене маңайында жоғары, яғни өріс кернеулігі жоғары болған жерде.

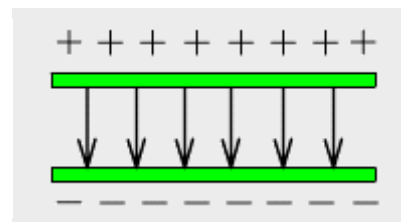


1-сурет

Біртекті электр өрісінің күш сызықтары параллель және олардың тығыздығы тұрақты (2 – сурет).

$\rightarrow$  бағытталған, таңбамен зарядталған үлкен  
 $\leftarrow$

металл пластинкалар біртекті өріс тудыратын. Бұл өріс q зарядқа  $F = q \cdot E$  тұрақты күштен әсер етеді. А пластмасса оң зарядталған, В пластмасса теріс зарядталған. q зарядының В  $d_1$  қашықтықта орналасқан А нүктесін  $d_2$  қашықтықта орын ауыстырғанда істелетін жұмысты табайық. 1,2



2-сурет

нүктелер бір күш сызықтың бойынша жатыр.

Электр өрісі жолдың  $\Delta d = d_1 - d_2$  бөлігінде оң таңбамен жұмыс істейді.

$$A = qE(d_1 - d_2) = - (qEd_2 - qEd_1) \quad (5)$$

Потенциалдық энергия. Егер жұмыс дененің траекториясының пішініне тәуелсіз болса, онда жұмыс теріс таңбамен алынған дененің потенциалдық энергиясының өзгерісіне тең болады:

$$A = - (W_{p2} - W_{p1}) = - \Delta W_p \quad (6)$$

Осыдан

$$A = qEd \Rightarrow W_p = qEd \quad (7)$$

Егер өріс оң жұмыс жасаса, онда зарядтардан дененің өрістегі потенциалдық энергиясы  $\Delta W_p < 0$ . Егер өріс теріс жұмыс жасаса  $\Delta W_p > 0$ .

#### Бақылау сұрақтары

1. Электростатикалық деп қандай өріс аталады?

2. Электр өрісінің күш сызықтары деген не?
3. Қандай өрістер электр өрісі деп аталады?

## Сабақ № 19

Тақырыбы: 2.1.3 Электр өрісіндегі өткізгіштер мен диэлектриктер.

### Сабақ жоспары:

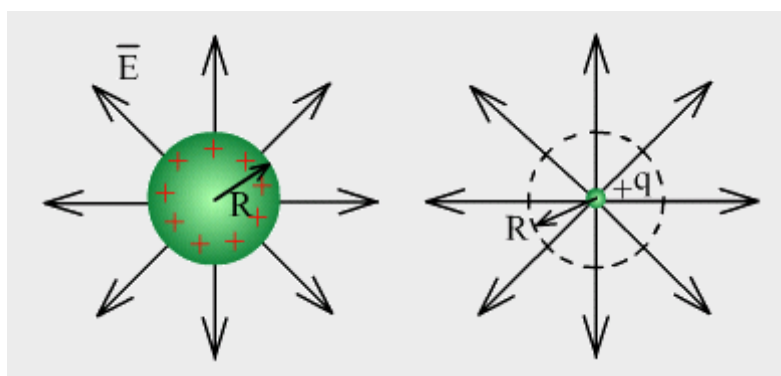
1. Өткізгіштер
2. Электростатикалық индукция
3. Диэлектриктер
4. Диод
5. Триод
6. Транзистор

Электр өрісі тек қана бастықта ғана емес денелерде де бар бола алады. *Шартты* түрде бұндай денелерді *өткізгіштерге* және *диэлектриктерге (изоляцияларға)* бөледі.

**Өткізгіштер** деп зарядталған бөлшектері бар және олар электр өрісінің әсерінен орынауыстыруға қабілетті денелерді айтады. Бұл бөлшектердің заряды **еркін зарядтар** деп аталады.

Металл өткізгіште электрондар еркін зарядтарды тасушы болып табылады. Металдың нейтраль атомдары бір-бірімен өзара әсерлеседі. Бұл әсерлесудің нәтижесінде атомдардың ішкі қабатында өз атомдарымен байланысын жоғалтады және өткізгіш үшін түгелдей жалпы болады. Осылайша, өткізгіш жалпы ортақ электрондардан тұратын теріс зарядталған газбен қоршалған оң зарядталған иондар түрінде қарастыруға болады.

**Электростатикалық индукция** деп электростатикалық өріске енгізілген өткізгіште зарядтардың қайта орналасу құбылысын айтады. Зарядталмаған пластинаны (өткізгішті) біртекті өріске енгізгенде елеусіз аз уақытта зарядтар қайта орналасады. Бұл процесс нәтижесінде шығатын пластина ішіндегі өріс кернеулілігі нөлге тең болады және зарядтар қозғалысы тоқтайды. Сондықтан *өткізгіштің ішінде электростатикалық өріс жоқ*. Сезгіш құрылғылар металл корпуста немесе сеткада орналастырылады, онда ешқандай сыртқы өріс оларға әсер етпейді – электростатикалық қорғау осыған негізделген.



1-сурет

Өткізгіш ішінде зарядтардың тепе-теңдік кезінде тек өріс кернеулілігі ғана нөлге тең емес. Сонымен қатар *өткізгіштің барлық статикалық зарядтары оның бетіне бағытталғандықтан*, зарядтар нөлге тең. Электр өрісінің күш сызықтары немесе кернеулілігі өткізгіш бетіне перпендикуляр.

**Шар өрісі** (1 – сурет). Зарядталған өткізгіш радиусы  $R$  шардың бетінде  $q$  заряд біркелкі таралған. Электр өрісінің күш сызықтары шар радиустарының жалғасу бойымен бағытталған. *Өткізгіш шардың ішінде электр өрісінің кернеулілігі нөлге тең.*

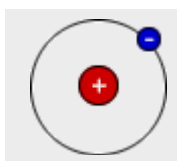
**Диэлектриктер** (немесе *изоляциялар*) деп электр тогын өткізбейтін денелерді айтады.

Изолятордың немесе диэлектриктің еркін электр заряды жоқ нейтраль атомдарда электрондар мен ядролар бір-бірімен байланысқан және электр өрісінің әсерінен бүкіл денеге орынауыстыра алмайды.

Өткізгіштер мен диэлектриктер электростатикалық өрісте өздерін әрқалай ұстайды. *Диэлектрик ішінде электр өрісі болуы мүмкін*; бұл жағдайда диэлектрик өріске белгілі бір әсер береді.

*Диэлектриктерді екі түрге ажыратады: полярлық емес және полярлық.*

**Полярлық емес диэлектриктер** молекулаларында және атомдарында *оң және теріс зарядтардың таралу центрлері сәйкес келеді*. Мысалға, сутегі атомында оң заряд – протон – центрде болады, теріс заряд – электрон – ядро маңайында өте жоғары жылдамдықпен айналады, сондықтан уақыт бойынша орташа теріс зарядтың таралу центрі ортасына келеді, яғни оң зарядталған ядромен сәйкес келеді (2 – сурет).



2-сурет

Полярлық емес диэлектриктер – инертті газдар, сутегі, азот, көміртегі және басқалар.

**Полярлық диэлектриктер** молекулаларында *оң және теріс зарядтардың центрлері сәйкес келмейді*. Мысалға, ас тұзының  $NaCl$  пайда болуы кезінде, жеті валенттік

электрондары бар хлор атомы натрий атомының бір валенттік электронын ілестіреді. Өз ядросымен әлсіз байланысқан. Нейтраль атомдардың

әрқайсысы таңбалары қарама-қарсы екі ионнан тұратын жүйеге айналады. Үлкен арақашықтықта молекуланың модульдері бойынша тең және зарядтары бойынша бір-бірінен  $L$  арақашықтықта қарама-қарсы екі нүктелік зарядтардың жиынтығы ретінде қарастыруға болады. Бұндай зарядтардың бүтіндей нейтраль жүйесін **электр диполі** деп атайды (3 – сурет).

Электр диполінің негізгі сипаттамасы **диполь (электр) моменті**  $\vec{P}$  деп аталатын векторлық физикалық шама болып табылады. Бұл моменттің модулі заряд  $q$  модулінің арақашықтыққа  $L$  көбейтіндісіне тең:

$$P = qL \quad (1)$$

Дипольдік момент бағыты дипольдің теріс зарядтан оң зарядқа қараған осімен сәйкес келеді.

Полярлық диэлектриктерге спирт, су және басқа заттар жатады.

Диэлектриктің ішкі электр өрісіне орынауыстыру кезінде **поляризация** процесі жүреді. **Поляризация** деп диэлектриктің оң және теріс байланысқан зарядтарының қарама-қарсы бағыттарда араласуын айтады.

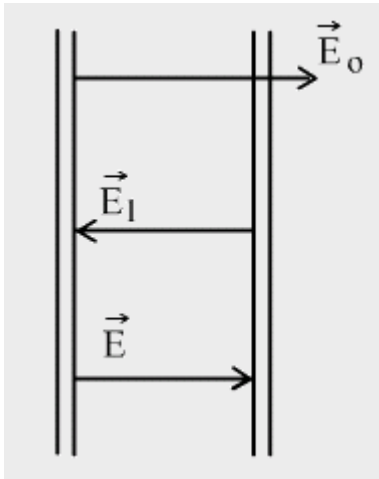
**Полярлық диэлектриктің поляризациясы.** Ішкі электр өрісіне енгізген кезде **полярлық диэлектриктің** әрбір диполіне модульдары бойынша бірдей және бағыттары бойынша қарама-қарсы екі күш әсер ете бастайды. Олар, өріс күш сызықтары бойымен бағытталған ось бойынша бұрайтын, күш моментін жасайды. Бұл жағдайда дипольдің *оң шеті электр өрісі бағытына, ал теріс жағы – кері бағытта ойысады*. Дипольдік молекулалардың қатаң бағытталуына олардың жылулық қозғалысы кедергі жасайды. Сондықтан өрістің әсерінен электрлік дипольдердің бағытталуы байқалады. Диэлектрик бетінде байланысқан заряд туындайды. Диэлектрик ішінде дипольдердің оң және теріс заряды бір-бірін теңгереді және *орташа байланысқан заряд бұрынғыдай нөлге тең*.

**Полярлық емес диэлектриктің поляризациясы.** Ішкі электр өрісіне орналасқан **полярлық емес диэлектрикте** молекулалардың оң және теріс зарядтардың бір-біріне қатысты араласуы өтеді. *Оң және теріс зарядтардың центрлерінің таралуы сәйкес келмейді (беттеспейді)*. Бұндай деформацияланған молекулаларды осі өріс бойымен бағытталған электрлік диполь ретінде қарастыруға болады. Диэлектрик бетінде полярлық диэлектрикті поляризациялау кезіндегідей байланысқан зарядтар бола бастайды.

Диэлектрик ішінде дипольдердің оң және теріс заряды бір-бірін теңгереді және орташа байланысқан заряд бұрынғыдай нөлге тең.



3-сурет



4-сурет

Диэлектрик бетіндегі байланысқан заряд, ішкі өрістің кернеулігіне  $\vec{E}_0$  кері бағытталған өзінің кернеулігі  $\vec{E}_1$  меншікті электр өрісін туғызады (4 – сурет).

Сондықтан диэлектрик ішіндегі қорытқы өріс бәсеңдейді. Бәсеңдеу дәрежесі диэлектриктің қасиетіне байланысты.

Ортаның диэлектриктік өтуі (енуі) деп біртекті диэлектрик ішінде

электр өрісі кернеулігінің модулі  $\vec{E}_1$  бастықтағы (вакуумдегі) өріс кернеулігі модулінен  $\vec{E}_0$  неше есе кем екенін көрсететін физикалық шама:

$$\epsilon = \frac{E_0}{E_1} \quad (2)$$

Жасанды жолмен жартылай өткізгіштегі еркін электрондардың санын не кемтіктердің санын көбейтуге болады. Ол үшін кремний кристалына бес валентті мышьяк атомдарын, болмаса үш валентті индий атомдарын ендіреді. Бірінші жағдайда кемтіктеріне қарағанда электрондары өте көп жартылай өткізгіш қоспа алынады, оны  $n$  –типті (negativus – теріс сөзінің бас әріпі) жартылай өткізгіш деп атайды. Ал, екінші жағдайда – кемтік саны көп болады, мұндай қоспаны  $p$  –типті (positivus – оң сөзінің бас әріпі) жартылай өткізгіш деп атайды. Ондай жағдайда  $n$  –типті жартылай өткізгіштердегі негізгі заряд тасымалдаушы – электрондар, ал  $p$  –типті жартылай өткізгіштерде – кемтіктер болып қалады.

Бұл мәселелерді оқушылардың терең түсінуі үшін «Жартылай өткізгіштер және олардың техникада қолданылуы» фильмінің сәйкес фрагменттерін көрсетуге болады.

$p - n$  - ауысу. Жартылай өткізгіштерге тән қасиеттердің ең маңыздысы - әр типті екі жартылай өткізгіштердің түйісуі екендігі, оның  $p-n$  – ауысу деп аталатындығы айтылады.  $p-n$  – ауысу қасиетін түсіндіруді тәжірибеден бастаған тиімді. Жартылай өткізгішті диодтың бір бағытта токты жақсы өткізетіндігін, екінші бағытта өте нашар өткізетіндігі көрсетіледі.

Бұл құбылыстардың себебі жөнінде сыныпта проблемалық жағдай туғызуға болады. Алдымен әр типті өткізгіштерді түйістіргенде жүретін процесс түсіндіріледі. Дерееу түйісу арқылы негізгі заряд тасымалдаушылардың диффузиясы басталады да, түйісу аймағында зарядтардың бейтараптануы нәтижесінде аймақтың кедергісі артып кетеді. Жартылай өткізгіштердің түйіскен жерінде пайда болған қосарланған электр қабаты зарядтар қозғалысына кедергі жасап, белгілі моментте диффузия процесін тоқтатып тастайды.

Міне осындай жартылай өткізгіштерді ток көзіне қосып көрейік. Егер ток көзінің электр өрісі  $p-n$  – ауысуда пайда болған қосарланған электр қабатының өрісіне қарама-қарсы бағытта болса, онда сыртқы электр өрісі негізгі заряд тасымалдаушыларды түйісуге қарай қозғап, ол аймақтың кедергісін азайтып жібереді. Мұндай жағдайда  $p-n$  – ауысу арқылы ток жүреді.

Егер ток көзінің электр өрісі  $p-n$  – ауысудағы электр өрісімен бағыттас болса, онда сыртқы электр өрісі негізгі заряд тасымалдаушыларды жан-жаққа тартып кетеді де,  $p-n$  – ауысу аймағындағы кедергі күрт өседі. Бұл жағдайда түйісу аймағында жапқыш қабат пайда болады деп айтады, өте аз ғана ток жүреді. Токты негізгі емес заряд тасымалдаушылар жасайды.

Қорыта келгенде,  $p-n$  – ауысудың токты бір бағытта өткізіп, екінші бағытта, практикалық тұрғыдан қарағанда, өткізбейтін қасиеті бар екен.

Жартылай өткізгішті диод. Диод деп бір  $p-n$  –ауысудан тұратын жартылай өткізгішті приборларды айтады. Диодтың құрылысын арнайы дайындалған кесте көмегімен түсіндіріп, оның жұмысын тәжірибе жасап көрсеткен тиімді.

Әрі қарай диодтың вольт-амперлік сипаттамасы қарастырылады. Токты өткізу бағытында кернеуге байланысты ток жылдам өседі де, жапқыш бағытта ток аз және кернеуге айтарлықтай тәуелді емес. Графиктен  $p-n$  – ауысудағы токтың Ом заңына бағынбайтығын байқауға болады. Жартылай өткізгішті диодтардың айнаымалы токты түзету үшін қолданылатындығы айтылады.

Сонымен қатар әр түрлі мақсаттарда диодтардың радио – техникада, автоматикада, телемеханикада, кеңінен қолданылып келе жатқандығын айту керек.

Транзистор. Екі p-n – ауысудан тұратын жартылай өткізгіштік құрылғыны транзистор деп атайды (transfer – тасу, resistor – кедергі) оны екі p- типті жартылай өткізгіштер қабатының арасына n- типті жартылай өткізгіш қабатын орналастыру арқылы, немесе екі n- типті жартылай өткізгіш қабатының ортасына p- типті жартылай өткізгіш орналастыру арқылы дайындайды. Екі шеткі жартылай өткізгіштердің бірі эмиттер деп, екіншісі – коллектор деп аталады, ортағы қабатты база дейді. Бұл алынған екі p-n – ауысулардың электр тогын өткізу бағыттары бір-біріне қарама-қарсы. Эмиттер база арасына  $\varepsilon_1$ , база коллектор арасына  $\varepsilon_2$  батареяларын қосамыз. Сол жақтағы p-n – ауысу арқылы ток өтеді – ол p-n – ауысу ашық, ал оң жақтағы p-n – ауысуға батарея ток өткізбейтіндей бағытта жалғанған.

База қабаты өте жұқа болады, оның ені әдетте электрондардың еркін жолының орташа ұзындығымен өлшемдес. База енінің мұншалықты жұқа болуы эмиттерден базаға өткен электрондардың түгел дерлік екінші p-n – ауысуға өтіп кетуіне мүмкіндік жасайды. Соның нәтижесінде база-коллектор тізбегінде ток пайда болады. Ол ток шамасы эмиттер – база тізбегіндегі ток шамасына тәуелді болатындығы өзінен өзі түсінікті. Егер эмиттер – база тізбегіндегі ток өзгереді болса, онда синхронды түрде база-коллектор тізбегіндегі ток та өзгереді.

Міне, транзистордың осы айтылған қасиеті әлсіз электр сигналдарын күшейту мақсатында қолданылады. Ол үшін әлсіз сигнал көзін эмиттер-база тізбегіне тізбектеп қосады, ондай жағдайда R кедергісін үлкен етіп алу нәтижесінде, оған түсетін кернеудің мәнін де үлкейтіп алуға болады. Транзистор көмегімен әлсіз сигналды он мың есеге дейін күшейте аламыз.

Басқа жартылай өткізгіш приборлар тәріздес транзисторлардың да радиотехникада, автоматикада, телемеханикада және техниканың басқа да салаларында қолданылатындығы жөнінде мысалдар келтіруге болады.

Тақырыпты бекіту мақсатында, ең соңында жартылай өткізгіштердің электр өткізу қасиетін металдардың электр тогын өткізумен салыстыруға болады.

## Сабак № 20

### Тақырыбы: 2.1.4 Электр сымдылық. Конденсатор

#### Сабак жоспары:

1. Сымдылық
2. Конденсатордың энергиясы
3. Конденсатор және оның түрлері

Қандайда бір әдіспен екі өткізгішті зарядтағанда оның бірі шамасы  $q$  оң зарядталып, ал екіншісі шамасы дәл сондай теріс зарядталады. Өткізгіштер арасында электр өрісі пайда болып, потенциалдар айырымы (кернеу) туындайды. Егер электр өрісі жеткілікті күшті (кернеу жоғары) болса, онда **диэлектриктің істен шығуы** орын алады: *диэлектрик өткізгішке айналады*, онда өткізгіштер арасында ұшқын пайда болып, олар разрядтала (зарядтарын жоғалта) бастайды. Табиғатта бұл құбылысты күн күркірегенде найзағай ойнағанынан байқауға болады. Өткізгіштер арасындағы кернеу тез өсуі бәсеңдеген сайын олардың зарядтарының көбейгені, көп заряд ұстап қалуға мүмкіндік береді.

**Электр сыйымдылығы** дегеніміз екі өткізгіштің *электр зарядын ұстап қалу қабілетін* сипаттайтын шама.

**Екі өткізгіштің электр сыйымдылығы** деп бұл екі өткізгіштің бірінің зарядының олардың потенциалдарын айырмасына қатынасын айтады:

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

**Дараланған өткізгіштің электр сыйымдылығы** деп, өткізгіш потенциалы шексіз қашықтықта нөлге тең деп *жорамалдағанда*, бұл өткізгіштің зарядының  $q$  оның потенциалына  $\varphi$  қатынасын айтады:

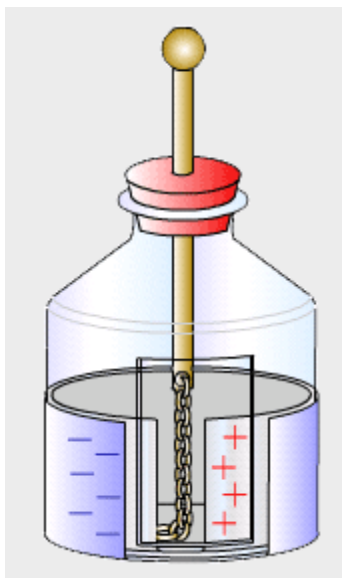
$$C = \frac{q}{\Phi} \quad (2)$$

Өткізгіштің электр сыйымдылығы оның формасынан, сызықты өлшемдерінен және қоршаған ортаның электрлік қасиеттерінен тәуелді.

Радиусы  $R$  **дараланған шардың** немесе **өткізгіш сфераның электр сыйымдылығы** мынаған тең:  
 $C = 4\pi\epsilon_0\epsilon R$  (3), мұнда  $\epsilon_0$  – электр тұрақтысы.

**Екі өткізгіштің электр сыйымдылығы** СИ жүйесінде бірге тең, егер оларға  $+1$  Кл және  $-1$  Кл заряд жіберілсе, олардың арасындағы потенциалдар айырымы  $1$  В. Бұл бірлікті **фарад** ( $1$  Ф) деп атайды;  $1$  Ф =  $1$  Кл/В.

### Конденсатор. Жазық конденсатордың электр сыйымдылығы



1-сурет

**Конденсатор** деп диэлектриктердің жұқа қабатымен бөлінген модульдары бойынша тең әр аттас зарядталған зарядтардың екі өткізгіштен тұратын жүйесін айтады.

Бұл жағдайда конденсатордың орамдары деп аталатын өткізгіштердің формасымен бір-біріне қатысты орналасуы олардың тудыратын электр өрісі кеңістіктің шектеулі аймағына бағытталатындай болуы керек.

Конденсаторлар жазық, сфералық және цилиндрлік деп ажыратылады.

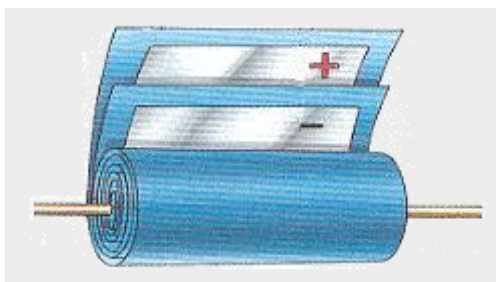
**Конденсатордың электр сыйымдылығы** жоғарыда көрсетілген формуладағыдай екі өткізгіштің электр сыйымдылығынан есептеледі:

$$C = \frac{q}{\Phi_1 - \Phi_2}$$

2. **Жазық конденсатор** бір-бірінен аз арақашықтықта орналасқан бірдей екі параллель пластинадан тұрады. **Жазық конденсатордың электр сыйымдылығы** мынаған тең:

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

мұнда  $S$  – әр пластинаның ауданы,  $d$  –



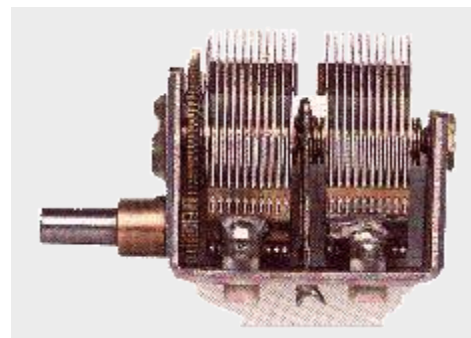
3-сурет

түрлерін білесіңдер?

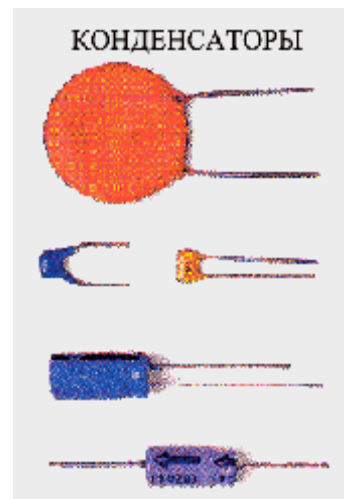
3. Конденсатор заряды деген не?

### Бақылау сұрақтары

1. Конденсатор деген не?
2. Конденсаторлардың қандай



2-сурет



4-сурет

### Сабақ № 21

Тақырыбы: 2.1.5 Конденсаторларды қосу. Зарядталған шар энергиясы.

#### Сабақ жоспары:

1. Конденсаторларды қосу түрлері
2. Зарядталған шар энергиясы

пластиналар арасындағы арақашықтық.

**Электр өрісінің энергиясы. Конденсаторды тізбектей және параллель жалғау**  
**Зарядталған конденсатор энергиясы** мына формуламен анықталады:

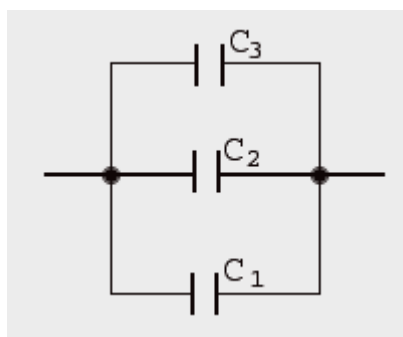
$$W_p = \frac{q^2}{2C} = \frac{CU^2}{2} \quad (4), \text{ мұнда } q - \text{ конденсатор орамының заряды, } U - \text{ орамдар арасындағы потенциалдар айырымы.}$$

Зарядталған конденсатордың энергиясы деп олардың электр өрісін жасайтын энергияны айтады.

**Электр өрісінің энергиясы** өрістің негізгі сипаттамасы – кернеулік арқылы өрнектеледі:

$$W_p = \frac{\epsilon\epsilon_0 E^2}{2} \quad (5), \text{ мұнда } \epsilon_0 - \text{ электр тұрақтысы.}$$

Берілген кернеуде қажетті сыйымдылықты алу үшін конденсаторды батареяға жалғайды.



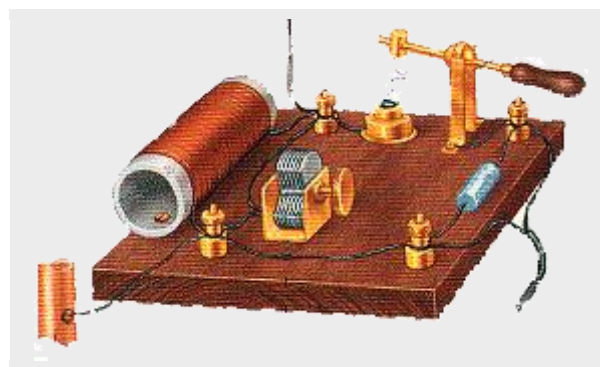
6-сурет

Сыйымдылықтары  $C_1, C_2, C_3$  конденсаторларды параллель жалғағанда (6 – сурет) батареяның қорытқы электр сыйымдылығы мына формуламен есептеледі:

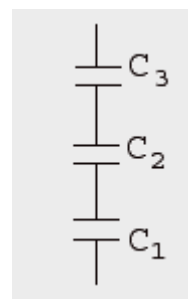
$$C = C_1 + C_2 + C_3, \quad (6), \text{ бұл жағдайда конденсаторлар орамдары арасындағы потенциалдар айырымы бірдей.}$$

Конденсаторларды тізбектей жалғағанда (7– сурет) батареяның сыйымдылығы келесі формуламен анықталады:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \quad (8), \text{ бұл кезде конденсаторлардың заряды тең. Бұл жағдайда қорытқы сыйымдылық батареяға кіретін кез-келген конденсатордың ең кіші сыйымдылығынан кіші болады.}$$



5-сурет



7-сурет

## Сабақ № 22

**Тақырыбы: 2.1.5 Электр тоғы және электр тоғын сипаттайтын шамалар**

**Сабақ жоспары:**

1. Ток күші
2. Амперметр
3. Ток тығыздығы

### Ток күші.

Өткізгіштің көлденең қимасынан 1с ішінде қандай заряд өтетінін көрсететін физикалық шама **ток күші** деп аталады.

Осы ток күші. Ол  $I$  әрпімен белгіленеді:

$I$  — ток күші.

Сонымен  $I$  - ток күшін табу үшін өткізгіштің көлденең қимасынан  $t$  уақыт ішінде өткен  $q$  - электр зарядын осы уақытқа бөлу керек:

$$I = \frac{q}{t} \quad (1)$$

Ток күшінің бірлігі француз ғалымы **А. М. Ампердің** (1775-1836) құрметіне *ампер* (А) деп аталған.

Бұл бірліктің анықталу негізіне токтың магниттік әсері жатады. Біз оны қарастырмаймыз. Егер ток күші  $I$  белгілі болса, онда  $t$ -уақыт ішінде өткізгіштің көлденең қимасынан өткен  $q$ -зарядты табуға болады. Ол үшін ток күшін уақытқа көбейту керек:

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

Алынған өрнектен электр зарядының бірлігі - *кулон* (Кл) анықталады:

$$1\text{Кл} = 1\text{А} * 1\text{с} = 1\text{А} * \text{с}.$$

Ток күші  $1\text{А}$  болғанда өткізгіштің көлденең қимасынан  $1\text{с}$  ішінде өткен заряд -  $1\text{Кл}$ .

$1\text{с}$  жүзінде ток күшінің амперден басқада туынды бірліктері қолданылады. Мысалы: миллиампер (мА) және микроампер (мкА):

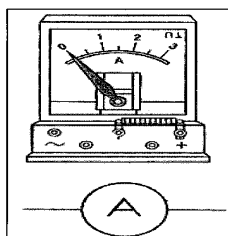
$$1\text{ мА} = 0,001\text{ А}, \quad 1\text{ мкА} = 0,000001\text{ А}.$$

Ток күшінің бірлік ауданға қатынасы ток тығыздығы деп аталады:

$$J=I/S \quad (3)$$

Өлшем бірлігі ( $\text{А}/\text{м}^2$ )

Амперметрдің құрылысы әр түрлі болады. Мектепте демонстрациялық тәжірибеге арналған амперметр **2.1.5.1**-суретте берілген. Осы суретте оның шартты белгісі де (ішінде "А" - латын әрпі бар дөңгелек) көрсетілген.

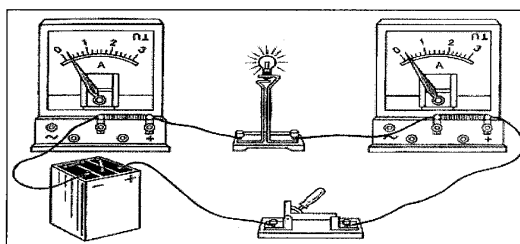


**2.1.5.1-сурет. Амперметр.**

Басқа да өлшеуіш құралдар сияқты амперметрді тізбекке қосқанда өлшенетін шамаға әсері елеулі болмау керек. Сондықтан, амперметр тізбекке қосылғанда ток күші өзгермейтіндей етіп жасалады. Техникада қолданылуына қарай шкалаларының бөлік құны әр түрлі амперметрлер қолданылады. Амперметр шкаласынан оның қандай ең үлкен ток күшін өлшей алатындығы көрінеді. Ток күші көбірек тізбекке құралды қосуға болмайды, ол кү йіп кетуі мүмкін.

Амперметрді қосу үшін тізбекті үзіп, өткізгіштің бас ұштарын құрал клеммаларына қосады. Мына ережелерді орындау керек:

- 1) амперметрді ток күшін өлшейтін тізбек элементімен тізбектей қосу қажет;
- 2) амперметрдің «+» таңбалы клеммасына ток көзінің оң полюсінен келетін өткізгішті, «-» — таңбалы клеммасына теріс полюстан келетін өткізгішті қосу керек.



**2.1.5.2-сурет. Амперметрлерді қосу.**

### Бақылау сұрақтары

1. Электр тоғы деп нені айтады?
2. Электр тоғы қалай бағытталған?
3. Ток күші деп қандай физикалық шаманы айтамыз?



## Тақырыбы: 2.2.1 Тұрақты электр тоғы. Электр тізбегі.

### Сабақ жоспары:

1. Тұрақты ток
2. Кернеу

1. Кернеу тұрақты болса, онда ток күші кедергіге кері пропорционал: тізбек бөлігінің  $R$  кедергісі неғұрлым көп болса, ондағы  $I$  ток күші соғұрлым аз.

Осы заңдылықты тексеру үшін қолданған тізбектегі шамды кедергілер жинағымен алмастырамыз. (3-сурет). Әр түрлі кедергілерге сәйкес ток күшін өлшеп, біз шынында да  $I$  ток күшімен  $R$ -кедергі кері пропорционалдық тәуелділікте екендігіне көз жеткіземіз.

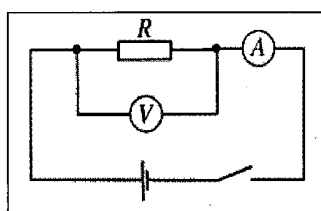
Кедергіні азайтқанда ток күші артады. Егер ток күші осы тізбек үшін шекті мәннен артып кетсе, онда тізбектегі құралдар істен шықса, ал сымдар қызып өрт шығуы мүмкін. Қысқа тұйықталу кезінде осы жағдай орын алады. Қысқа тұйықталу деп тізбектің кернеуі бар екі нүктесін кедергісі өте аз қысқа өткізгішпен қосуды айтады.

Тоғы бар жалаңаштанған өткізгіштер бір-біріне тигенде, оларды ұқыпсыз жөндегенде, құрастыру платаларында көп шаң жиналғанда және электр құралдарының ішіне жәндіктер кіріп кеткенде де қысқа тұйықталу орын алу мүмкін.

Кедергіні тәжірибе арқылы анықтау әдісі Ом заңына негізделген. (2) формуладан.

$$R=U/I \quad (2)$$

Сондықтан тізбек бөлігінің  $R$  кедергісін анықтау үшін  $U$  мен  $I$  ток күшін өлшеп кернеуді ток күшіне бөту керек. Осыған сәйкес тізбек кескіні 39-суретте көрсетілген.



3-сурет.

Егер, керісінше тізбек бөлігінің  $R$  кедергісі мен  $I$  ток күші белгілі болса, онда Ом заңын қолданып  $U$  кернеуді есептеуге болады. (2) формуладан

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

Тізбек бөлігіндегі  $U$  кернеуді табу үшін, осы бөліктің  $I$  ток күшін  $R$  кедергіге көбейту керек.

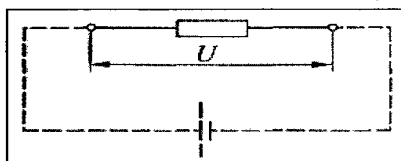
### Сабақ № 24

## Тақырыбы: 2.2.2 Электрлік кедергі. Ом заңы.

### Сабақ жоспары:

1. Кедергі
2. Ом заңы

Өткен параграфтарда тізбекте өтетін электр тоғын сипаттайтын үш шама —  $I$  ток күші,  $U$  кернеу және  $R$  кедергі қарастырылды. Осы шамалардың арасында белгілі бір байланыс бар. Сол байланысты көрсететін заңдылықты 1827 ж. неміс ғалымы **Г. Ом** анықтаған, сондықтан Ом заңы деп аталады.



1 - сурет

Кез-келген электр тізбегінде кедергі  $R$  және кернеуі  $U$  болатын бөлікті алайық (1- сурет). **Ом заңы** бойынша:

Тізбек бөлігіндегі ток күші осы бөліктің кернеуінің кедергіге қатынасына тең.

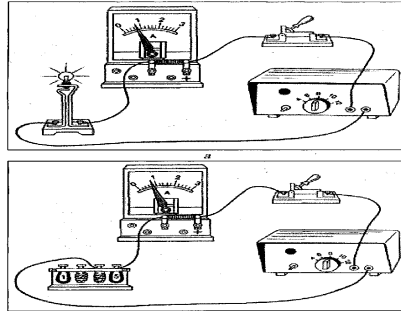
Ом заңы математикалық түрде мына формуламен жазылады:

$$I=U/R \quad (1)$$

Ом заңы тізбек бөлігінің кедергісі мен кернеуі өзгергенде ток күші қалай өзгертіндігін анықтауға мүмкіндік береді.

1. *Кедергі өзгермесе ток күші кернеуге тура пропорционал: тізбек бөлігінің ұштарында U кернеу неғұрлым жоғары болса, осы бөліктегі I ток күші соғұрлым көп болады.* Кернеуді бірнеше есе арттырып (немесе кемітіп) біз ток күшін сонша есе арттырамыз (немесе кемітеміз).

Осы заңдылықты тәжірибеде көрсетейік. Ток көзінен, шамнан, амперметрден және кілттен тұратын тізбек құрайық. **(2-сурет)**. Ток көзі ретінде кернеуін 4—12 В аралығында өзгертуге болатын құрылғы алайық. Әр түрлі кернеуге сәйкес ток күшін өлшеу арқылы токтың шынында да кернеуге пропорционал екендігіне көз жеткізуге болады.



**(2-сурет Тізбекті жинау.**

**Сабақ № 25**

**Тақырыбы: 2.2.3 Сымдарды қосу әдістері.**

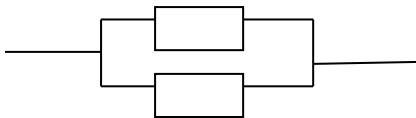
**Сабақ жоспары:**

1. Сымдарды қосу әдістері

**Сымдарды қосу әдістері.**

Өткізгіштерді параллель қосу:

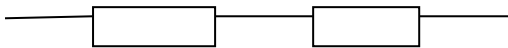
$$I = I_1 + I_2$$



$$U=U_1=U_2$$

$$1/R = 1/R_1+1/R_2$$

Өткізгіштерді тізбектей қосу:



$$I = I_1 = I_2$$

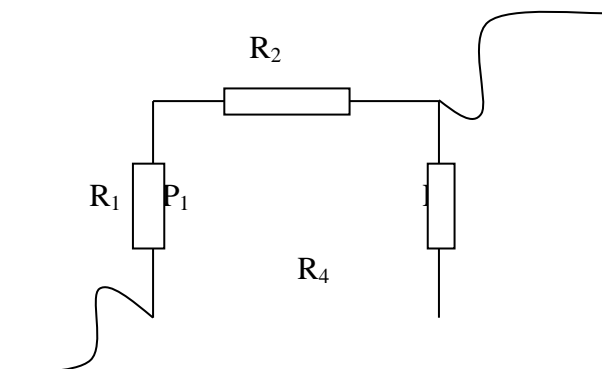
$$U = U_1 + U_2$$

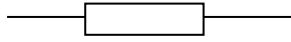
$$R = R_1 + R_2$$

**Сабақ № 26**

**Тақырыбы: 2.2.4 Тұтынушыларды қосу негіздерінде есептер шығару.**

1. Тұрақты ток тізбегіндегі резисторлардың кедергісі  $R_1, R_2, R_3$  және  $R_4$ , ал бірінші кедергіде бөлінетін қуат  $P_1$  (1-сурет). Қалған әрбір резисторда бөлінетін қуат қандай? (5 ұпай)





1- Сурет

2. Әрбіреуінің кедергісі 40 Ом болатын үш шам тізбектей кернеуі 120 В тізбекке жалғанған. Жалпы ток күші қандай болады?
3. 20 Ом кедергі алу үшін кедергісі 24 Ом болатын өткізгішке қандай кедергі қосу керек?
4. Пайда болған бөліктерді параллель қосып 4 Ом кедергі алу үшін кедергісі 64 Ом өткізгішті қанша бөлікке бөлу керек?
5. Тізбек кедергілері 2 және 4 Ом екі тізбектей жалғанған өткізгіштерден тұрады. Тізбектегі ток күші 0,2 А. Тізбектегі әрбір өткізгіш кернеуін және олардың жалпы кедергісін табыңдар.
6. Кедергілері 1 және 2 Ом екі өткізгіш параллель қосылған. Тізбектегі кернеу 12В. Әрбір кедергідегі тоқты және олардың жалпы кедергісін табыңдар.
7. Әрбіреуінің кедергісі 120 Ом болатын үш шам тізбектей кернеуі 220 В тізбекке жалғанған. Жалпы ток күші қандай болады?
8. 60 Ом кедергі алу үшін кедергісі 36 Ом болатын өткізгішке қандай кедергі қосу керек?

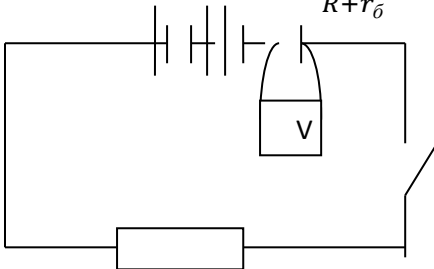
**Сабак № 27**

**Тақырыбы: 2.2.5 Ток көздерін қосу әдістері. Токтың жұмысы мен қуаты.**

**Сабак жоспары:**

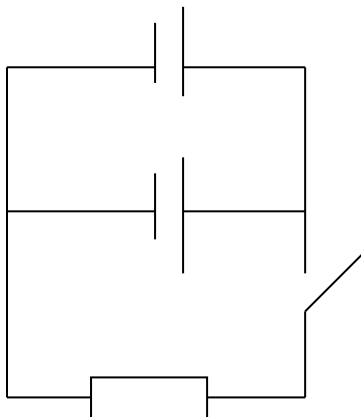
1. Тізбектей жалғау
2. Параллель жалғау
3. Токтың жұмысы
4. Джоуль-Ленц заңы
5. Токтың қуаты

Тізбектей қосу:  $I = \frac{\varepsilon_0}{R+r_0}$



Параллель қосу:  $I = \frac{\varepsilon}{R+(\frac{r}{m})}$

m- бірдей элементтер саны.



Тоқтың жұмысы.  $\Delta t$  уақытта өткізгіштің көлденең қимасы арқылы тоқ өтеді дейік. Сонда электр өрісі мынадай жұмыс өндіреді:

$$A = \Delta qU \quad (3)$$

$$I = \frac{q}{t} \rightarrow q = It \rightarrow A = ItU \quad (4)$$

Тізбек бөлігіндегі тоқтың жұмысы (2.2.1.5) тоқ күшінің кернеуге және жұмыс өндіруге кеткен уақытқа көбейтіндісіне тең.

$$A = ItU = W \quad (5)$$

$$U = IR \rightarrow A = IUt = I^2Rt = \frac{U^2}{R}t = Q \quad (6)$$

Джоуль-Ленц заңы. Тоғы бар өткізгіштің қоршаған ортаға бөліп шығаратын жылуының мөлшерін анықтайтын заңды бірінші болып ағылшын ғалымы Джоуль мен орыс ғалымы Ленц тәжірибе жүзінде ашты. Заң былай тұжырымдалады: тоғы бар өткізгіштің бөлініп шығатын жылу мөлшері тоқ күшінің квадратына, өткізгіштің кедергісіне және өткізгіш бойымен тоқ жүретін уақытқа көбейткенге тең(2.2.1.7)

$$Q = I^2R\Delta t \quad (7)$$

Тоқтың қуаты(2.2.1.8). Кез-келген электр құралы –электр шамы, электр двигателі уақыт бірлігінде белгілі бір энергия тұтынуға есептелген. Сондықтан тоқтың жұмысы мен қатар тоқтың қуаты деген ұғым бар. Тоқтың қуаты уақыттағы тоқжұмысының сол уақыт аралығына қатынасына тең

$$P = \frac{A}{\Delta t} = IUI = \frac{U}{R} \rightarrow P = IU = I^2R = \frac{U^2}{R} \quad (8)$$

#### Бақылау сұрақтары

1. Тізбек бөлігі үшін Ом заңы қалай айтылады?
2. Толық тізбек бөлігі үшін қалай оқылады?
3. Электр кедергісі деп нені түсінесіңдер?

#### Сабак № 28

##### Тақырыбы: 2.3.1 Металдардағы электр тоғы.

##### Сабак жоспары:

1. Металдарда еркін электрондардың бар екендігінің тәжірибелік дәлелдемесі
2. Электрондардың металдағы қозғалысы

Метал өткізгіштерден бастаймыз. Ол өткізгіштердің вольт-амперлік сипаттамасы бізге белгілі, бірақ әзірге оның молекула-кинетикалық теория тұрғысынан түсіндірілуі туралы ештеңе айтылған жоқ. Металдардағы еркін заряд тасушылар электрондар болып табылады. Олардың шоғыры өте үлкен  $10^{28}$   $1/\text{м}^3$  шамасында. Бұл электрондар бейберекет жылулық қозғалысқа қатысады. Электр өрісінің әсерінен олар  $10^{-4}$  м/с (52-параграфты қара) шамасындағы орташа жылдамдықпен, реттелген түрде орын ауыстыра бастайды.

Металдағы токты еркін электрондар туғызады. Олардың концентрациясы үлкен болады және металл атомдарының концентрациясымен бір ретті болады.

Металдар электр өткізгіштігінің классикалық электрондық теориясының негізінде келесі ұйғарымдар жатады:

- 1) металдағы еркін электрондар өздерін идеал газ молекулалары тәрізді ұстайды; “электрондық газ” идеал газ заңдарына бағынады;
- 2) ретсіз қозғалыс кезінде еркін электрондар өзара соқтығыспайды ( идеал газ молекулалары тәрізді), олар кристалдық торлардың иондарымен соқтығысады;
- 3) электрондар иондармен соқтығысқанда өздерінің кинетикалық энергиясын толығымен береді.

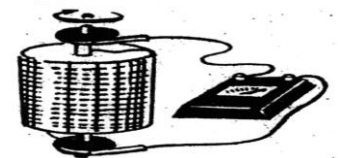
Металдағы электрондардың реттелген қозғалысының орташа жылдамдығы  $\bar{v}$  өткізгіштің берілген нүктесіндегі электр өрісінің кернеулігіне пропорционал болады:

$$\bar{v} = \frac{e\bar{\tau}}{2m} \cdot E \quad (1)$$

мұндағы  $e$ - электрон заряды,  $m$ - оның массасы,  $\bar{\tau}$ - тектелес екі соқтығудың арасындағы орташа уақыт (электронның еркін жолының орташа уақыты).

**Металдарда еркін электрондардың бар екендігінің тәжірибелік дәлелдемесі.** Металдардың өткізгіштігі олардағы еркін электрондардың қозғалысынан болатындығының тәжірибелік дәлелдемесін тәжірибе жүзінде Л. И. Мандельштам мен Н. Д Папалекси (1913 ж.) Б. Стюартпен, Р.Толмен (1916 ж.) берген.

Бұл тәжірибелердің мазмұны мынадай. Катушкаға сымды орайды да, оның екі ұшын бір-бірінен изоляцияланған екі металл дискіге дәнекерлеп бекітеді (1-сурет). Дискілердің ұштарына сырғымалы контактілердің жәрдемімен гальванометрді қосады.



**1-сурет. Катушка**

Катушканы қатты айналдырады да, сосын кенет тоқтатады. Кенет тоқтатқанда, катушканың зарядталған еркін бөлшектері өткізгішке қатысты инерциясы бойынша біраз уақыт қозғалыста болады, олай болса, катушкада электр тогы пайда болады. Ток аз уақытқа созылады, себебі өткізгіш кедергісінің әсерінен зарядталған бөлшектер тежеледі де, ток құрайтын бөлшектердің реттелген қозғалысы тоқтайды.

Токтың бағыты, онын теріс зарядталған бөлшектердің қозғалысынан пайда болғанын көрсетеді.

**Электрондардың металдағы қозғалысы.** Электр өрісі тарапынан болатын тұрақты күш әсерінен электрондар реттелген қозғалыста белгілі бір жылдамдық алады. Бұл жылдамдық әрі қарай уақыт өтуіне байланысты артпайды, өйткені кристалдық тордың иондарының тарапынан электрондарға белгілі бір тежеуіш күш әсер етеді. Бұл күш суға батқан тасқа әсер ететін кедергі күшіне ұқсас. Нәтижесінде электрондардың реттелген қозғалысының орташа жылдамдығы өткізгіштегі электр өрісінің кернеулігіне пропорционал,  $v \sim E$  олай болса, өткізгіштің ұштарындағы потенциалдар айырмасына да пропорционал болғаны, себебі

$E = U/l$ , мұндағы  $l$  — өткізгіштің ұзындығы. Өткізгіштегі ток күші бөлшектердің реттелген қозғалысының жылдамдығына пропорционал екенін біз білеміз. Сондықтан ток күші өткізгіштің ұштарындағы потенциалдар айырмасына пропорционал деп айта аламыз:  $I \sim U$ . Металлар өткізгіштігінің электрондық теориясы негізінде Ом заңын сапа жағынан түсіндіру міне осындай. Металдардағы еркін зарядтарды тасушылар электрондар екендігі тәжірибе арқылы дәлелденген. Электр өрісінің әсерінен электрондар кристалдық тордың тарапынан болатын тежеудің салдарынан

тұрақты орташа жылдамдықпен қозғалады. Реттелген қозғалыстың жылдамдығы өткізгіштегі өріс кернеулігіне тура пропорционал.

### Бақылау сұрақтары

1. Еркін электрондар деген не?
2. Потенциал айырмасы деген не?

### Сабак № 29

**Тақырыбы: 2.3.2 Сұйық заттардағы электр тоғы.**

#### Сабак жоспары:

1. Сұйық заттардағы электр тоғы.

#### **Сұйық заттардағы электр тоғы.**

Молекулалардың иондарға ыдырау процесі электролиттік диссоциация деп аталады. Электр тоғын өткізетін ерітінділерді электролит деп атайды. Электролиттегі электр тоғын иондар тасымалдайды. Ток көзінің оң полюсіне жайған электродты анод, ал теріс полюсіне жалғанған электродты катод деп аталады. Теріс зарядталған иондар аниондар, оң зарядын ион катиондар деп аталады. Электролит арқылы электр тоғын жібергенде оның құрама бөліктерге бөлінуін электролиз деп атайды. 1833 жылы Фарадей электролиз заңдарын ашты. I заңы: Электролиттен  $t$  уақыт ток өткенде электродта бөлініп шыққан заттың  $m$  массасы  $J$  ток күшіне және  $t$  уақытқа тура пропорционалды

$$m = kJt = kq \quad (1)$$

Заттың электрохимиялық эквиваленті  $k$  ерітіндіден  $1\text{кл}$  электр тоғы өткенде бөлініп шығатын заттың мөлшеріне тең.

II заң: Элементтің электрохимиялық эквивалентіне пропорционал:  $k \sim x$

$$x = A/n \quad (2)$$

$A$  - атом саны  $n$  - оның валенттігі

$$k = cx = c \frac{A}{n}$$

(3),  $c$ -тұрақты пропорционалдық коэффициент

Ток тасушылары иондар болатын сұйық және қатты заттарды **электролиттер** дейді. **Иондар** деп бір немесе бірнеше электрондарды жоғалтқан немесе өзіне қосып алған атом мен молекулаларды айтады. Қышқылдар, сілтілер және тұздар ерітінділері электролит болады. Электр тоғының сұйықтан өтуі электролизбен (электродтарда, электролиттердің құрамына кіретін зат бөлінуімен) қатар жүреді.

1. Электролиздің бірінші заңы (Фарадейдің бірінші заңы):

электродтарда бөлінетін заттың массасы электролиттен өткен  $q$  зарядына тура пропорционал

$$m = k \cdot q, \text{ немесе } m = k \cdot I \cdot \Delta t \quad (7.10)$$

(өйткені,  $q = I \Delta t$ ;  $I$  – ерітіндіден  $\Delta t$  уақытында өткен тұрақты токтың күші).

2. Электролиздің екінші заңы (Фарадейдің екінші заңы):

заттардың электрохимиялық эквиваленттері олардың  $M$  мольдық (немесе атомдық) массаларының валенттілігіне ( $n$ ) қатынасына тура пропорционал:

$$k = c \frac{M}{n} = \frac{I}{F} \cdot \frac{M}{n} \quad (7.11)$$

$$F = \frac{I}{c} \text{ - шамасын Фарадейдің саны дейді.}$$

### Бақылау сұрақтары

1. Фарадейдің 1 және 2 заңдары
2. Фарадей саны?

### Сабак № 30

**Тақырыбы: 2.3.3 Газдардағы электр тоғы. Вакуумдағы электр тоғы.**

#### Сабак жоспары:

2. Газдың иондалуы
3. Электронды соққыдан иондалуы
4. Иондау энергиясы
5. Газ разряды
6. Тәуелді және тәуелсіз газ разряды

Қалыпты жағдайда газдарда еркін ток тасушылар (электрондар мен иондар) болмайды.

Газдардың атомадары мен молекулаларына электронның үзіліп кетуі *газдардың иондалуы* дейді. Газдарда электр тоғын тасушылар тек газдар иондалғанда ғана пайда болуы мүмкін. Электронның газ атомдарымен (молекулаларымен) соқтығысуынан болатын газдың иондалуын *электронды соққыдан иондалу* дейді.

Пайда болған оң және теріс иондар газдарға электродтар тоғын алып жүреді. Электр тоғының газдарында пайда болуын газ разряды деп аталады. 2 түрі болады: тәуелді және тәуелсіз.

- 1) тәуелді газ разряды ионизатордың көмегімен іске асады. Газ молекулаларын оң немесе теріс иондарында жіктеуге көмектесетін құрал ионизатор деп аталады.
- 2) егер сыртқы ионизатордың әсерін тоқтатқаннан кейін әрі қарай жүре беретін болса, онда тәуелді разряд, тәуелсіз разрядқа айналады.

Газдардың иондалу сыртқы әсерленген (*сыртқы ионизаторлардан*): қатты қыздырудан, әр түрлі сәулеленуден пайда болуы мүмкін. Электрондардың атомнан бөлініп кетуіне қажет минимальді энергияны *иондау энергиясы* дейді. Газдың иондалу үшін жұлынып кететін және атомның (молекуланың) қалған бөлігінің арасындағы әсерлесу күшіне қарсы *иондалу жұмысын* жасау қажет ( $A_i$ ).

Қарама – қарсы зарядттаған бөлшектердің қайтадан бейтарап атом (молекула) құрыуын *рекомбинация* дейді. Сыртқы ионизаторлар тұрақты болса, ионизациялану мен рекомбинациялану арасында динамикалық тепе – теңдік қалыптасады. Бұл жағдайда жаңадан құрылған зарядталған бөлшектердің саны бейтарап атомға (молекулаға) біріккен парлардың санына тең болады.

Газдағы электр ток *газ разряды* деп аталады.

Сыртқы ионизаторлардан (қатты қыздырудан, әр түрлі сәулеленуден) пайда болатын газдың электр өткізгіштігі *тәуелді газ разряды* деп аталады.

Электр тоғының газдан сыртқы ионизаторларға тәуелсіз өту құбылысы, *тәуелсіз газ разряды* дейді. Тәуелсіз разряд болғанда газ атомдар мен молекулалардың электрондардың соғуынан болатын иондалуы газдың иондалуының негізгі механизмі болады. Электрондық соққыдан иондалу электронның еркін жолының ұзындығы  $\lambda$  болғандағы кинетикалық энергиясы  $W_k$  электронның атомнан бөлініп кетуіне жұмсаған жұмысына  $A_u$  жеткілікті, яғни :  $W_k \geq A_u$ , немесе

$$eE\lambda \geq A_u \quad (7.9)$$

болған жағдайда мүмкін болады. Мұндағы  $E$ -электрлік өрістің кернеулігі,  $\lambda$ - электронның еркін жолының ұзындығы.

Әдетте, атомдар мен молекулалардағы электрондар байласының энергиясы (иондау энергиясы) *электронвольтпен* (эВ) өрнектеледі. Бір электронвольт электр өрісінің элементар заряды бар

электронды немесе басқа бөлшекті өрістің кернеулігі 1 Вольт болатын екі нүктесінің аралығындағы орын ауыстыруына жұмсайтын жұмысқа тең:

$$1\text{эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 1\text{В} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

Мысалы сутегі атомының иондау энергиясы 13,6 эВ тең, ал оттегі молекуласының иондау энергиясы 12 эВ тең болады.

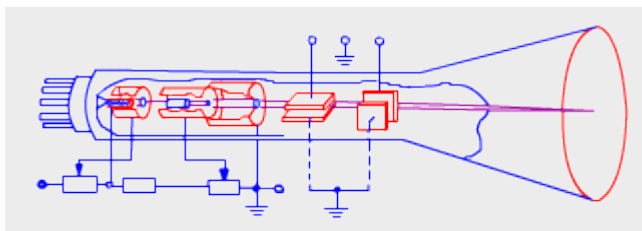
Егер ток көзінің қуаты тәуелсіз разрядты ұзақ уақытқа жалғастыруға жетпеген жағдайда ұшқынды разряд деп аталатын тәуелсіз разрядтын түрі пайда болады. Найзағай - ұшқынды разрядтың мысалы болады.

**Вакуум** деп газдың сиретілуінің оның молекулаларының соқтығысуын ескермеуге және еркін жолының орташа ұзындығы  $\lambda$ -дің газ тұрған ыдыстың өлшемі  $d$ -дан аса үлкен ( $\lambda \gg d$ ) болатын деңгейін айтады.

Вакуум күйдегі электродтар аралығындағы өткізгіштікті **вакуумдегі электр тогы** дейді.

**Термоэлектрондық эмиссия** деп қыздырылған денелер бетінен еркін электрондардың шығу құбылысын айтады.

Термоэлектрондық эмиссия құбылысына негізделген құрылғыны **электронды-сәулелік түтікше** дейді.



1-сурет

Электронды-сәулелік түтікшенің схемасы 1- суретте келтірілген.

Катод электрондар көзі болады. Электрондар шоғын фокустеу үшін басқарушы электродқа теріс потенциалдар жіберіледі. Осы электрод өрісі электрондар шоғын сығады. Үдеткіш анодтарға оң потенциалдар жіберіледі. Анод пен экранның арасында ауытқытушы екі пар пластиналарға кернеу беріледі. Пластиналардағы кернеу шоқтың вертикаль және горизонталь бағытына туғызады.

Электронды-сәулелік түтікшелер теледидардағы бейнелерді шығару және осциллографтағы кернеулер айнаымалыларын зерттеу үшін пайдаланылады.

#### Бақылау сұрақтары

1. Газ разряды деген не?
2. Газды иондау деген не?
3. Тәуелсіз және тәуелді газ разряды

#### Сабак № 31

**Тақырыбы: 2.3.4 Жартылай өткізгіштердегі электр тоғы.**

#### Сабак жоспары:

1. Жартылай өткізгіштер
2. n-типі
3. p-типі
4. Диод
5. Транзистор

**Жартылай өткізгіштер** деп кедергісі кең көлемде өзгере алатын және температурасы жоғарылаған сайын кедергісі тез азаятын заттарды айтады.

Таза (қоспасыз) жартылай өткізгіш кристалындағы еркін электрондардың және кемтіктердің қозғалысынан болатын өткізгіштікті **жартылай өткізгіштердің меншікті өткізгіштігі** дейді.

Таза жартылай өткізгіштің электрөткізгіштігі тек қана кристалдағы коваленттік байланыстар үзілген жағдайда ғана мүмкін болады. Мысалы, қыздыру коваленттік байланыстардың үзілуіне келтіреді, сондықтан еркін электрондар пайда болып, таза жартылай өткізгіштің **меншікті электрондық өткізгіштігі (n-типті өткізгіштігі)** болады.

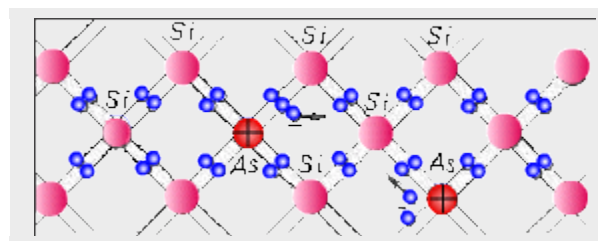
Электрон кеткен жерде артық оң заряд пайда болады да, **оң кемтік** құрылады.



Сыртқы электр өрісінде электрондар электр өрісінің кернеулігінің бағытына қарама қарсы жаққа ығысады. Оң кемтіктер электр өрісінің кернеулігінің бағытына қарай орын ауыстырады, яғни электр өрісінің әсерінен оң зарядтың қозғалатын жағына қарай орын ауыстырады. Кемтіктердің ретті орын ауыстыруынан болатын таза жартылай өткізгіштің электрөткізгіштігің **меншікті кемтіктік өткізгіштігі (p-типті өткізгіштігі)** дейді.

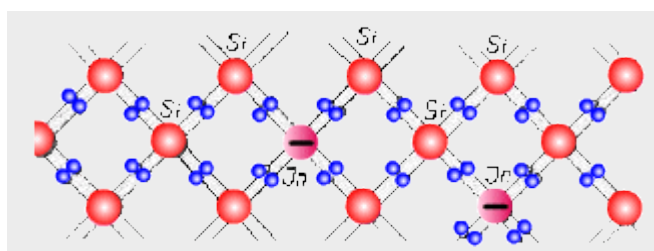
Жартылай өткізгіштердің кристалдық торларына қоспаларды (қоспалық центрлерін) енгізуінен болатын электрөткізгішті **қоспалық өткізгіштік** дейді.

Қоспалар жартылай өткізгіштер кристалдарына электрондарды қосымша жабдықтаушы болуы мүмкін. Мысалы, жартылай өткізгіштің торында германийдің төрт валенттік электроны бар бір атомы бес валенттік электроны бар қоспаның (мышыяқ, сүрме) атомымен ауыстырылсын. Қоспалық атомның төрт электроны көрші германий атомдарының электрондарымен коваленттік байланыстар жасауға қатысады, ал бесінші электрон коваленттік байланыс жасауға қатыса алмайды. Ол “артық” болады, өз атомымен әлсіз байланыста болады, сондықтан одан оңай бөлініп кетеді де, еркін атом бола алады. (1 сурет).



1-сурет

Электр өрісінің әсерінен жартылай өткізгіштегі сондай электрондар реттелген қозғалысқа келеді, ал жартылай өткізгіште электрондық қоспалық өткізгіш пайда болады. Мұндай өткізгіштігі бар өткізгіштер **электрондық** немесе **n-типтік жартылай өткізгіштер** дейді.

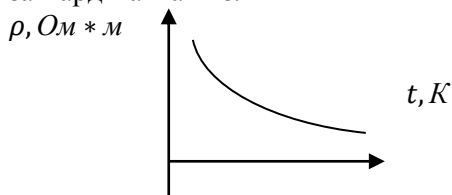


2-сурет

Жартылай өткізгіштегі төрт валенттік электроны бар бір атом үш валенттік электроны бар қоспа атомымен (индий, аллюминий) алмасқанда, торда барлық коваленттік байланыстар құрылуы үшін бір электрон жетіспейді (2 сурет). Бірақ, қоспалы атом тордағы ең жақын негізгі атомның электронын алған жағдайда, ол барлық байланыстарды құра алады. Онда негізгі атомнан кеткен электронның орнында оң кемтік пайда болады, осы кемтікке тордағы келесі көршілес атомның электроны ырғып түсуі мүмкін

және т.с.. Электрондардың оң кемтіктерді бір ізді толтыруы жартылай өткізгіштегі кемтіктердің қозғалысына және онда ток тасымалдаушылардың пайда болуына теңдес. Электр тогының әсерінен кемтік өріс кернеулігімен бағыттас орын ауыстырады да, жартылай өткізгіште **кемтіктік қоспалық өткізгіштік** пайда болады. Осындай өткізгіштігі бар жартылай өткізгіштеді **қоспалық кемтіктік** немесе **p-типтік жартылай өткізгіштер** дейді.

Жартылай өткізгіштерде электр тоғын кеміктер мен электрондар тасымалдайды. Жартылай өткізгішке кремний, германий, селен, және т.б. жатады. Жартылай өткізгіштерде меншікті кедергі (ρ) температураға тәуелді. Сонымен жартылай өткізгіш деп – температура жоғарлаған сайын меншікті кедергісі азаятын заттарды айтамыз.



$\delta = \frac{1}{\rho}$  меншікті өткізгіштік, 1/Ом\*м

$g = \frac{1}{R}$  өткізгіштік шама, 1/Ом немесе Сименс (См)

Кедергі мен температура арасында байланыстылық мынандай:

$$R_t = R_0(1 + \alpha t) \quad (1)$$

$\alpha$  – кедергінің температуралық коэффициенті

кемтік деп - таңбасы оң (+) бос орынды айтамыз.

Өткізгіштің екі түрі бар:

1. меншікті өткізгіш

2. қоспалы өткізгіштік меншікті өткізгіш деп – қоспасы жоқ жартылай өткізгіштердегі өткізгіштікті айтамыз.

Қоспалы өткізгіштік – құрамында қоспасы бар жартылай өткізгіштерді айтады.

Қоспалардың екі түрі бар:

1. Донорлық қоспа – электроны көп қоспаны айтамыз.

2. Акцепторлық қоспа – кеміктері көп қоспаны айтамыз.

Электронды алушыларосы қоспаларға байланысты жартылай өткізгіштерге р-п ауысу процесі жүреді. р-кемтік п- электрон, р – п ауысудың суреті.

Жартылай өткізгішке мыналар жатады:

1. Диод – шартты түрде белгісі

2. Транзистор



3. Электронды шам

Диод – электрон тоғын бір бағытта өткізуге арналған.

Транзистор – дыбысты және электр тоғын күшейтуге арналған.

Электронды шам – электр тоғын күшейтуге арналған.

### Бақылау сұрақтары

1. Жартылай өткізгіштердегі электр тоғы қалай жүреді?
2. Газдарда электр тоғы қалай жүреді?
3. Вакуумда электр тоғы қалай жүреді?

## Сабақ № 32

Тақырыбы: 2.4.1 Магнит өрісі. Параллель тоқтар өзара әрекеттері.

### Сабақ жоспары

1. Магнит өрісі
2. Магниттік күштер
3. Магнит индукциясының векторы
4. Максвелл ережесі
5. Суперпозиция принципі
6. Құйынды өрістер
7. Эрстед тәжірибесі
8. Магнит ағыны
9. Магниттік өтімділік
10. Индуктивтілік

*Қозғалмайтын* электр зарядтары *электр* өрісін туғызады, *қозғалатын* зарядтар басқа өріс – **магнит өрісін** туғызады.

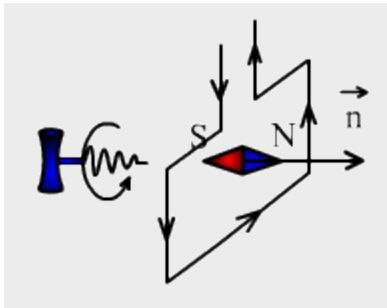
Бұған иілемелі өткізгішмен жасалған тәжірибеден көз жеткізуге болады. Егер екі параллель өткізгіштер бойымен *бір бағытта ток өтсе*, өткізгіштер бір біріне *тартылады*, ал егер *ток бағыттары қарама-қарсы* болса, онда өткізгіштер бір-бірінен *тебіле* бастайды.

Ток өтетін өткізгіштер арасындағы пайда болатын әсер **магниттік әсер** деп аталады. Бұл жағдайда өткізгіштердің бір-біріне әсер ететін күштерін **магниттік күштер** деп атайды.

Электромагниттік өрістің байқалуының бір түрін **магнит өрісі** деп атайды. Оның ерекшелігі болып, ол *өріс тек қана электр заряды бар қозғалыстағы* бөлшектер мен денелерге, сонымен қатар *қозғалатын не қозғалмайтындығына байланыссыз* магниттелген денелерге *әсер ететіндігі* табылады.

**Магнит индукциясының векторы**  $\vec{B}$  магнит өрісінің *күштік сипаттамасы* болып табылады.

Магнит индукциясы векторының **бағыты** ретінде ток әсерінен туған кейбір магнит өрісінде еркін қозғала алатын магнит тілшесінің оңтүстік *S* полюсінен солтүстік *N* полюсіне бағыты алынған. Бұл бағыт **тоғы бар тұйық контурға түсірілген** оң нормаль бағытымен сәйкес келеді.



1-сурет

Оң нормаль бағыты тұйық контурдағы токтың бағыты бойынша айналғандағы оң кесілген бұранда ұшының ілгерілемелі қозғалысымен сәйкес келеді (1 - сурет).

Тоғы бар түзу сызықты өткізгіштің магнит тілшесі жазықтығы өткізгішке перпендикуляр, ал центрі өткізгіш өсінде жатқан шеңбердің жанамасы бойынша орналасады. Магнит индукциясы векторының бағытын Максвелл ережесі (бұранда ережесі) бойынша анықтайды: егер бұранданы өткізгіштегі ток бағыты бойынша бұраса, онда бұранда сабының қозғалыс бағыты магнит индукциясы векторының бағытына нұсқайды.

Магнит индукциясы векторының **модулі** магнит өрісі тарапынан тоғы бар өткізгіштің бір бөлігіне әсер ететін **максималды күштің** ток күшінің

сол бөлік ұзындығына көбейтіндісінің қатынасына тең:

$$B = \frac{F_{\max}}{I\Delta l} \quad (1)$$



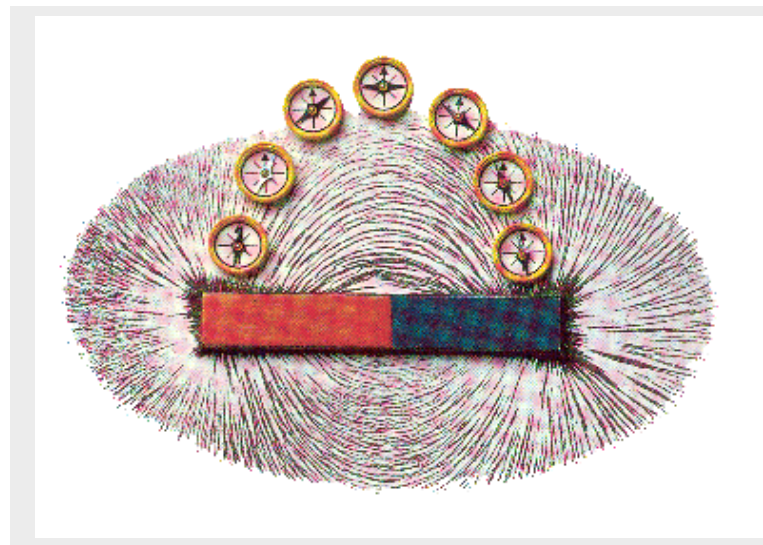
СИ жүйесінде Магнит индукциясының бірлігі ретінде бір **тесла** (1 Тл) – ұзындығы 1 м өткізгіш бөлігіне 1 А ток күші болғанда өріс тарапынан  $F_{\max} = 1 \text{ Н}$  максималды күш әсер ететін **біртекті** өрістің магнит индукциясы қабылданған.

Егер  $\vec{B}$  векторлары өрістің барлық нүктелерінде бірдей болса, магнит өрісін **біртекті** деп атайды.

**Өрістердің суперпозиция принципі.** Егер кеңістіктің берілген нүктесінде магнит өрістері магнит индукциясының векторлары  $\vec{B}_1, \vec{B}_2, \vec{B}_3$  және т.б. болып келген **әртүрлі** магнит көздерінен құралса, онда **қорытынды** магнит өрісінің векторы  $\vec{B}$  мынаған тең болады:

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3 + \dots \quad (2)$$

Магнит өрістерін бейне түрінде кескіндеу үшін магнит индукциясы сызықтарын пайдаланады.



2-сурет

**Магнит индукциясы сызықтары** – әр нүктедегі **жанамалары** өрістің осы нүктелеріндегі  $\vec{B}$  векторының бағытымен сәйкес келетіндей етіп жүргізілген бейне сызықтар.

Тұрақты магнит орналасқан қағаз бетіне темір ұнтақтарын сеуіп, магнит индукциясы сызықтарының толық суреттер көрінісін көзбе-көз көруге болады (2 - сурет).

Магнит индукциясының сызықтары әрқашан да **тұйық** және өріс туғызатын тоғы бар өткізгіштерді қамтиды. Магнит индукциясы сызықтарының тұйықтығы табиғаттағы **еркін** магнит зарядтарының **бар болуының дәлелденбегендігімен** түсіндіріледі.

Тұйық **күштік сызықтары бар** өрістерді **құйынды өрістер** деп атайды. Магнит өрісі құйынды өріс болып табылады.

**Біртекті** өрістің магнит индукциясының сызықтары **параллель** болады.

Магнит өрісі потенциалды болмайды, яғни тұйық контурдағы зарядтың орын ауыстыруы бойынша магнит өрісінің жұмысы нөлге тең емес.

**Магнит тізбегі** деп магнит өрісі жинақталған кеңістіктің аймақтары немесе денелердің жиынтығы аталады.

Магнит тізбегіндегі **магнит ағыны** электр тізбегіндегі ток күші сияқты рөлді атқарады.

**Бет арқылы өтетін магнит ағыны** деп  $\vec{B}$  магнит индукциясы векторының модулінің жазық беттің  $S$  ауданына және  $\vec{B}$  және  $\vec{n}$  векторларының арасындағы бұрыштың косинусына көбейтіндісіне тең шаманы айтамыз, мұндағы  $\vec{n}$  - жазық бетке түсірілген нормаль:

$$F_{\text{max}} = 1\text{H} \quad (3)$$

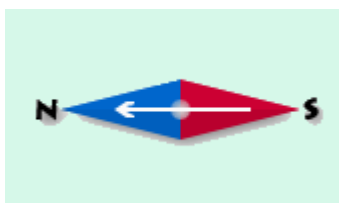


СИ жүйесінде **магнит ағынының бірлігі** ретінде – бір **вебер** (1 Вб) - өткізгіштің көлденең қимасы арқылы 1 Кл электр мөлшері өткендегі кедергісі 1 Ом электр тізбегіндегі нөлге дейін кеміген магнит ағыны алынады.

1 Вб магнит ағыны магнит индукциясы векторына **перпендикуляр** орналасқан ауданы  $1\text{ м}^2$  бет арқылы өтетін 1 Тл магнит индукциясы бар **біртекті** магнит өрісінен туады.

Тыныштықта тұрған электр зарядтары өзінің маңында электр өрісін туғызатыны тәрізді қозғалыстағы электр заряды, немесе басқаша айтқанда, тогы бар өткізгіш өзінің маңындағы кеңістікте өрістің басқа бір түрін – магнит өрісін туғызады. Гравитация өрісі және электр өрістері тәрізді магнит өрісі де біздің санамыздан тыс өмір сүретін материяның ерекше бір түрі.

Магнит өрісінің бар екендігін әртүрлі тәжірибелер дәлелдейді. Соның бірі Эрстед тәжірибесі.

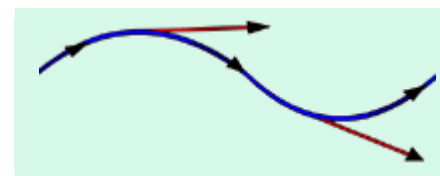


3 - сурет

Магнит өрісін сандық тұрғыдан сипаттау үшін магнит индукциясының векторы деп аталатын физикалық шама енгізіледі. Ол – векторлық шама, оны әдетте  $\vec{B}$  әріпімен белгілейді. Берілген нүктедегі бұл вектордың бағыты ретінде шартты түрде магнит өрісінің осы нүктесінде еркін тұрған магнит тілшесінің оңтүстік S полюсынан, солтүстік N полюсына қарай бағытталған кесіндінің бағыты алынады (3.-сурет). Уақыттың өтуіне байланысты өрістің магнит индукциясының мәні өзгертін болса, онда мұндай өріс айнымалы магнит өрісі болып табылады.

Тогы бар өткізгіштің маңында туындылайтын магнит өрісінің индукция векторының бағытын оң бұранда ережесі бойынша анықтайды.

Электр өрісі тәрізді, магнит өрісін де көрнекті түрде оның күш сызықтары арқылы бейнелеуге болады. Магнит өрісінің күш сызықтары деп, әрбір нүктесіне жүргізілген жанаманың бағыты сол нүктедегі  $\vec{B}$  векторының бағытымен сәйкес болатын сызықты айтады (4-сурет). Магнит өрісінің күш сызықтары осы өрістің кеңістікте таралуының жарқын бейнесін береді. Ол сызықтар тұйық болады. Бұлай болуы табиғатта магнит зарядтарының болмайтындығының белгісі. Күш сызықтары тұйық болатын өрісті – құйынды өріс деп атайды.



4 - сурет

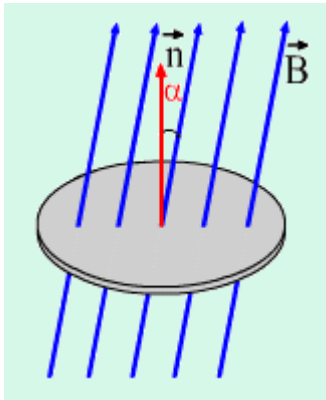
Кеңістіктегі магнит өрісі тек магнит тілшелеріне ғана емес, сонымен қатар осы өрісте қозғалып бара жатқан кез келген зарядқа, басқаша айтқанда, тогы бар өткізгішке де әсер етеді.

Магнит өрісінің күш сызықтары тек магнит өрісінің кеңістікте таралуын ғана сипаттап қоймай, сонымен қатар магнит индукциясының мәні туралы да мағлұмат береді. Күш сызықтары жиі орналасқан кеңістік аймағында магнит өрісі күштірек, яғни магнит индукциясының мәні үлкен болады да, күш сызықтары сирек аймақта керісінше оның мәні аз болады.

Электромагниттік құбылыстарды одан әрі зерттеу үшін магнит индукциясы векторының бір нүктедегі мәнінен ғана емес, сонымен қатар оның тұйық контурмен шектелген беттің барлық нүктелеріндегі мәндерінен тәуелді болатын магнит ағыны деп аталатын шаманы енгізу қажет.

Қарастырып отырған бет жазық болған жағдайда (3 –сурет), магнит ағыны  $\Phi$ -тің мәні, магнит индукциясы векторы  $B$ -ның модулін беттің  $S$  ауданына және сол бетке тұрғызылған  $\vec{n}$  нормаль мен магнит индукциясы векторының арасындағы  $\alpha$  бұрышының косинусына көбейткенге тең:

$$\Phi = BS \cos \alpha \quad (5)$$



3 - сурет

Магнит ағынының бірлігі ретінде ауданы 1 м<sup>2</sup> болатын бетке перпендикуляр бағытталған 1 Тл магнит өрісі тудыратын ағын алынады. Оны 1 Вебер (Вб) деп атайды, яғни 1 Вб = 1 Тл·м<sup>2</sup>.

Жоғарыдағы келтірілген Х.Эрстед тәжірибесі электр тогы өзінің маңындағы кеңістікте магнит өрісін туғызатындығын дәлелдейді. Бұл дерек, өз кезегінде электр және магнит өрістерінің арасында қандай да бір байланыс бар екеніне нұсқағандай. Осымен байланысты мынадай заңды сауал туындайды: «керісінше, магнит өрісі электр тогын туғыза ала ма?». Бұл сауалдың жауабын 1831 жылы ағылшын ғалымы М.Фарадей берді. Фарадей тәжірибесі өткізгіштің тұйық контурын тесіп өтетін магнит ағыны өзгерген кезде ол өткізгіште электр тогы пайда болатынын көрсетті. Физика мен техниканың одан арғы дамуында үлкен роль атқарған бұл құбылыс электромагниттік индукция құбылысы деп, ал сәйкес контурда пайда болған ток индукциялық ток деп аталды.

Магнит индукциясының беттік өріс ауданында көбеюі магнит ағыны деп аталады.  $\Phi$  – магнит ағыны.

$$\Phi = B \cdot S \text{ (Вб)} \quad (6)$$

$$B = \Phi / S \text{ (Тл)} \quad (7)$$

Тоғы бар өткізгіш магнит өрісіне перпендикуляр орналса онда оған әсер ететін күште перпендикуляр болады және ток күшіне, өткізгіш ұзындығына және магнит индукциясына тура пропорционал болады.

$$F = I \times B \times L \quad (8)$$

$F$  – өткізгішке әсер ететін күш

$B$  – магнит индукциясы

$I$  – ток күші

Параллель өткізгіштердің өзара әсері. Ток өткен өткізгіштердің өзара әсері яғни, қозғалыстағы электр зарядтарының арасындағы өзара әсерлесуі магниттік өзара әсерлесуі деп аталады. Ток өткен өткізгіштердің бір – біріне әсер ету күші магниттік күштер деп аталады. Егер параллель өткізгіштер немесе параллель токтар таңбасы бірдей болатын болса бұл токтар бір – біріне тартылады.

Егер параллель өткізгіш немесе параллель полюстері әр түрлі болатын болса онда токтар бір – бірінен тебіледі. Осы заңды ампер заңы деп атайды.

Параллель токтарды өзара әсерлесуінің магниттік күші мына формуламен анықталады:

$$F = \frac{\mu \mu_0 I_2 I_1}{2\pi r} \quad (9)$$

$I_1$  – бірінші өткізгіштік ток күші

$I_2$  – екінші өткізгіштік ток күші

$r$  – өткізгіштің бір – бірімен арақашықтығы

$L$  – өткізгіш ұзындығы

### Бақылау сұрақтары

1. Магнит өрісі деген не?
2. Қандай шамалармен анықталады?
3. Магнит ағыны деген не?

### Сабақ № 33

Тақырыбы: I семестрдің міндетті бақылау жұмысы

### Сабақ № 34

Тақырыбы: 2.4.2 Лоренц күші. Ампер күші.

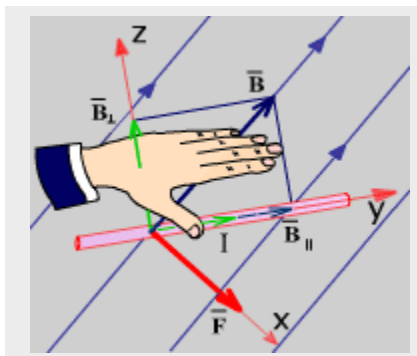
#### Сабақ жоспары:

1. Ампер күші
2. Сол қол ережесі
3. Лоренц күші
4. Магнетиктер

**Ампер күші** – доға тәріздес магниттің ортасына өткізгіш сымды орналастырамыз.

Ампер күші магнитке қарсы бағытталады.

Ампер күшінің бағыты сол қол ережесі бойынша анықталады.



1-сурет

Тоғы бар өткізгішке *магнит өрісі тарапынан әсер ететін* күшті Ампер күші деп атайды.

Ток элементімен  $\alpha$  бұрышын құрайтын индукциясы  $\vec{B}$  болатын магнит өрісі тарапынан  $I$  тоғы бар өткізгіштің аз ғана кесіндісіне әсер ететін Ампер күшінің модулі  $F$  мына формула бойынша анықталады:

$$\vec{B}_1, \vec{B}_2, \vec{B}_3 \quad (1)$$

Ампер күшінің бағыты сол қол ережесі бойынша анықталады (1.сурет): егер сол қолды  $\vec{B}$  магнит индукциясының векторы алақанға кіретіндей етіп, ал төрт шығыңқы саусақ ток бағытына нұсқайтындай етіп орналастырса, онда  $90^\circ$ -қа иілген үлкен саусақ өткізгіш кесіндісіне әсер ететін күштің бағытын көрсетеді.

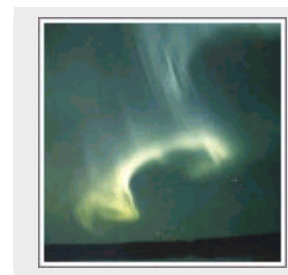
Қозғалыстағы зарядталған бөлшекке магнит ағыны тарапынан әсер ететін күшті Лоренц күші деп атайды. Магнит өрісінде қозғалатын

электрондардың бастапқы бағытынан ауытқуына әкеліп соғатын Лоренц күші, табиғаттың көптеген құбылыстарында кездеседі. Мысалы, «полярлық шұғыла» құбылысы (2,3 -

суреттер).

Лоренц күшінің модулі ұзындығы  $\Delta l$  өткізгіш бөлігіне әсер ететін  $F$  күшінің модулінің өткізгіштің осы бөлігіндегі қалыптасып қозғалатын зарядталған бөлшектердің  $N$  санына қатынасына тең:

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3 + \dots \quad (2)$$



3-сурет

мұндағы  $q$  – бөлшек заряды,  $v$  – олардың қалыптасқан қозғалысының жылдамдығы,  $\vec{B}$  – магнит индукциясы векторының модулі,  $\alpha$  - жылдамдық векторы мен магнит индукциясы векторының арасындағы



2-сурет

бұрыш. Лоренц күшінің бағыты сол қол ережесі бойынша анықталады (1 - сурет): егер сол қолды заряд жылдамдығына перпендикуляр  $\vec{B}$  магнит индукциясының құраушысы алақанға кіретіндей етіп, ал төрт шығыңқы саусақ оң заряд қозғалысының бағытына нұсқайтындай етіп орналастырса, онда  $90^\circ$ -қа иілген үлкен саусақ зарядқа әсер ететін  $F_L$  Лоренц күшінің бағытын көрсетеді.

**Лоренц күші** өткізгіштің бойымен ағып жатқан зарядқа магнит өрісі тарапынан әсер ететін күшті айтамыз. Лоренц күшінің формуласы мынандай:

$$F_L = B \times v \times q \times \sin \alpha \quad (3)$$

$$F_{\text{лmax}} = B \times v \times q \quad (4)$$

### Бақылау сұрақтары

1. Лоренц күші деген не?
2. Ампер күші деген не?
3. Бұл екі күш қандай ереже бойынша анықталады?

### Сабақ № 35

#### Тақырыбы: 2.4.3 Магнетиктер

#### Сабақ жоспары:

1. Магнетиктер

2. Магниттік өтімділік
3. Диамагнетиктер
4. Парамагнетиктер
5. Ферромагнетиктер

**Магнетиктер** дегеніміз – магнит өрісінің әсерінен магниттелетін заттарды айтамыз. Бұл заттар магнит өрісін күшейту мүмкін немесе бәсеңдету мүмкін. Магнетиктердің мынандай түрлері бар:

1. Парамагнетиктер
2. Диамагнетиктер
3. Ферромагнетиктер

Парамагнетиктер дегеніміз – магнит өтімділігі  $\mu_0$  магнит тұрақтысынан шамалы түрде көптеу болатын заттарды айтамыз:  $\mu \geq 1$ .

Мысалы: марганец  $\mu = 1,0038$

Алюминий  $\mu = 1,000023$

Азот  $\mu = 1,00000013$

Диамагнетиктер дегеніміз магнит өтімділігі ммагниттік тұрақтыдан шамалы аз болатын заттарды айтамыз.

Бұларға жататындар ( $\mu \leq 1$ )

Мысалы: Висмут  $\mu = 0,999824$

Кремний  $\mu = 0,999837$

Су  $\mu = 0,999991$

Сутегі  $\mu = 0,999999937$

Ферромагнетиктер дегеніміз – магнит өтімділігі  $\mu_0$  көптеген есе үлкен заттарды айтамыз. Оларға темір, болат, шойын, никель, кобальт және магнитті металлдардың ертінділері жатады. ( $\mu \geq 1$ )

**Магнит өтімділігі  $\mu$**  - бұл ортаның магниттік қасиеттерін сипаттайтын өлшемсіз шама және ол **ортаның  $\vec{B}$**  магнит индукциясы векторының модулінің кеңістіктің сол нүктесіндегі **вакуумдағы  $\vec{B}_0$**  магнит индукциясы векторының модуліне қатынасына тең:

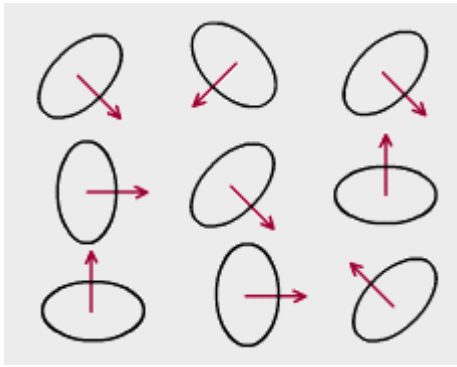
$$\mu = \frac{B}{B_0} \quad (6.6)$$

Магнит өрісіне енгізілген барлық денелер магниттеледі, яғни **меншікті** магнит өрісін туғызады. Магниттік қасиеттері бойынша магнетиктер **шартты түрде** 3 топқа бөлінеді: **диамагнетиктер**, **парамагнетиктер** және **ферромагнетиктер**.

**Диамагнетиктер** дегеніміз сыртқы өріс индукциясына қарама-қарсы бағытта бәсең магниттелетін, яғни сыртқы магнит өрісін бәсеңдететін заттар. Мысалы, күмістің, қорғасынның, кварцтың және көптеген газдардың да диамагнетіктік қасиеттері бар. Диамагнетиктерде  $\mu < 1$ . Өте күшті диамагнетик деп саналатын висмуттың магниттік өтімділігі –  $\mu = 0,999824$ .

**Парамагнетиктер** дегеніміз сыртқы өріс индукциясы бағытында бәсең магниттелетін заттар. Парамагнетиктердің магниттік өтімділігі бірден сәл үлкен,  $\mu > 1$ . Ең күшті пармагнетиктің бірі - платина, оның өтімділігі  $\mu = 1,00036$ .

**Ферромагнетиктер** дегеніміз магниттік өтімділігі өте үлкен заттар,  $\mu \gg 1$ .



6.7-сурет

Ферромагнетизм электрондардың магниттік қасиеттерімен түсіндіріледі. Атом ядросының айналасында айналып жүрген әрбір электронды меншікті (спиндік) магнит өрісі тудыратын шеңбер бойындағы электр тогы ретінде қарастыруға болады. Көптеген заттарда спиндік магнит өрістері бірін-бірі толықтырып отырады. (6.7 - сурет). Бірақ кейбір кристалдарда, мысалы темірдің кристалдарында электрон бөлшектерінің спиндік магнит өрісінің индукция векторларының параллель бағытталуына жағдай туады. Осының нәтижесінде кристаллдардың ішінде бойы  $10^{-2}$ - $10^{-4}$  болатын магниттелген аймақтар пайда болады. Осылай өз бетінше магниттелетін аймақтарды *домендер* деп атайды.

*Әртүрлі домендерде* магнит өрісінің индукциялары *әртүрлі бағытта* болады. Сыртқы магнит өрісіне ферромагнетикті енгізсе, сыртқы өріс бойымен бағытталған домендердің көлемі артады. Магниттелген заттардың магниттік индукциясы өседі.

Берілген ферромагнетик үшін белгілі бір температурадан асқанда оның *ферромагниттік қасиеттері жоғалады*. Осы температураны Кюри температурасы деп атайды.

#### Бақылау сұрақтары:

1. Магнит өтімділігі деген не?
2. Магнетиктер қандай топтарға бөлінеді?

#### Сабақ № 36

**Тақырыбы:** 2.4.3 Электромагниттік индукция. Ленц ережесі.

#### Сабақ жоспары:

1. Фарадей тәжірибесі
2. Электромагниттік индукция
3. Ленц ережесі
4. Өздік индукция
5. Индуктивтілік
6. Индукция коэффициенті
7. Магниттік өрістің энергиясы

Жоғарыдағы келтірілген Х.Эрстед тәжірибесі электр тогы өзінің маңындағы кеңістікте магнит өрісін туғызатындығын дәлелдейді. Бұл дерек, өз кезегінде электр және магнит өрістерінің арасында қандай да бір байланыс бар екеніне нұсқағандай. Осымен байланысты мынадай заңды сауал туындылайды: «*керісінше, магнит өрісі электр тогын туғыза ала ма?*». Бұл сауалдың жауабын 1831 жылы ағылшын ғалымы М.Фарадей берді. Фарадей тәжірибесі өткізгіштің тұйық контурын тесіп өтетін магнит ағыны өзгерген кезде ол өткізгіште электр тогы пайда болатынын көрсетті. Физика мен техниканың одан арғы дамуында үлкен роль атқарған бұл құбылыс *электромагниттік индукция құбылысы* деп, ал сәйкес контурда пайда болған ток *индукциялық ток* деп аталды. Электромагниттік индукция құбылысы кезінде тұйық контурда индукциялық токтың тууы бұл тізбекте осы токты туғызатын индукция электр қозғаушы күшінің (ЭҚК) пайда болатындығының дәлелі. *Электромагниттік индукция заңы* осы индукция ЭҚК-інің мәнінің неге байланысты болатындығын анықтайды. Бұл заңға сәйкес тұйық контурда пайда болатын индукция ЭҚК-і  $\varepsilon_i$ , сол тұйық контурмен қоршаған бетті тесіп өтетін магнит ағынының өзгеру жылдамдығының теріс таңбамен алынған мәніне тең, яғни

Бұл өрнектен контурды тесіп өтетін магнит ағыны неғұрылым тез өзгерсе (артса немесе кемісе) соғұрылым индукция ЭҚК-нің модулі де үлкен болатындығы көрініп тұр.

Ал электромагниттік индукция құбылысы кезінде контурда пайда болатын индукциялық токтың бағыты жөнінде не айтуға болады? Бұл токтың бағытын анықтауға мүмкіндік беретін жалпы ережені 1833 жылы Э.Ленц ашқан. Осы ғалымның құрметіне *Ленц ережесі* деп аталған бұл тұжырым мынадай: Кез келген ток тәрізді тұйық контурда пайда болатын индукциялық ток та өзінің маңында магнит өрісін туғызады. Индукциялық ток, әрқашанда өзі тудырып тұрған магнит өрісі, сол токты тудырып тұрған магнит ағынының кез келген өзгерісіне кедергі жасайтындай болып бағытталады. Электромагниттік индукция заңының (1.4) өрнегіндегі минус таңбасы осы Ленц ережесімен байланысты.



Ленц ережесі электромагниттік құбылыстардағы энергияның сақталу заңының салдары болып табылады. Мұны тұйық және тұйық емес (үзiгi бар) сақиналармен жасаған тәжірибе айқын көрсетеді. Индукциялық токтың энергиясы өз кезегінде өткізгіштерді қыздыруға жұмсалуды, қозғалатын әртүрлі механизмдердің механикалық энергиясына айналуы және энергияның басқа түрлеріне ауысуы мүмкін.

### **Өздік индукция құбылысы. Индуктивтілік.**

Катушка арқылы өтіп жатқан токтың шамасы өзгерсе, онда ол катушканың маңындағы магнит өрісінің ағыны да өзгереді. Ал, өз кезегінде бұл өзгерген магнит ағыны электромагниттік индукция құбылысына сәйкес катушкада қайтадан индукциялық ЭҚК-ін туғызады. Осылай, тізбектегі токтың өзгеруінен осы тізбектің өзінде қайтадан индукциялық ЭҚК-нің пайда болуы *өздік индукция* құбылысы деп аталады.

Өткізгіш арқылы өтіп жатқан ток туғызып отырған магнит өрісінің ағыны  $\Phi_s$  сол өрістің магнит индукциясына пропорционал, ал магнит индукциясы өз кезегінде тізбектегі ток күшінен тәуелді, олай болса, өздік индукция магнит ағыны сол өткізгіштің өзіндегі ток күшіне тура пропорционал, яғни  $\Phi_s \sim I$ . Контурдың пішінінен және ортаның магниттік қасиеттерінен тәуелді болатын пропорционалдық коэффициенті  $L$  деп белгілеп, *индуктивтілік* немесе *өздік индукция коэффициенті* деп атайды. Онда

$$\Phi_s = L \cdot I \quad (1)$$

Мұндағы  $L$  – дің бірлігі ретінде  $1\text{А}$  ток өткенде  $1\text{ Вб}$  магнит ағынын туғызатын контурдың индуктивтілігі алынады. Оны  $1$  Генри ( $\text{Гн}$ ) деп атайды. Яғни,  $1\text{ Гн} = 1\text{ Вб/А}$ .

Ленц ережесі бойынша индукциялық ЭҚК-і тізбектегі токтың арту сәтінде оның өсуіне, ал төмендеу сәтінде оның кемуіне кедергі жасайды. Осы тұрғыдан алғанда өздік индукция құбылысы механикадағы заттардың инерттілік қасиетімен, ал индуктивтілік сәйкес инертті массамен баламалы. Фарадейдің электромагниттік индукция заңы өздік индукция құбылысы үшін де орынды. Яғни, өздік индукция ЭҚК-і өздік индукция магнит ағынының өзгерісі түрінде мына өрнекпен анықталады

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt} \quad (2)$$

Өздік индукция құбылысын индуктивтілігі үлкен катушкадан, резистордан және қыздыру лампаларынан тұратын тізбекпен жасалған тәжірибе айқын көрсетеді

Магниттік өрістің энергиясы. Магнит өрісі энергиясының тығыздығы

Электр тізбегін ток көзіне қосқан кезде контурдағы токтың мәні нөлден бастап артып, өзінің қандай да бір  $I$  – ге тең тұрақты мәніне жеткенше, токтың осы өзгерісінен пайда болатын өздік индукция ЭҚК-ін жеңуге қарсы жұмыс жасалынуы тиіс. Энергияның сақталу заңына сәйкес бұл жасалынған жұмыс энергияның басқа түріне, яғни осы тұйық контурдың магнит өрісінің энергиясына айналады. Бұл үрдіс механикада жұмыс істей отырып массасы  $m$  – ға тең денеге  $v$  – ға тең жылдамдық бергенге ұқсас. Бұл жағдайда дене  $mv^2/2$ -ге тең кинетикалық энергияға ие болатыны белгілі. Осы ұқсастықты пайдалана отырып біздің жағдайымыздағы энергияның өрнегін мына түрде жазуға болады

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

Бұл өрнекте энергияның мәні индуктивтілік және тізбектегі ток арқылы анықталған. Бірақ бұл магнит өрісінің энергиясы болғандықтан оны тікелей осы өрісті сипаттайтын шамалар арқылы да жазуға болады. Ол үшін өріс туғызып тұрған контурды ұзындығы аса үлкен катушка деп есептесек, өрістің бүкіл энергиясы сол катушканың ішіне жинақталады. Ал катушка индуктивтілігінің  $L = \mu_0 n^2 S \ell$  және магнит өрісі индукциясының  $B = \mu_0 I n$  екенін. Мұндағы  $\mu$ -ортаның магниттік өтімділігі,  $\mu_0$ - магнит тұрақтысы,  $S$ - катушканың көлденең қимасының ауданы,  $\ell$ -катушканың ұзындығы. Ал  $S \cdot \ell = V$  катушканың көлемі. Дербес жағдайда аса ұзын катушканың магнит өрісі үшін алынған осы өрнек өзін қандай токтардың туғызып тұрғанынан байланыссыз кез-келген магнит өрісі үшін де орынды болады.

Энергияның сақталу заңына сәйкес, тізбектегі ток нөлге дейін кеміген кезде өрістегі жинақталған энергия қайта бөлініп шығады. Оны индуктивті катушканы ток көзінен ажыратқан кезде онымен параллель жалғанған шамның жылт етіп жанып өшкенінен байқауға болады.

### **Бақылау сұрақтары**

1. Электромагниттік индукция деген не?
2. Өзіндік индукция деген не?
3. Ленц ережесінің айтылуы?

### Бөлім 3. Тербелістер және толқындар

#### Сабақ № 37

#### Тақырыбы: 3.1.1 Тербеліс қозғалыстары. Маятниктер.

#### Сабақ жоспары:

1. Тербеліс
2. Тербеліс периоды
3. Тербеліс жиілігі
4. Циклдік жиілігі
5. Тербеліс фазасы
6. Электромагниттік тербеліс
7. Тербелмелі контур
8. Электромагниттік энергия
9. Томсон формуласы

Тербелмелі контурдағы еркін электр тербелісі. Тербеліс кезіндегі энергияның түрленуі Уақыттың өтуімен байланысты қайталанып отыратын процесстерді **тербелістер** деп атайды. Қайталанатын құбылыстың табиғатына байланысты тербелістер әртүрлі, мысалы, механикалық, электрлік т.с.с. болуы мүмкін. Егер тербелістер бірдей уақыт аралығында қайталанатын болса, онда ондай тербелістерді **периодты тербелістер** деп атайды. Тербелістің қайталану уақытын **тербеліс периоды** деп атап,  $T$  әріпімен белгілейді. Тербелістің  $\nu$  **жиілігі** деп бірлік уақыт мезетінде жасалатын толық тербелістердің санын айтады, яғни

$$\nu = \frac{1}{T} \quad (1)$$

Ал тербелістің  $\omega$ , **циклдік жиілігі** ретінде  $2\pi$  уақыт бірлігіндегі жасалынатын тербелістердің саны алынады, яғни  $\omega = 2\pi\nu = 2\pi/T$ , бұдан

$$T = 2\pi/\omega \quad (2)$$

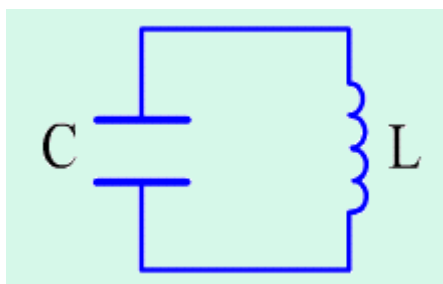
Тербеліс периодының өлшем бірлігі 1 секунд ( 1 с ), ал жиіліктің бірлігі ретінде 1 с уақыт аралығында 1 тербеліс жасайтын тербелістің жиілігі алынған. Оны 1 Герц ( 1 Гц ) деп атайды.

Периодты тербелістің қарапайым мысалы **гармониялық тербелістер**. Гармониялық тербеліс кезінде оны сипаттайтын физикалық шамалар синус немесе косинус функцияларымен анықталатындай болып өзгереді, яғни

$$x = A \cos(\omega \cdot t + \varphi_0) \quad (3)$$

Мұндағы  $x$  - өзгертін физикалық шама. Тербелістегі жүйенің тепе-теңдік қалыпынан ауытқуының ең үлкен мәнін беретін  $A$  шамасы тербеліс **амплитудасы** деп аталады. Ал  $(\omega \cdot t + \varphi_0)$  - тербеліс **фазасы**,  $\omega$  - циклдік жиілік,  $\varphi_0$  - бастапқы фаза. Егер жүйеге сырттан қандай да бір әсер болмай, ол тек ішкі себептердің салдарынан тербелетін болса, ондай тербелісті **еркін тербелістер** деп атайды. Табиғатта, әсіресе әртүрлі техникалық құралдарда жиі кездесетін тербелістердің түрі **электромагниттік тербелістер**. Мұндай тербелістер кезінде магнит және электр құбылыстарымен байланысқан, конденсатор астарларындағы заряд, электр өрісі, өткізгіш маңындағы магнит өрісі, тізбектегі ток, кернеу тәрізді шамалар периодты түрде өзгереді.

Электромагниттік тербелістерді шығарып алуға және байқауға болатын ең қарапайым жүйе – тербелмелі контур. **Тербелмелі контур** деп кедергісі өте аз өткізгіштер арқылы өзара параллель жалғанған конденсатор мен индуктивті катушкадан тұратын жүйені айтады ( 1 – сурет ). Зарядталған конденсатордың және бойынан  $I$  тогы өтіп жатқан индуктивті катушканың энергиялары сәйкес мынадай өрнектермен анықталады



1- сурет. Тербелмелі контур.

$$W_C = \frac{q^2}{2C} \text{ және } W_L = \frac{LI^2}{2} \quad (4)$$

Электромагниттік тербеліс кезінде, әрине, бұл энергиялардың жекелей алғандағы мәндері тұрақты болып қалмайды. Бірақ конденсатор мен индуктивті катушканы қосатын өткізгіштердің кедергісін елеместей аз деп есептесек, жүйенің толық электромагниттік энергиясы

$$W = W_L + W_C = \frac{LI^2}{2} + \frac{q^2}{2C} = \text{const} \quad (5)$$

сақталады. Тербелмелі контурда туындылайтын электромагниттік тербеліс, механикадағы серіппеге немесе салмақсыз созылмайтын жіпке ілінген жүктің тербелісіне ұқсас. Бұл жағдайлардағы айырмашылық, тек өзгертін шамалардың табиғаттарының әр түрлі болуында.

### Контурдағы еркін электр тербелісінің периоды. Томсон формуласы

Контурда туындылайтын еркін электр тербелісінің периоды табалық. Ол үшін, алдымен бұл контурдағы тербеліс кезінде өзгертін физикалық шамалардың бірінің (заряд, ток т.с.с.) уақыттан тәуелділігін табу қажет. Бұдан әрі осы тәуелділіктен тербеліс периоды анықтау аса қиынға түспейді. Мұндай есептеулер үшін өзгертін шама ретінде конденсатор астарларындағы электр зарядының мәнін алу ыңғайлы. Оның кез-келген уақыт мезетіндегі мәнін осы тізбек үшін жазылған Ом заңынан, не болмаса конденсатор мен индуктивті катушканың толық энергиясының сақталу заңынан оңай табуға болады. Енді сақталу заңын пайдалана отырып бұл мәселені қалай шешуге болатынын көрсетелік. Шындығында, (5) өрнегін уақыт бойынша туындыласақ

$$\left(\frac{LI^2}{2}\right)' + \left(\frac{q^2}{2C}\right)' \text{ немесе } \frac{L2I \cdot I'}{2} + \frac{2qq'}{2C} = 0 \quad (6)$$

Бұдан әрі, ток күшінің анықтамасының  $I=q'$  өрнегін және осы өрнектен туындылайтын  $I=q''$  теңдігін ескере отырып, (2.6)-дан мына теңдеуді аламыз

$$q'' + \frac{1}{LC}q = 0$$

Егер бұл жердегі  $1/LC$  – ні  $\omega_0^2$  деп белгілесек

$$q'' + \omega_0^2 q = 0 \text{ немесе } \frac{d^2q}{dt^2} + \omega_0^2 q = 0 \quad (7)$$

Бұл электр зарядының мәніне қатысты екінші ретті сызықтық дифференциалдық теңдеу. Математикалық тұрғыдан тура осындай теңдеулерді механикадағы тербелістерді қарастырған кезде де алған болатынбыз. Дифференциалдық теңдеулерді шешу әдістері мектеп бағдарламасына кірмейді. Сондықтан, бұл жерде оны шешудің жолдарын толық қарастырып жатпай-ақ бірден шешімді келтіреміз. Ол мынадай

$$q = q_m \cos(\omega_0 t + \varphi) \quad (8)$$

Ал бұл өрнектің шынында да жоғарыдағы (2.7) теңдеуінің шешімі екеніне, оны тікелей осы теңдеуге алып барып қоя отырып көз жеткізуге болады. Алған (2.8) шешімді (2.3) өрнегімен салыстыра отырып, бұл жердегі  $\omega_0$ -дің циклдік жиілік екенін анықтаймыз. Онда бұл жиілікке сәйкес келетін тербелістің периоды

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\sqrt{LC} \quad (9)$$

Бұл өрнек *Томсон формуласы* деп аталады.

### Бақылау сұрақтары

1. Гармоникалық тербеліс деген не?
2. Электромагниттік тербеліс деген не?
3. Томсон формуласы деген не?

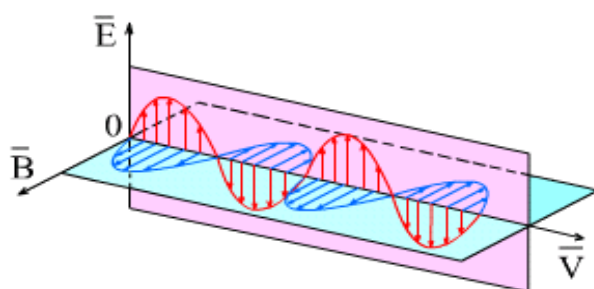
### Сабақ № 38

Тақырыбы: 3.1.2 Толқындар. Акустика.

### Сабақ жоспары:

1. Толқын
2. Толқындардың түрлері
3. Толқын ұзындығы
4. Акустика

**Толқындар** деп тербелістің кеңістікте таралу процессін айтады. Кеңістікте қандай тербелістердің тарап жатқанына байланысты толқындар әртүрлі, мысалы, механикалық, электромагниттік т.с.с. болуы мүмкін. Тербелістің бағыты мен толқынның таралу бағытының арасындағы қатынасқа қатысты оларды **көлденең толқындар** және **қума толқындар** (1 – сурет) деп бөледі. Көлденең толқындарда тербелістің бағыты толқынның таралу бағытына перпендикуляр болса, қума толқындарда олардың бағыты бір түзудің бойында болады. Ол жөнінде мына жерден қарап көруге болады. Толқындарды олардың ұзындығымен сипаттайды. **Толқын ұзындығы** деп бірдей фазада тербеліп тұрған іргелес (ең жақын) екі нүктенің ара қашықтығына тең шаманы айтады. Толқынның  $\lambda$  ұзындығы,  $\nu$  тербеліс жиілігі және оның  $v$  таралу жылдамдықтарының арасында мынадай байланыс бар 
$$v = \lambda \cdot \nu \quad (1)$$



1 – сурет. Толқындар тербелісі.

**Акустика** (грек тіліде akustikos — естілетін, тыңдалатын) — физиканың ең төменгі жиіліктен (шартты түрде 0 Гц) ең жоғарғы жиілікке (1011-1013 Гц) дейінгі аралығын қамтитын серпімді тербелістер мен толқындарды және олардың затпен өзара әсерлесуі мен түрліше қолданылуын зерттейтін саласы.

Акустика — өте ерте заманнан белгілі. Ол алғаш адам құлағы ести алатын дыбыс туралы ілім ретінде дамыды. Ертеде Пифагор (б.з.б. 6 ғ. естілетін дыбыс тонының биіктігі мен перненің не кернейдің (трубаның) арасындағы байланысты тапты. Аристотель (б.з.б. 4 ғ.) дыбыс шығаратын дененің ауаны қысатындығын, оны сирететіндігін, ал жаңғырық дыбыстың кедергіден кері қарай шағылу құбылысы екендігін түсіндіріп берді.

Леонардо да Винчи (15-16 ғ.) дыбыстың шағылуын зерттеді, дыбыс толқындарының таралуы дыбыс көздеріне тәуелсіз болатындығын (тәуелсіздік принципі) тұжырымдады. 17 ғ-дың аяғы мен 18 ғ-дың басында Г. Галилей дыбыс шығаратын денеде тербеліс пайда болатындығын және дыбыстың биіктігі оның жиілігіне, ал қарқыны дыбыс амплитудасына тәуелді екендігін тапты. Ауадағы дыбыс жылдамдығын алғаш рет француз физигі М. Мерсенн анықтаған.

17 ғ.-дың аяғынан 20 ғ-дың басына дейін Акустика механиканың бір бөлімі ретінде дамыды. Механикалық тербелістердің жалпы теориясы, дыбыс толқындарының (серпімді) белгілі бір ортада таралу және пайда болу заңдылықтары, дыбыстың негізгі сипаттамаларын (дыбыс қысымы, импульсі, энергиясы, дыбыстың таралу жылдамдығы, т.б.) өлшеу әдістері Ньютон механикасына, Гуктің серпімділік теориясының негізгі заңына, Гюйгенстің толқындық қозғағалыс принципіне негізделіп жасалды. Сөйтіп дыбыс толқындарының диапазоны кеңейіп, Акустика инфрадыбыс (16 Гц-ке дейін) пен ультрадыбыс (20 кГц-тен жоғары) аймақтарын қамтыды.

Ағылшын ғалымы Т. Юнг пен француз ғалымы О. Френель толқын интерференциясы мен дифракциясы теориясын, аустриялық ғалым Х. Доплер дыбыс көзінің бақылаушымен салыстырғандағы қозғалуы кезіндегі толқын жиілігінің өзгеру заңын тұжырымдады. Күрделі тербеліс процесін қарапайым құраушыларға жіктеу әдісінің (Фурье әдісі) жасалуы дыбыс анализін және гармониялық құраушылардан күрделі дыбыс синтезін алудың негізі болды. А-ның жоғарыда баяндалған даму сатыларын Дж. У. Рэлей (Дж. Стретт) «Дыбыс теория-сы» (1877-78) деген еңбегінде қорытындылап

берді.

20 ғ. 20 ж. радиотехника мен радиохабар таратудың дамуына байланысты Акустиканың жаңа даму сатысы басталды. Дыбыс сигналдарын электр-магниттік сигналдарға және керісінше түрлендірудің қажеттігі туды. Тех. сұранысқа байланысты акустиканың қолданылатын жаңа бағыттары — әуедегі ұшақтың дыбыс локациясы, гидролокация және Акустикалық навигация, жарылыстың түрін, орнын және уақытын анықтау, авиацияда, өнеркәсіпте, көлікте болатын шуды азайту мәселелері, т.б. пайда болды. Осы мәселелерді шешу үшін дыбыстың пайда болу және жұтылу механизмін, күрделі жағдайларда дыбыс (мыс., ультрадыбыс) толқындарының таралуын жете зерттеу керек болды. Әсіресе, қарқыны күшті дыбыс толқындарының (мыс., жарылыс толқындары) таралуы туралы мәселеге ерекше көңіл бөлінді. Бұл сызықтық емес Акустиканың дамуына әсер етті.

20 ғ-дың ортасынан бастап ультрадыбысты (УД) зерттеудің маңызы зор болды. Дыбыстың көптомды газдарда, кейіннен сұйықтарда қатты жұтылатындығы және дисперсиясы анықталған-нан кейін Акустиканың жаңа бағы-ты — зат құрылымын УД-пен зерттеу (молекулалық А.) әдісі пайда болды. Қуатты УД тек зерттеу құралы ғана емес, сондай-ақ затқа әсер ету құралына айналды. Бұл УД-тық технологияның дамуына негіз болды.

60-70 жылдары гипердыбысты (1 ГГц-тен жоғары) зерттеу нәтижесінде Акустикалық электроника және акустикалық оптика салалары, сондай-ақ психофизиологиялық акустика жедел дамыды. Қазіргі акустиканың ауқымы кең және ол ғылымның көптеген салаларымен астасып жатады. Оның статистикалық Акустика, қозғалатын орта Акустикасы, кристалдар Акустикасы. физ. Акустика, атмосфер. Акустика, геоакустика, гидроакустика, электрлік Акустика. архит. Акустика, құрылыс Акустикасы. УД техникасы, биолог. Акустика, т.б. сияқты салалары бар.

#### Бақылау сұрақтары:

1. Акустика деген не?
2. Толқынның неше түрі бар?

### Сабақ № 39

#### Тақырыбы: 3.1.3 Әртүрлі ортадағы электр тоғына есептер шығару.

Есеп шығарудың үлгілері

1. Индукциясы 0,02 Тл-ға тең біртекті магнит өрісінде қабырғасының ұзындығы 4 см болатын квадрат рама орналастырылған. Рама жазықтығы мен индукция векторының арасындағы бұрыш  $30^\circ$ . Осы контурды тесіп өтетін магнит ағынын анықтаңыз.

Шешуі: Квадрат раманың ауданы  $S=4 \cdot 4=16 \text{ см}^2=16 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ . Ал 1.1-суреттен көрініп тұрғанындай рама жазықтығына нормаль мен индукция векторы арасындағы бұрыш  $\alpha=\pi-30^\circ=60^\circ$ . Онда магнит ағынының мәні

$$\Phi=B \cdot S \cdot \cos 60^\circ=0,02 \cdot 16 \cdot 10^{-4} \cdot 0,5=16 \cdot 10^{-7} \text{ Вб}=1,6 \text{ мкВб}$$

Жауабы: 1,6 мкВб.

2. Магнит индукциясы 0,1 Тл-дан 0,3 Тл-ға дейін 8мс уақыт мезетінде өзгергенде тізбекте 10 В-қа тең ЭҚК-і пайда боуы үшін көлденең қимасының ауданы  $50 \text{ см}^2$  болатын шығыр қанша орамнан тұруы керек. Магнит индукциясы векторы шығырдың осімен бағытталған.

Шешуі: Бір орамнан тұратын контур үшін пайда болатын ЭҚК-інің модулі

$$\varepsilon = \left| \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right|$$

Магнит ағынының өзгерісі сыртқы өрістің магнит индукциясының өзгерісі салдарынан болғандықтан  $\Delta \Phi = \Delta B \cdot S \cdot \cos \alpha$ . Мұндағы  $\Delta B = B_2 - B_1 = 0,3 - 0,1 = 0,2 \text{ Тл}$ . Магнит индукциясы векторы шығыр осімен бағытталғандықтан  $\alpha=0^\circ$ , онда  $\cos 0^\circ=1$ . Егер шығыр  $N$  орамнан тұрады десек, онда пайда болатын ЭҚК-і

$$\varepsilon = N \left| \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right| = N \left| \frac{\Delta B \cdot S}{\Delta t} \right|$$

$$N = \varepsilon \cdot \left| \frac{\Delta t}{\Delta B \cdot S} \right| = 10 \cdot \frac{8 \cdot 10^{-3}}{0,2 \cdot 50 \cdot 10^{-4}} = 80 \text{ орам.}$$

Бұл жерден

Жауабы: 80 орам.

3. Бойынан 10 А ток өткенде 0,5 Вб магнит ағынын туғызатын шығырдың магнит өрісінің энергиясын анықтаңыз.

Шешуі: Магнит өрісінің энергиясы

$$W = \frac{LI^2}{2}$$

теңдігімен анықталады. Ал, шығырдың индуктивтілігін  $\Phi = L \cdot I$ ; өрнегінен анықтаймыз, онда

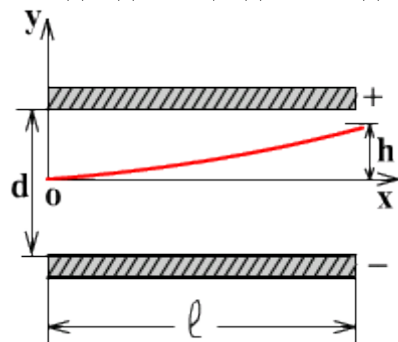
$$W = \frac{LI^2}{2} = \frac{\Phi \cdot I^2}{2} = \frac{\Phi \cdot I}{2} = \frac{0,5 \cdot 10}{2} = 2,5 \text{ Дж}$$

Жауабы: 2,5 Дж.

4. Ұзындығы 0,2 м, ал массасы 5 г өткізгіш, салмағын ескермесе де болатын екі жіп арқылы 1.2-суретте көрсетілгендей етіп біртекті магнит өрісіне орналастырылған. Магнит өрісінің индукциясы 49 мТл және өткізгішке перпендикуляр бағытталған. Жіптің әрбірі 39,2 мН-ға дейінгі салмақты ұстап тұра алады. Өткізгіштен қандай ток өткенде жіптердің бірі үзіліп кетеді ?

5 есеп: Мыс хлориды ( $\text{CuCl}_2$ ) ерітіндісін 2А токпен электролиздегенде қанша уақытта массасы  $m = 4,74\text{г}$  мыс катодта бөлініп шығады

6 есеп: Электрондық шоқ жазық конденсаторға ұзындығы 50 мм пластиналарға параллель ұшып кірді. Егер конденсатордың пластиналарының арасындағы өрістің кернеулігі 15 кВ/м болса, электрондардың жылдамдығы қандай болады?



7 есеп: Қимасы  $0,2 \text{ мм}^2$  тең өткізгіштегі ток күші 1А тең. Өткізгіштегі еркін электрондардың концентрациясы равна  $510^{28} \text{ м}^3$  тең. Электрондардың осы өткізгіштегі реттелген қозғалысының орташа жылдамдығын табындар

8 есеп: Электр шамының  $23^\circ \text{ C}$  қызған кездегі вольфрам қылының кедергісі 4 Ом.  $0^\circ \text{ C}$  температурадағы кедергіні табындар. Вольфрам кедергісінің температуралық коэффициенті  $4,8 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$  тең.

9 есеп: Егер кремний диодтан өтетін күш  $I=5,5 \text{ mA}$ , ал кернеу  $U=0,7 \text{ В}$  тең болса, оның кері бағыттағы тұрақты токқа кедергісін табындар.

Шешуі: Тізбек бөлігі үшін Ом заңын қолданамыз:  $I=U/R$ .

Демек:  $R=U/I=0,7 \text{ В}/5,5 \cdot 10^{-3} \text{ A} \approx 1,3 \cdot 10^3 \text{ A}$

## Сабақ № 40

### Тақырыбы: 3.1.4 Актив, индуктивті кедергісі бар электр тізбегі

#### Сабақ жоспары:

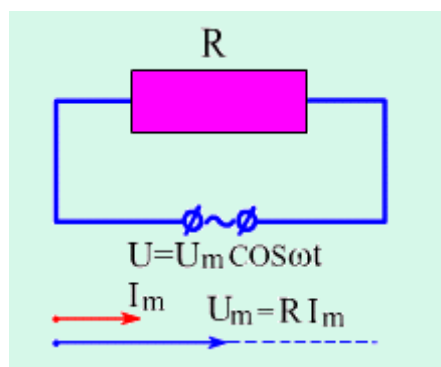
1. Электромагниттік тербелістер
2. Айнымалы ток
3. Актив кедергі
4. Индуктивтілік кедергі
5. Сымдылық кедергі
6. Айнымалы ток тізбегі үшін Ом заңы
7. Резонанс

#### Еріксіз электр тербелістері. Айнымалы ток. Айнымалы ток генераторы

**Еріксіз электромагниттік тербелістер** деп сыртқы электр қозғаушы күшінің периодты өзгеруінің салдарынан болатын тізбектегі ток күші мен кернеудің периодты түрде өзгеруін айтады. Егер сыртқы мәжбірлеуші ЭҚК-і гармониялық заңдылықпен өзгертін болса, онда тізбекте туындылайтын ток та осы заңдылықпен өзгереді. Тізбектегі токтың осындай еріксіз гармониялық тербелісі **айнымалы ток** деп аталады. Оны айнымалы токтың генераторлары арқылы шығарып алуға болады. Күнделікті өмірде және өндірісте айнымалы ток кеңінен пайдаланылады.

#### Айнымалы ток тізбегіндегі актив кедергі. Кернеу мен ток күшінің әсерлік мәні

Тұрақты ток тізбегінің заңдары айнымалы ток тізбегі үшін де орынды болады. Тек бұл жағдайдағы



айырмашылық, айнымалы ток тізбегінде физикалық шамалар уақыттың өтуімен байланысты өзгеріп отыратын болғандықтан, бұл заңдар сәйкес шамалардың берілген уақыт мезетіндегі лездік мәні үшін орындалады.

Айнымалы ток тізбегіне қосылған R актив кедергісін қарастыралық (1 – сурет). Егер бұл кедергінің ұштарына уақытқа байланысты

$$u = U_m \cos \omega t \quad (1)$$

заңдылығымен өзгертін айнымалы кернеу берсек, онда Ом заңына сәйкес тізбектегі ток күшінің лездік мәні

1 – сурет. Тізбектегі кедергі

$$i = \frac{u}{R} = \frac{U_m}{R} \cos \omega t = I_m \cos \omega t \quad (2)$$

өрнегімен анықталады. Мұндағы  $I_m = U_m / R$  ток күшінің амплитудалық мәні. Бұл жерден ток күшінің де кернеу тәрізді гармониялық заңдылықпен өзгертін және тізбектегі токтың фазасы кедергі ұштарындағы кернеудің фазасына дәл келетіні көрініп тұр. Енді осы тізбекте бөлінетін қуаттың мәнін табалық. Ол

$$p = iu = I_m \cos \omega t \cdot U_m \cos \omega t = I_m U_m \cos^2 \omega t \quad (3)$$

тең. Яғни қуаттың лездік мәні де уақыттың өтуіне байланысты өзгеріп отырады екен. Ал оның орташа мәні неге тең? Оны табу үшін (2.12) өрнегінің орташа мәнін табу керек.  $I_m$  және  $U_m$  шамалары уақытқа қатысты өзгермейді, ал уақытқа қатысты өзгеріп отырған косинустың квадратының бір периодтағы орташа мәні  $1/2$  – ге тең, онда сәйкес қуаттың орташа мәні

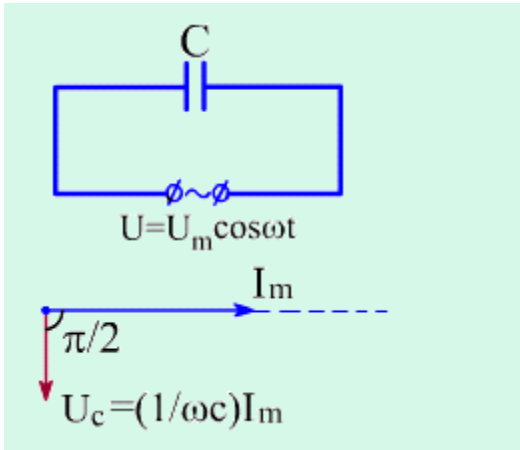
$$P_{\text{орп}} = \frac{I_m U_m}{2} = \frac{I_m^2 R}{2} \quad (4)$$

Бұл жерде егер  $I_m / \sqrt{2} = I_0$  және  $U_m / \sqrt{2} = U_0$  деп белгілесек, онда қуаттың бұл өрнегі тұрақты ток тізбегіндегі өрнекпен бірдей болып шығады, яғни

$$P_{\text{орп}} = I_0 U_0 \quad (5)$$

Осылай анықталған  $I_0$  және  $U_0$  шамаларын ток күші мен кернеудің **әсерлік мәндері** деп атайды.

#### Айнымалы ток тізбегіндегі сыйымдылық



2 – сурет. Тізбектегі сымдылық.

Айнымалы ток тізбегіне жалғанған  $C$  сыйымдылығын қарастыралық (2 – сурет). Конденсатордың астарларына

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

зандылығымен өзгертін кернеу беріліп тұрсын делік. Онда осы тізбектегі токтың мәні қалай өзгереді? Оны табу үшін алдымен зарядтың лездік мәнін анықталық. Ол мынаған тең:

$$q = Cu = CU_m \cos \omega t \quad (7)$$

Тізбектегі электр тогы конденсатор астарларындағы зарядтардың өзгеруімен байланысты болғандықтан токтың әдеттегі анықтамасынан мынаны аламыз

$$i = q' = (CU_m \cos \omega t)' = -\omega CU_m \sin \omega t = I_m (-\sin \omega t) = I_m \cos(\omega t + \frac{\pi}{2}) \quad (8)$$

Бұл өрнек тізбектегі ток күшінің уақытқа байланысты қалай өзгертінін көрсетеді. Мұндағы  $I_m = \omega CU_m$  шамасы - ток күшінің амплитудалық мәні. Осы (2.15) және (2.17) өрнектерін салыстыра отырып, тізбектегі кернеудің фазасы сәйкес токтың фазасынан  $\pi/2$  – ге қалып отыратындығын байқауға болады. Тұрақты ток тізбегіндегі Ом заңының өрнегіне ұқсас, айнымалы ток тізбегінде де кернеудің амплитудалық мәнінің сәйкес токтың амплитудалық мәніне қатынасы кедергіні береді, яғни

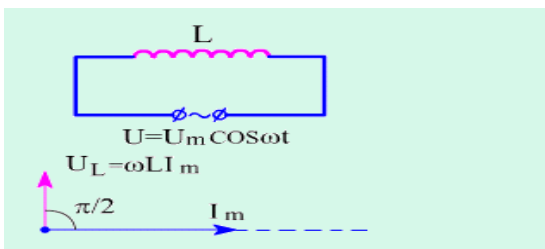
$$X_c = \frac{U_m}{I_m} = \frac{1}{C\omega} \quad (9)$$

Оны **сыйымдылық кедергісі** деп атайды. Сыйымдылық кедергісі тұрақты шама емес, ол тізбектегі айнымалы токтың жиілігінен тәуелді.

Ток пен кернеудің арасында фазалар ығысуының салдарынан тізбектегі бөлінетін қуаттың толық бір период кезіндегі орташа мәні нөлге тең болады.

### Айнымалы ток тізбегіндегі индуктивтілік.

Айнымалы ток тізбегіндегі  $L$  индуктивті катушканы қарастыралық (3 – сурет).



3 – сурет. Тізбектегі индуктивтілік.

Бұл кедергісі елеместей аз сымнан оралған идеал катушка болсын делік. Осы катушка арқылы өтетін ток

$$i = I_m \cos \omega t \quad (10)$$

гармониялық заңдылығымен өзгерсе, онда туындылайтын өздік индукция ЭҚК-і

$$\varepsilon_s = -Li'' = \omega LI_m \sin \omega t \quad (11)$$

Ал катушканың актив кедергісі елеместей аз болғандықтан өздік индукция ЭҚК-і катушканың ұштарындағы кернеуге шамасы жағынан тең, ал таңбасы қарама-қарсы болады, яғни

$$u = -\varepsilon_s = -\omega LI_m \sin \omega t = \omega LI_m \cos(\omega t + \frac{\pi}{2}) = U_m \cos(\omega t + \frac{\pi}{2}) \quad (12)$$

Жоғарыдағы(12) және (10) өрнектерінен катушканың ұштарындағы кернеудің фазасы сәйкес токтың фазасынан  $\pi/2$  – ге ілгері отыратындығы көрініп тұр. Тізбектегі кернеудің амплитудалық мәні  $U_m = \omega LI_m$ , ал кернеудің амплитудалық мәнінің токтың амплитудалық мәніне қатынасы **индуктивтілік кедергіні** береді, яғни

$$X_L = \frac{U_m}{I_m} = \frac{1}{L\omega} \quad (13)$$

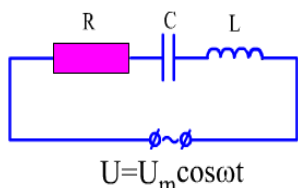
Индуктивтілік кедергісі тұрақты шама емес, ол да сыйымдылық кедергісі тәрізді айнымалы токтың жиілігінен тәуелді.

Ток пен кернеудің арасында фазалар ығысуы болғандықтан индуктивті катушкада бөлінетін қуаттың толық бір период кезіндегі орташа мәні нөлге тең болады.



### Айнымалы ток тізбегі үшін Ом заңы

Бір-бірімен тізбектей жалғанған актив кедергіден, сыйымдылықтан және индуктивті катушкадан тұратын айнымалы токтың толық тізбегін қарастыралық (4 – сурет ).



4– сурет. Тізбектегі үш элементтің болуы.

Егер осы тізбектің ұшына жиілігі  $\omega$ , ал амплитудасы  $U_m$ -ға тең бола отырып гармониялық заңдылықпен өзгертін айнымалы кернеуін берсек, онда бұл тізбекте

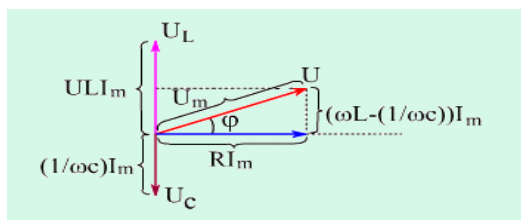
$$I = I_m \cos \omega t \quad (14)$$

заңдылығымен өзгертін ток күшінің еріксіз тербелісі пайда болады. Енді осы ток күші мен кернеудің тербелісі амплитудаларының арасындағы байланысты, басқаша айтқанда осы айнымалы ток тізбегі үшін Ом заңын табалық.

Тізбектегі толық кернеудің лездік мәні осы тізбектің әрбір бөлігіндегі кернеулердің түсуінің қосындысына тең, яғни

$$u = u_R + u_L + u_C = U_{Rm} \cos \omega t + U_{Cm} \cos(\omega t - \pi/2) + U_{Lm} \cos(\omega t + \pi/2) \quad (15)$$

Тізбектегі толық кернеудің амплитудасын оның бөліктеріндегі кернеулердің амплитудалары арқылы өрнектеу үшін **векторлық диаграмма** деп аталатын әдісті қолдану ыңғайлы.



5 – сурет. Векторлық диаграмма.

Бұл әдіс тізбек бөліктеріндегі кернеулердің фазаларының әртүрлі екенін ескеруге мүмкіндік береді. Диаграмманы тұрғызу барысында алдымен тізбектегі токқа сәйкес бағытты таңдап алады да соған қатысты кернеулердің амплитудалық мәндерін олардың фазалар айырымын ескере отырып салады. Осылай тұрғызылған диаграмма 5 – суретте келтірілген. Бұл суреттен тізбектегі толық кернеудің амплитудасы (үшбұрыштар үшін Пифагор теоремасын пайдаланғанда)

$$\begin{aligned} U_m &= \sqrt{U_{Rm}^2 + (U_{Lm} - U_{Cm})^2} = \sqrt{(I_m R)^2 + (I_m X_L - I_m X_C)^2} = \\ &= I_m \sqrt{R^2 + \left( L\omega - \frac{1}{C\omega} \right)^2} \end{aligned} \quad (16)$$

екені көрініп тұр. Онда, айнымалы ток тізбегі үшін Ом заңы

$$I_m = \frac{U_m}{\sqrt{R^2 + \left( L\omega - \frac{1}{C\omega} \right)^2}} \quad (17)$$

түрінде жазылады. Бұл өрнектегі

$$Z = \sqrt{R^2 + \left( L\omega - \frac{1}{C\omega} \right)^2} \quad (18)$$

шамасы тізбектің толық кедергісі болып табылады.

Векторлық диаграммдан кернеу тербелісінің фазасы  $\omega t + \varphi$  екені көрініп тұр. Сондықтан, кернеудің лездік мәні

$$u = U_m \cos(\omega t + \varphi) \quad (19)$$

Ал кернеу мен токтың лездік мәндерінің арасындағы фазалар айырымы

$$\cos \varphi = \frac{U_{Rm}}{U_m} = \frac{R}{Z} \quad (20)$$

Айнымалы ток тізбегіндегі қуаттың лездік мәні  $p = I^2 R = I_m R \cos^2 \omega t$ . Бір тербеліс периоды кезіндегі  $\cos^2 \omega t$  функциясының орташа мәні 1/2 болғандықтан тізбектегі қуаттың орташа мәні

$$P = \frac{I_m^2 R}{2} = \frac{I_m U_m R}{2Z} = \frac{I_m U_m \cos \varphi}{2} = I_a U_a \cos \varphi \quad (21)$$

### Айнымалы ток тізбегіндегі резонанс

Айнымалы ток тізбегінің ( 2.8 – сурет ) толық кедергісі (2.27) өрнегіне сәйкес тек тізбек элементтерінің параметрлерінен ғана емес, сонымен қатар мәжбірлеуші кернеудің өзгеру жиілігінен де тәуелді. Яғни,

жиілік өзгерген кезде толық кедергі де өзгереді. Тізбектегі ток максимальді болу үшін, Ом заңына сәйкес, оның толық кедергісі минимальді болуы керек. Ал (2.27) өрнегінен толық кедергінің мәні

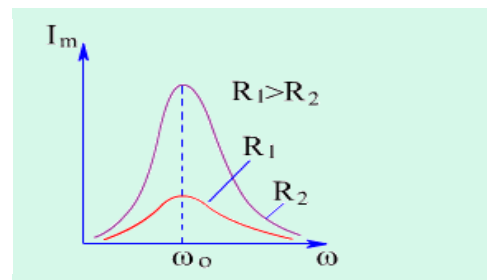
$$L\omega - \frac{1}{C\omega} = 0 \quad (22)$$

шарты орындалғанда минимальді болатыны көрініп тұр. Бұл шартқа сәйкес келетін сыртқы мәжбірлеуші кернеудің жиілігі

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (23)$$

Ал бұл еркін тербелмелі контурдың өшпейтін еркін тербелісінің жиілігіне тең шама.

Олай болса, сыртқы мәжбірлеуші кернеудің жиілігі тербелмелі контурдың еркін тербелісінің жиілігіне сәйкес болғанда тізбектегі токтың мәні күрт артып кетеді екен. Осы құбылысты айнымалы ток тізбегіндегі **резонанс құбылысы** деп атайды. Тізбектің актив кедергісінің әртүрлі мәндеріндегі токтың амплитудалық мәнінің сыртқы мәжбірлеуші кернеудің жиілігінен тәуелділігі **6** – суретте келтірілген. Электр тізбегіндегі резонанс құбылысы радиотехникада, оның ішінде қабылдау схемаларында, күшейткіштерде, жоғарғы жиіліктегі тербеліс генераторларында кеңінен қолданылады.



**6 – сурет. Резонанс құбылысы.**

#### Бақылау сұрақтары

1. Айнымалы ток деген не?
2. Қандай тоқтармен сипатталады?
3. Индуктивтілігі бар тізбекті сипатта?

#### Сабақ № 41

#### Тақырыбы: 3.1.4 Электр энергиясын өндіру, жеткізу және тарату

#### Сабақ жоспары:

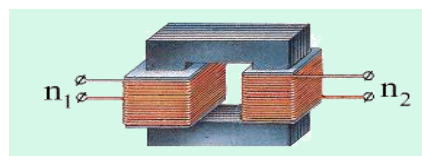
1. Трансформатор
2. Трансформациялау коэффициенті
3. ПӘК

**Трансформаторлар. Электр энергиясын тасымалдау** Көптеген жағдайда бір ток көзінен әртүрлі кернеуге арналған құралдарды қоректендіру қажет болады. Мысалы, теледидарды 220 В-тық ток көзіне қосқан кезде оның ішіндегі қыздыру шамдарына 6,3 В, транзисторларға 1-2 В, ал электронды-сәулелендіру түтікшесіне 15000 В кернеу беру қажет. Кернеуді осылай қажетімізше көтеріп, немесе төмендету үшін **трансформаторлар** деп аталатын құралдар пайдаланылады.

Трансформаторды алғаш рет 1878 жылы орыс ғалымы П.Н.Яблочков құрастырған. Қарапайым трансформатор ферромагнитті өзекшеге кигізілген өткізгіштердің екі жақты орамдарынан тұрады (**1** – сурет ). Бірінші ретті орам қоректендіруші кернеу көзіне, ал екінші ретті орам тұтынушыларға қосылған.

Олардың сәйкес орамдарының саны  $n_1$  және  $n_2$ -ге тең.

Трансформатордың жұмыс істеу принципі электромагниттік индукция құбылысына негізделген. Бірінші ретті орамдар арқылы айнымалы ток өткен кезде ферромагниттік өзекшеде айнымалы магнит ағыны пайда болады. Бұл магнит ағыны өз кезегінде екінші ретті орамдарды да тесіп өтетін болғандықтан осы орамдарда индукциялық ЭҚК-ін туғызады. Егер екінші ретті орамдар тұтынушыларға қосылған болса, онда бұл тізбектен де айнымалы ток өтеді. Ал бұл айнымалы ток өзекшеде қайтадан өзінің айнымалы магнит ағынын туғызады. Екінші



**1 – сурет. Трансформатор.**

орамдардың туғызған магнит ағыны өзекшедегі толық магнит ағынын кемітеді, бұл өз кезегінде бірінші ретті орамдардағы өздік индукция ЭҚК-інің кемуіне алып келеді. Өздік индукция ЭҚК-інің кемуінен бірінші ретті тізбекте ток арта бастайды да, қоректендіруші кернеудің мәні өздік индукция ЭҚК-іне теңескенде жүйеде тепе-теңдік орнайды.

Орамдар санының бір-біріне қатынасын

$$\frac{n_1}{n_2} = K \quad (1)$$

**трансформациялау коэффициенті** деп атайды.  $K > 1$  болғанда трансформаторлар төмендеткіш, ал  $K < 1$  болса жоғарылатқыш трансформаторлар болып табылады. Бірінші және екінші орамдардағы ток күші, кернеу мен орам сандарының арасында мынадай байланыс бар

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{n_1}{n_2} = K$$

Энергияның сақталу заңына сәйкес

$$P_2 = P_1 - P_{op} - P_{өз} \quad (3)$$

Мұндағы  $P_2 = I_2 U_2 \cos \varphi_2$  – екінші тізбектен тұтынушылар пайдаланатын қуат,  $P_1 = I_1 U_1 \cos \varphi_1$  – бірінші тізбекке қоректену көзінен берілетін қуат, ал  $P_{op} = I_1^2 r_1 + I_2^2 r_2$  – актив кедергілері  $r_1$  және  $r_2$  – ге тең орамдардағы қуат шығыны да,  $P_{өз}$  – ферромагниттік өзекшенің магниттелуімен байланысты қуат шығыны.

Трансформатордың пайдалы әсер коэффициенті (ПӘК)

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \quad (4)$$

Бүгінгі күннің технологиялары ПӘК-і 97-98% болатын трансформаторлар жасауға мүмкіндік береді. Трансформаторлардың электр энергиясын тасымалдаудағы ролі ерекше. Электр энергиясын қашық аралықтарға тасымалдау күрделі ғылыми-техникалық мәселе болып табылады. Бұл жердегі негізгі мәселе энергия шығынымен байланысты. Өткізгіштердің қызуынан болатын энергия шығыны Джоуль-Ленц заңына сәйкес тізбектегі ток күшінің квадратына пропорционал, яғни  $Q = I^2 R t$ . Олай болса тасымалдау кезіндегі бос шығынды азайту үшін тасымалданатын қуатты кемітпестен, ток күшін мүмкіндігінше азайту қажет. Оның бірден-бір жолы кернеудің шамасын аса жоғары, жүздеген мың вольтқа көтеру. Жоғарғы вольтты электр тасымалдау жүйелерінің болуы осымен байланысты. Электр энергиясын өндіретін жерде кернеуді трансформаторлардың көмегімен 400-500 мың вольтқа дейін жоғарылатады да, тасымалдап жеткізген соң энергияны тұтынатын жерде керісінше өндірістік 220 вольтқа дейін кемітеді.

### Бақылау сұрақтары

1. Электр энергиясы қалай жеткізіледі?
2. Электр энергиясы қалай алынады?
3. Электр энергиясы қалай таратылады?

## Сабақ № 42

### Тақырыбы: 3.2.1 Электромагниттік өрістер

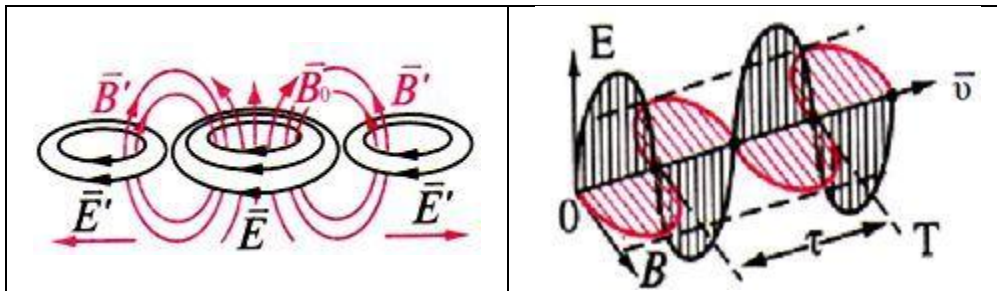
#### Сабақ жоспары:

1. Электромагниттік толқын
2. Жарық
3. Электромагниттік толқын ұзындығы
4. Электромагниттік толқын қасиеттері

**Электромагниттік толқындар** деп айналымы электр өрісінің және онымен байланысқан магнит өрісінің кеңістіктегі таралу процессін айтады. Ал бұл өрістер сәйкес электр өрісінің кернеулігі  $\vec{E}$  және магнит индукция векторы  $\vec{B}$  арқылы сипатталатыны белгілі. Олай болса, электромагниттік өріс тарап жатқан кеңістіктің әрбір нүктесінде осы векторлардың мәні периодты түрде өзгеріп отырады. Электромагниттік толқындар – көлденең толқындар.  $\vec{E}$  және  $\vec{B}$  векторлары бір-біріне перпендикуляр жазықтықта тербеледі (1 - сурет). Электромагниттік толқындардың болатыны жөніндегі болжамды алғаш рет ағылшын ғалымы Дж.Максвелл айтқан болатын. Айналымы магнит және электр өрістері қарапайым тербелмелі контурда туындылайды. Бірақ, бұл жағдайда магнит өрісі индуктивті катушканың маңында, ал электр өрісі конденсатор астарларының арасында туындылайтын болғандықтан толқын кеңістікке тарамайды. Мұндай жүйені әдетте *жабық тербелмелі контур* деп атайды.

Электромагниттік құбылыстар физикасына М. Фарадейдің қосқан негізгі жаңалығы кеңістікті күш сызықтармен толтырып тұратын өріс ұғымын енгізу. Д. Максвелл Фарадейдің идеялары негізінде тәжірибе жүзінде дәлелденген зарядтар мен токтар жүйесі туғызатын электромагниттік өріс теориясын жасады. Магнит өрісі өзгергенде айнымалы электр өрісінің пайда болуы құбылысын зерттей отырып Максвелл: *магнит өрісінің кезкелген өзгерісі қоршаған кеңістікте құйынды электр өрісін туғызады*, деді.

**Электромагниттік толқындар** - кеңістікте айнымалы электромагниттік өрістердің таралуы.



<p>ЭМТ вакуумде таралу жылдамдығы:</p> $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$	<p>Электромагниттік толқынның ортадағы таралу жылдамдығы:</p> $v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon\mu}}$ <p><math>\epsilon</math>-ортаның диэлектрлік өтімділігі, <math>\mu</math>- магниттік өтімділігі</p>
---	--

Электромагниттік толқынның теориялық есептеулер арқылы табылған вакуумдегі жылдамдығы тікелей өлшенген жарық жылдамдығына тең болуының маңызы ерекше. **Жарық – электромагниттік толқын** болып шықты.

Электр өрісінің  $\vec{E}$  кернеулік векторы, магнит индукция  $\vec{B}$  векторы тербелістерінің фазалары кезкелген нүктеде сәйкес.  $\vec{E}$  мен  $\vec{B}$  векторлары бағыты және толқындардың таралу бағыты өзара перпендикуляр. Электромагниттік толқындар – **көлденең толқындар**.

Бірдей фазада тербелетін ең жақын екі нүктенің арақашықтығы **электромагниттік толқынның**

**ұзындығы** деп аталады  $\lambda = cT = \frac{c}{\nu}$ . Электромагниттік толқынның негізгі сипаттамасы оның тербеліс жиілігі  $\nu$ . Себебі электромагниттік толқын бір ортадан екінші ортаға өткенде толқын ұзындығы өзгереді, ал жиілігі тұрақты болып қалады. Электромагниттік толқын электр зарядтарының үдемелі қозғалысы кезінде туындайды. Электромагниттік толқынның энергетикалық сипаттамаларының бірі - электромагниттік толқын шығару ағының тығыздығы. Ол толқынның таралу бағытына перпендикуляр ауданы  $S$  беттен  $\Delta t$  уақыт ішінде өтетін электромагниттік  $W$  энергияның беттің ауданы мен энергияның өту уақыты көбейтіндісіне қатынасы:

$$I = \frac{W}{S\Delta t} \quad \text{немесе} \quad I = \frac{P_{\text{орт}}}{S}$$

Яғни, толқынның шығару ағының тығыздығы беттің бірлік ауданнан бір периодта өтетін электромагниттік толқын шығарудың орташа қуаты немесе оны **толқынның интенсивтілігі** деп атайды. Х.Б. жүйесінде оның өлшем бірлігі  $\text{Вт/м}^2$ .

Жазық электромагниттік толқын тарайтын кеңістіктің  $\Delta V$  көлемінен  $\Delta t$  уақыт ішінде белгілі бір энергия өтіп үлгереді. Бұл электромагниттік өріс энергиясы

$$W = w \cdot \Delta V = w \cdot S \cdot c \cdot \Delta t$$

мұндағы  $w$ - электромагниттік толқын энергиясының тығыздығы. Олай болса  $I = w \cdot c$ .

Электромагниттік толқын шығару ағынының тығыздығы электромагниттік энергия тығыздығы мен толқының таралу жылдамдығының көбейтіндісіне тең.

$$I = \frac{W}{S \Delta t} = \frac{W}{4\pi R^2 \Delta t} \cdot \frac{1}{R^2} - \text{нүктелік көзден шығатын толқының интенсивтілігі арақашықтықтың квадратына кері пропорционал.}$$

Енді электромагниттік толқының электр өрісінің және магнит өрісінің энергияларының тығыздықтары өзара тең

$$w_3 = \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2}{2} \quad w_M = \frac{B^2}{2\mu_0 \mu}$$

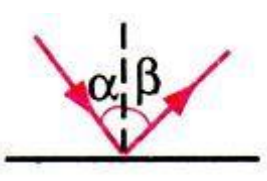
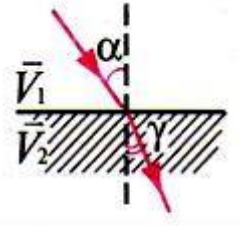
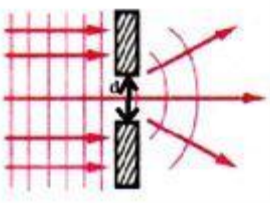
Олай болса электромагниттік өріс энергиясының тығыздығы  $w = w_3 + w_M = 2w_3$ . Электр өрісінің кернеулігі және магнит өрісінің индукциясы  $E \sim a \sim \omega^2$  немесе  $B \sim a \sim \omega^2$ , олай болса өрістің энергия

$$w_3 = \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2}{2} \sim \omega^4 \quad w_M = \frac{B^2}{2\mu_0 \mu} \sim \omega^4.$$

тығыздықтары және Сондықтан электромагниттік толқының интенсивтілігі жиіліктің төртінші дәрежесіне пропорционал  $I = w \cdot c \sim \omega^4$ .

Электромагниттік толқындарды жиілік бойынша жіктеу **электромагниттік толқындар шкаласы** деп аталады. Олар ( $\nu = 10^3$  Гц) төменгі жиілікті толқындар мен радиотолқындардан бастап, гамма сәулелерге дейінгі ( $\nu < 10^{21}$  Гц) аралықты қамтиды.

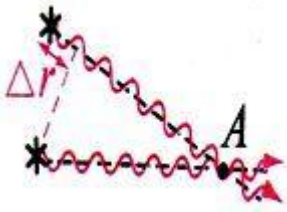

**Электромагниттік толқындардың қасиеттері (механикалық толқындармен салыстыру)**

а) Шағылу	ә) Сыну	б) Дифракция
 <p><math>\angle \alpha = \angle \beta</math></p>	 <p><math>\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2} = n_{21}</math></p>	 <p><math>d \approx \lambda</math></p>

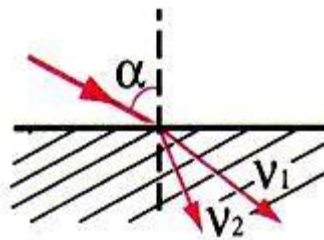
а) Шағылу заңы бойынша түскен, шағылған сәулелер және түсу нүктесінен шағылдырушы бетке тұрғызылған перпендикуляр бір жазықтықта жатады; сәуленің бетке түсу бұрышы шағылу бұрышына тең  $\angle \alpha = \angle \beta$ .

б) Сыну заңы: түскен, сынған сәулелер және түсу нүктесінен екі ортаның шекарасына тұрғызылған перпендикуляр бір жазықтықта жатады; түсу бұрышы синусының сыну бұрышы синусына қатынасы сәуленің түсу бұрышына тәуелді емес, тек 1-ортадағы толқын жылдамдығының 2-ортадағы жылдамдығына қатынасы тең.

в) Интерференция – әр түрлі толқын	г) Поляризациялану
------------------------------------	--------------------

көзінен таралған толқындардың қосылуы	
 $\Delta r = \lambda n \text{ — max}$ $\Delta r = \frac{\lambda}{2}(2n+1) \text{ — min}$	 <p style="text-align: center;">поляризатор</p>
$\Delta r$ – толқындардың жүрген жол айырымы $n=0, 1, 2, \dots$	Поляризация оның электромагниттік толқынның көлденең толқын екенін дәлелдейді

д) Дисперсия – ортада толқын жылдамдығының оның жиілігіне тәуелділігі



1895 жылы 7 мамырда орыс ғалымы А.С.Попов Ресейдің физика-химия қоғамының мәжілісінде тәжірибе жүзінде радиотолқындар арқылы байланыс жасауды жүзеге асыратын радионы демонстрациялады. 1896 жылы 24 наурызда әлемде бірінші рет 250 метр қашықтыққа сымсыз, екі сөзден тұратын «Генрих Герц» деген радиограмма таратып, оны қабылдады. Байланыстың бұл түрі радиотелеграфтық байланыс деп аталды. Кейін американдық инженер Д. Форес үш электродты шамды – **триодты** ойлап тапқаннан кейін радиотелефондық байланыс жүзеге асты. Радио және телехабарларда, радиобайланыста, радиолокация мен радионавигацияда қолданылатын электромагниттік толқындарды **радиотолқындар** деп атайды. Радиотолқындар арқылы объектіні тауып, оған дейінгі қашықтықты және оның кеңістіктегі орынның, қозғалыс жылдамдығын анықтау **радиолокация** деп аталады. Бұл радиолокатор немесе радар арқылы жүзеге асады. Радиолокатор **импульстік режимде** жұмыс істейді. Әр импульстің ұзақтығы  $10^{-6}$  с шамасындай. Электромагниттік толқынның объектіге барып және шағылып қайту уақытын өлшеу арқылы арақашықтықты

анықтайды:  $l = c \frac{t}{2}$ , мұндағы  $c=3 \cdot 10^8$  м/с радиотолқынның вакуумде таралу жылдамдығы.

### Бақылау сұрақтары

1. Электромагниттік толқындар деген не?
2. Электромагниттік толқын қасиеттерін ата?
3. Толқын ұзындығының формуласы

## Сабақ № 43

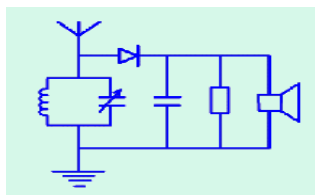
### Тақырыбы: 3.2.2 Радиобайланыс принциптері.

#### Сабақ жоспары:

1. Радиобайланыс принципі
2. Амплитудалық модуляция және демодуляция
3. Детекторлы қабылдағыш

Радиобайланыс принциптері.

Электромагниттік толқындардың көмегімен алысқа сымсыз хабар жеткізудің мүмкіндігін алғаш рет 1895 жылы 7 мамырда орыс инженері А.С.Попов дәлелдеп көрсетті. Бұл күн бүгінде радионың туған күні атап өтіледі. А.С.Попов алғашқыда өзінің ойлап тапқан радиоқабылдағышын найзағай ойнаған кезде туындылайтын электромагниттік толқындарды тіркеу үшін қолданған.



1 – сурет. Схема

Радиоқабылдағышты ойлап табумен қатар, 1896 жылы А.С.Попов электромагниттік толқындарды таратқыш қондырғыны да құрастырды. Бұл радиотаратқыштың негізгі тетігі электромагниттік толқындардың көзі болып табылатын ұшқын разрядтарымен жалғанған антенна болатын. Осындай радиотаратқыштан 250 м қашықтықта орналасқан радиоқабылдағышқа тұңғыш рет «Генрих Герц» деген екі сөзден тұратын радиogramма берілді.

Радиотехниканың дамуына сонымен қатар Поповтан бөлек жұмыс істеген итальян инженері Г.Маркони да елеулі үлес

қосты. Ол 1901 жылы алғаш рет Атлант мұхиты арқылы радиобайланыс орнатты.

Радионы ойлап табу техниканың дамуындағы үлкен жетістік еді. Бұл жетістік адамдардың өміріне елеулі өзгешеліктер алып келді. Бүгінгі күнді радиобайланыссыз көзге елестету мүмкін емес екендігі бәрімізге белгілі.

**Радиобайланыс принципі. Амплитудалық модуляция және демодуляция. Детекторлы қабылдағыш**

Радиобайланыс жүйесі мына принципке негізделген: радиотаратқыштағы жасақталған жоғарғы жиіліктегі электр тербелісі антенна арқылы өзін қоршаған кеңістікке электромагниттік толқындар түрінде тарайды. Одан әрі бұл толқын радиоқабылдағыш антеннасына жетіп, қабылданып, онда керісінше сол жиіліктегі электр тербелісіне айналдырылады. 1 сурет.

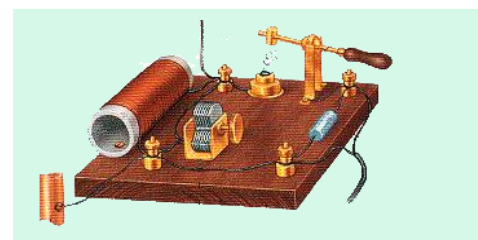
Осы тұрғыдан қарағанда радиобайланыс орнату аса күрделі мәселе емес тәрізді көрінуі мүмкін. Ол үшін бар болғаны микрофондағы дыбыс толқындарын, сәйкес жиіліктегі электромагниттік толқындарға айналдырып таратып, қабылдағышта қайтадан дыбыс толқындарына айналдыру жеткілікті сияқты.

Бір қарағанда осылай оңай тәрізді көрінген бұл мәселе шындығында біз ойлағаннан әлде қайда күрделі. Себебі электромагниттік толқын шығарудың қуаты жиіліктің төртінші дәрежесіне пропорционал. Осының салдарынан дыбыс жиілігіндей төменгі жиіліктегі электромагниттік толқындар мүлдем шығып тарамайды десе де болады.

Сондықтан, жиілігі төмен толқындарды таратудың бірден-бір жолы оны тарату үшін жиілігі жоғары толқындарды пайдалану. Мұндай мүмкіндік шындығында бар. Ол үшін жоғарғы жиіліктегі тербелістердің қандай да бір параметрлерін төменгі дыбыс жиілігіне сәйкес өзгерте отырып электромагниттік толқындар тарату қажет. Жоғарғы жиіліктегі толқындардың көмегімен осылай төменгі жиіліктегі мағұлматтарды тарату әдісін *модуляциялау* деп атайды. Модуляциялау кезінде жоғарғы жиіліктегі толқындардың қандай параметрінің өзгергеніне байланысты *амплитудалық модуляция, жиілік және фазалық модуляциялары* болуы мүмкін. Ал осылай модуляцияланған толқындар радиоқабылдағыштарға жетіп қабылданған соң, керісінше, жоғарғы жиіліктегі электромагниттік толқындардан дыбыс жиілігіндегі сигналдарды ажыратып алу қажет. Бұл процессті *демодуляциялау* немесе *детекторлау* деп атайды. Детектор ретінде жоғарғы жиіліктегі тоқты тек бір бағытта ғана өткізетін жартылай өткізгішті диодтар қолданылады.

#### Бақылау сұрақтары

1. Электромагниттік тербелістер деген не?
2. Демодуляциялау деген не?



2 – сурет. Байланыс құрылғысы

#### Сабақ № 44

#### Тақырыбы: 3.2.1 Тербеліс пен толқын бөліміне эксперименталды есептер шығару

Есеп шығарудың үлгілері

**1** Индуктивтілігі 70 Гн катушкадан және сыйымдылығы 70 мкФ конденсатордан тұратын тербелмелі контурдағы тербелістің жиілігін анықтаңыз.

Шешуі: Тербелмелі контурдағы тербелістің жиілігі

$$\nu = \frac{1}{T}$$

теңдігімен анықталады. Ал, тербеліс периоды  $T = 2\pi\sqrt{LC}$  өрнегінен анықтаймыз, онда

$$\nu = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \sqrt{70 \cdot 70 \cdot 10^{-6}}} = 2,27 \text{ Гц}$$

Жауабы: 2,27 Гц.

**2** Тербелмелі контур, арасы ауамен толтырылған пластиналарының ауданы  $100 \text{ см}^2$  болып келетін конденсатордан және индуктивтілігі  $10^{-5}$  Гн катушкадан тұрады. Контурдағы тербеліс периоды  $10^{-7}$  с болатын болса, конденсатор пластиналарының арақашықтығының қандай болғаны?

Шешуі: Конденсатордың сыйымдылығы

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}$$

мұндағы электр тұрақтысы -  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$  ф/м, ортаның салыстырмалы диэлектрлік өтімділігі, біздің жағдайымызда ауаның салыстырмалы диэлектрлік өтімділігі  $\epsilon = 1$  тең.

Бұл теңдіктен, конденсатор пластиналарының арақашықтығының

$$d = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{C}$$
$$C = \frac{4\pi^2 L}{4\pi^2 L}$$

тең екендігін алуға болады. Ал, конденсатор сыйымдылығын контурдағы тербеліс периодының  $T = 2\pi\sqrt{LC}$  өрнегінен анықтайтын болсақ

Онда, конденсатор пластиналарының арақашықтығы келесі өрнекпен анықталады

$$d = \frac{4\pi^2 L \epsilon_0 \epsilon S}{T^2} = \frac{4 \cdot 3,14^2 \cdot 10^{-5} \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 100 \cdot 10^{-4}}{(10^{-7})^2} = 3,49 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 3,49 \text{ мм}$$

Жауабы: 3,49 мм.

**3** Тербелмелі контурдағы тербеліс периоды 25,12 мс. Осы контурдағы зарядталған конденсатордың энергиясы, бойынан 20 мА ток өтіп жатқан индуктивті катушканың энергиясынан 4 есе артық болатын болса, конденсатордың зарядын анықтаңыз.

Шешуі: Зарядталған конденсатордың және индуктивті катушканың энергиялары мынадай өрнектермен анықталады

$$W_C = \frac{q^2}{2C} \text{ және } W_L = \frac{LI^2}{2}$$

Есептің берілгені бойынша  $\frac{W_C}{W_L} = 4$ . Онда, конденсатордың заряды

$$q = 2I\sqrt{LC} = 2I \frac{T}{2\pi} = \frac{IT}{\pi} = \frac{20 \cdot 10^{-3} \cdot 25,12 \cdot 10^{-3}}{3,14} = 160 \cdot 10^{-6} \text{ Кл} = 160 \text{ мкКл}$$

Жауабы: 160 мкКл.

**4** Катушканың индуктивтілігі 80 мГн, катушка қосылған әсерлі кернеу 100 В, ток жиілігі 1 кГц. Тізбектегі токтың амплитудалық мәнін табыңыз.

Шешуі: Мұндай тізбектегі токтың амплитудалық мәні

$$I_m = \frac{U_m}{\omega L} = \frac{U_m}{2\pi\nu L}$$

мұндағы кернеудің әсерлік мәніне сәйкес амплитудалық мәні

$$U_m = U\sqrt{2}$$

өрнегімен анықталады. Циклдік жиіліктің  $\omega = 2\pi\nu$  екенін ескере отырып, тізбектегі токтың



амплитудалық мәнін табамыз

$$I_m = \frac{U\sqrt{2}}{2\pi\nu L} = \frac{100 \cdot \sqrt{2}}{2 \cdot 3,14 \cdot 10^3 \cdot 80 \cdot 10^{-3}} = 0,28 \text{ A}$$

Жауабы: 0,28 А.

**5** Катушканы, кернеуі 12 В тұрақты ток тізбегіне қосқан кезде, тізбекте 4 А ток күші пайда болады. Осы катушканы жиілігі 50 Гц, кернеуі 12 В айнымалы ток тізбегіне қосатын болсақ, тізбектегі ток күші 2,4 А-ге тең болады. Тізбектей жалғанған индуктивтілік кедергісі 4 Ом катушкамен, сыйымдылық кедергісі 8 Ом конденсатордан тұратын тізбек тогының актив қуаты неге тең?

Шешуі: Мұндай тізбектегі актив кедергі

$$P = U_a I'_a \cos\varphi$$

мұндағы

$$I'_a = \frac{U_a}{Z} = \frac{U_a}{\sqrt{r^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}} = \frac{U_a}{\sqrt{r^2 + (X_L - X_C)^2}}$$

өрнегімен анықталады.

Катушканың актив кедергісі

$$r = \frac{U_T}{I_T} = \frac{12}{4} = 3 \text{ Ом}$$

Онда

$$I'_a = \frac{12}{\sqrt{9 + (8 - 4)^2}} = 2,4 \text{ A}$$

Ал, кернеу мен токтың лездік мәндерінің арасындағы фазалар айырымы (қуаттың коэффициенті)

$$\cos\varphi = \frac{r}{Z} = \frac{r}{\sqrt{r^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}} = \frac{r}{\sqrt{r^2 + (X_L - X_C)^2}} = \frac{3}{\sqrt{9 + (8 - 4)^2}} = 0,6$$

Сонымен, тізбек тогының актив қуаты

$$P = 12 \cdot 2,4 \cdot 0,6 = 17,3 \text{ Вт}$$

Жауабы: 17,3 Вт

**6.** Электрлік тербелістерінің периоды  $10^{-6}$  с болып келетін толқын көзі, ұзындығы қандай толқын шығарады.

Шешуі: Шығарылған толқын ұзындығы

$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$

өрнегімен анықталады. Ал, тербеліс жиілігі мен периоды келесі қатынаспен байланысқан:

$$\nu = \frac{1}{T}$$

Онда,

$$\lambda = c \cdot T = 3 \cdot 10^8 \cdot 10^{-6} = 3 \cdot 10^2 = 300 \text{ м}$$

Жауабы: 300 м.

**7.** Радиоқабылдағыштың тербелмелі контурының индуктивтілігі 2мГн, ал оның сыйымдылығы 70 мкФ-тан 120 мкФ-қа дейін өзгертін болса, радиоқабылдағыш қабылдайтын толқын жиілігінің диапазонын анықтаңыз.

Шешуі: Радиоқабылдағыш қабылдайтын толқынның жиілігі төмендегі өрнекпен анықталады:

$$\nu = \frac{c}{\lambda}$$

мұндағы толқын ұзындығы

$$\lambda = c \cdot T = c \cdot 2\pi\sqrt{LC}$$

Бұл өрнекті пайдаланатын болсақ, конденсатор сыйымдылығының өзгеру мәндеріне сәйкес келетін толқын жиіліктері:

$$\nu_1 = \frac{c}{\lambda} = \frac{c}{c \cdot 2\pi\sqrt{LC_1}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_1}} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot \sqrt{2 \cdot 10^{-3} \cdot 80 \cdot 10^{-6}}} = 0,39 \cdot 10^3 \text{ Гц} = 0,39 \text{ кГц}$$

$$\nu_2 = \frac{c}{\lambda} = \frac{c}{c \cdot 2\pi\sqrt{LC_2}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_2}} = \frac{1}{2 \cdot 3,14\sqrt{2 \cdot 10^{-3} \cdot 180 \cdot 10^{-6}}} = 0,26 \cdot 10^3 \text{ Гц} = 0,26 \text{ кГц}$$

Сонымен, толқын жиілігінің диапазоны  $0,26 \text{ кГц} \leq \nu \leq 0,39 \text{ кГц}$

Жауабы:  $0,26 \text{ кГц} \leq \nu \leq 0,39 \text{ кГц}$ .

8. Катушка арқылы өтетін ток 1 А - ге 0,6 с-қа тең уақытта өзгеретін болса, онда 0,2 мВ ЭҚК индукцияланады. Тербелмелі контуры индуктивтілігі осындай катушкадан және конденсатордан тұратын генератор, ұзындығы 2450 м радиотолқын шығару үшін конденсатор сыйымдылығы қандай болу керек.

Шешуі: Тербелмелі контур шығаратын толқын ұзындығы:

$$\lambda = c \cdot T = c \cdot 2\pi\sqrt{LC}$$

мұндағы L - катушканың индуктивтілігі. Оны анықтау үшін тізбекте пайда болатын ЭҚК өрнегін жазалық. Оның модулі:

$$\varepsilon = \left| \frac{L\Delta I}{\Delta t} \right|$$

бұдан, катушканың индуктивтілігі:

$$L = \frac{\varepsilon \Delta t}{\Delta I}$$

Онда, конденсатор сыйымдылығы

$$C = \left( \frac{\lambda}{2\pi c} \right)^2 \cdot L = \left( \frac{\lambda}{2\pi c} \right)^2 \cdot \frac{\Delta I}{\varepsilon \Delta t} = \left( \frac{2450}{2 \cdot 3,14 \cdot 3 \cdot 10^8} \right)^2 \cdot \frac{1}{0,2 \cdot 10^{-3} \cdot 0,6} = 14,1 \cdot 10^{-9} \text{ Ф} = 14,1 \text{ нФ}$$

Жауабы: 14,1 нФ.

9 Есеп: Ауадағы дыбыстың тербеліс жиілігі 2000Гц жылдамдығы 340м\с. Толқын ұзындығын тап.

10 Есеп: Жібiнiң ұзындығы 0.141м математикалық маятниктің периоды мен жиілігін анықта.

11 Есеп: Математикалық маятниктің жібiнiң ұзындығы 3 есе арттырғанда оның тербеліс жиілігі қаншаға өзгереді?

12 Есеп: Көл суының бетінде толқын 6н\м жылдамдықпен тарайды. Егер толқын ұзындығы 3м болса, жиілікті анықта.

13 Есеп: Ұзындығы 80см маятник 1 минут ішінде 34 тербеліс жасаса, еркін түсу үдеуі неге тең болады?

14 Есеп: Серіппеде тербеліп тұрған жүк 5с ішінде 20 тербеліс жасайды. Тербелістің жиілігін анықта.

15 Есеп: Камертон ұзындығы 0.5м дыбыс толқынын ұлағылдырады. Дыбыс жылдамдығы 340м\с. Камертон тербелісінің жиілігі қандай?

16 Есеп: Қатаңдығы 300м\с серіппеде 32с ішінде 40 тербеліс жасайтын жүктің массасы неге тең?

17 Есеп: Қатаңдығы 166н\м серіппеге ілінген массасы 1.44кг жүктің тербеліс периоды мен жиілігін анықта.

18 Есеп: Серіппеде тербеліп тұрған жүк, 1 минутта 75 тербеліс жасайды. Тербеліс периодын анықта.

19 Есеп: Жібiнiң ұзындығы 2.13м-ге тең математикалық маятниктің периоды мен жиілігін анықта.

20 Есеп: Бірдей уақыт ішінде математикалық маятниктердің біреуі 10, ал екіншісі 30 тербеліс жасайтын болса, олардың ұзындықтарының қатынасы қандай?

## Бөлім 4. Оптика. Арнайы салыстырмалылық теориясы

### Сабақ № 45

Тақырыбы: 4.1.1 Салыстырмалылық теориясының принциптері. Гюгенс принципі.

#### Сабақ жоспары:

1. Салыстырмалық теориясының принциптері
2. Жарық жылдамдығының тұрақтылық принципі
3. Гюгенс принципі
4. Релятивтік параметрлер

Салыстырмалылық теориясының принциптері. Гюгенс паринципі.

Эйнштейннің салыстырмалылық принципі. Майкельсон тәжірибесі Кез-келген дененің қозғалысы жөнінде оны басқа денелермен салыстыра отырып ғана айтуға болады. Әдетте бұл басқа денелермен қандай да бір санақ жүйесін байланыстырады да, қозғалысты осы санақ жүйесіне қатысты қарастырады. Механикадағы Ньютонның заңдары орынды болатын санақ жүйелерін *инерциалды санақ жүйелері* деп атайды. Берілген инерциалды санақ жүйесіне қатысты бірқалыпты түзу сызықты қозғалып бара жатқан кез-келген басқа санақ жүйесі де инерциалды болады, яғни ол жүйелерде де Ньютон заңдары орынды. Барлық инерциалдық жүйелерінде механикалық құбылыстар бірдей болып өтеді. Бұл тұжырым *Галилейдің салыстырмалылық принципі* деп аталады. Математикалық тұрғыдан алғанда бұл принцип механика заңдарының кез-келген инерциалды санақ жүйесінде бірдей теңдеумен сипатталатынын көрсетеді.

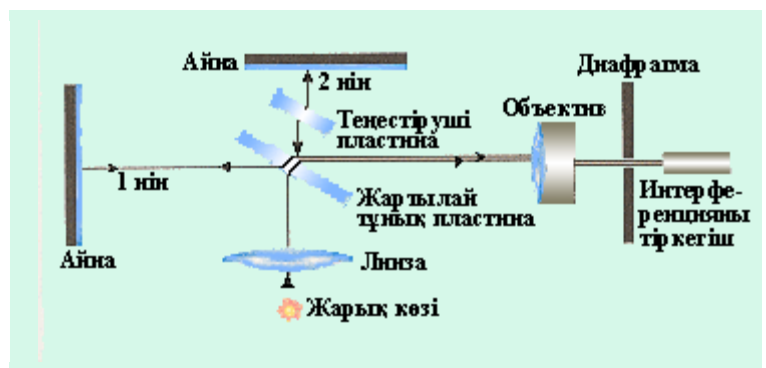
Енді мынадай заңды сұрақ туындылайды: салыстырмалылық принципі тек механикалық процесстер үшін ғана орынды ма, жоқ әлде басқа құбылыстар үшін де орындала ма? Басқаша айтқанда, мысалы, электромагниттік құбылыстар әртүрлі инерциалды санақ жүйелерінде бірдей өте ме? Бұл сұрақтың жауабы біз ойлағандай тым оңай емес.

Бұл жердегі негізгі мәселе жарық жылдамдығымен байланысты. Максвелл теориясы бойынша жарықтың вакуумдағы жылдамдығы мынаған тең:

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} = 2,99792458 \cdot 10^8 \approx 3 \cdot 10^8 \text{ м/с} \quad (1)$$

және ешнәрседен тәуелсіз әлемдік тұрақты екені шығады. Екінші жағынан бұл тұжырым жылдамдықтарды қосудың классикалық заңына қарама-қайшы келеді. Оны мынадай мысалдың көмегімен көрсетуге болады: Жерден  $u$  жылдамдықпен ғарыш кемесі ұшып шықсын делік. Біраз уақыттан соң ғарыш кемесінің жылдамдығының бағытында жарық сәулесін жіберелік. Оның Жерге қатысты жылдамдығы  $c$ , онда жылдамдықтарды қосудың классикалық заңына әйкес оның ғарыш кемесіне қатысты жылдамдығы  $v = c - u$  болуы тиіс. Яғни, жарықтың вакуумдағы жылдамдығының мәні біз оны қандай координат жүйесінде өлшегенімізге байланысты болып шығады. Ал бұл максвелл теориясынан шығатын қортындыға қарама-қайшы.

Бұл тұжырымның дұрыс, иә бұрыс екеніне көз жеткізетін нақтылы жауапты тек арнайы жасалған тәжірибе ғана беруі тиіс еді. Мұндай тәжірибе жасалды. Ол Майкельсон және Морли тәжірибесі. Бұл тәжірибе жарық жылдамдығының барлық инерциалдық жүйелерде бірдей екенін көретті. Осы тәжірибе жасалған Майкельсон интерферометрі мен оның принципті сызбасы 5.1 және 5.2-суреттерде келтірілген.



1 – сурет.

Эйнштейн постулаттары. Ара

қашықтықтың және бір мезгілділіктің салыстырмалылығы

Екі физикалық дерек: бір жағынан жарық жылдамдығының тұрақтылығы, екінші жағынан жылдамдықтарды қосудың классикалық заңы бір-бірімен үйлеспейтіндей көрінетін. Бірақ

қалыптасқан тығырықтан шығудың жолын алғаш рет 1905 жылы Альберт Эйнштейн тапты. Ол осы қиыншылықтан шығуда өзінің ойлап тапқан *арнайы салыстырмалылық теориясының* негізіне мынадай екі постулатты алды:

1. *Салыстырмалылық принципі*: Барлық инерциалды санақ жүйелері физикалық тұрғыдан тең құқылы. Бастапқы шарт бірдей болғанда барлық физикалық процесстер мұндай жүйелерде бірдей болып өтеді. *Эйнштейннің салыстырмалылық принципі* деп аталатын бұл принцип Галилейдің механикадағы салыстырмалылық принципін барлық, (соның ішінде электромагниттік те) процесстер үшін жалпылайды.

2. *Жарық жылдамдығының тұрақтылық принципі*: Жарықты көзінің, не болмаса жарықты тіркеушілердің қозғалғанына, иә қозғалмағанына қарамастан, барлық инерциалды санақ жүйелерінде, жарықтың жылдамдығы тұрақты шама болып қалады.

Осы екі принциптердің негізінде ішкі қарама-қайшылықсыз теория тұрғызу үшін, кеңістік пен уақыт жөніндегі классикалық физикадағы қалыптасқан көзқарастарды түбірімен қайта қарау қажет болды. Мәселен, бір-біріне қатысты  $x$  осінің бойымен  $v$  жылдамдықпен қозғалып бара жатқан инерциалды санақ жүйелеріндегі (5.3 - сурет) материалдық нүктенің координаттары мен уақыттары мынадай өрнекпен байланысқан:

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}, \quad y' = y, \quad z' = z, \quad t' = \frac{t - (v/c^2)x}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \quad (2)$$

$$x = \frac{x' + vt'}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}, \quad y' = y, \quad z' = z, \quad t = \frac{t' + (v/c^2)x'}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

Бұл өрнек *Лоренц түрлендірулері* деп аталады. Бұл түрлендірулер  $v$  жылдамдығының мәні жарық жылдамдығымен салыстырғанда елеместей аз болатын шектік жағдайда ( $v/c \ll 1$ ) классикалық механикадағы Галилей түрлендірулеріне өтеді. Лоренц түрлендірулерінен кеңістік координаттары мен уақыттың өзара тығыз байланысы көрініп тұр: тек кеңістік координаттары ғана уақыттан тәуелді емес, өз кезегінде әртүрлі жүйедегі уақыттың өзі кеңістік координаттарынан және санақ жүйелерінің өзара жылдамдығынан тәуелді. Бұл байланыстың терең мағанасы бар. Оны тереңірек талдау үшін мына екі мәселені қарастыралық.

*Ара қашықтықтың салыстырмалылығы*.  $K'$  санақ жүйесі  $K$  жүйесіне қатысты  $x$  осінің бағытымен  $v$  жылдамдықпен қозғалып бара жатсын делік (5.4 - сурет).  $K'$  санақ жүйесінде тыныштықта тұрған  $MN$  білеушесін қарастыралық. Оның бұл жүйедегі ұзындығы

$$l_0 = x_2' - x_1' \quad (4)$$

Әдетте өзі тыныштықта тұрған жүйедегі дененің ұзындығын *өзіндік ұзындығы* деп атайды. Енді осы білеушенің  $K$  санақ жүйесіне қатысты ұзындығын анықталық. Ол үшін оның ұштарының  $x_1$  және  $x_2$  координаттарын уақыттың  $t_1 = t_2$  мезетінде  $K$  санақ жүйесінде өлшеу қажет. Онда (5.2) ге сәйкес білеушенің әртүрлі санақ жүйелеріндегі ұзындықтары былай байланысады

$$l_0 = x_2' - x_1' = \frac{x_2 + vt}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} - \frac{x_1 + vt}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = \frac{x_2 - x_1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = \frac{l}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

Яғни

$$l = l_0 \sqrt{1 - v^2/c^2}$$

Бұл жерден білеуше ұзындығының қозғалыс жылдамдығынан тәуелді екені көрініп тұр. Дененің өзіндік ұзындығы оның ең үлкен ұзындығы. Дене қозғалған кезде оның ұзындығы кемиді. Мұны *ұзындықтың лоренцтік қысқаруы* деп атайды.

*Бір мезгілділіктің салыстырмалылығы*. Классикалық физикадағы уақыт санақ жүйесінен тәуелсіз, ол барлық санақ жүйелерінде бірдей өтеді. Ал релятивистік физикадағы жағдай басқаша, арнаулы салыстырмалы теорияның постулаттары мұндай абсолют уақыттың жоқ екенін көрсетеді. Бұған көз жеткізу үшін мынадай мысал қарастыралық.

$K'$  санақ жүйесі  $K$  жүйесіне қатысты  $x$  осінің бағытымен  $v$  жылдамдықпен қозғалып бара жатсын делік (5.5 - сурет).  $K'$  санақ жүйесінде тыныштықта тұрған “қораптың” ішіндегі  $S$  жарық көзінен бір мезгілде  $a$  және  $b$  нүктелерінің бағытында  $c$  жылдамдықпен екі жарық бөлшектері шығарылсын. Онда, бұл екі нүктеге дейінгі ара қашықтық бірдей болғандықтан бөлшектер оларға

бір мезгілде келіп жетеді. Ал  $K$  санақ жүйесінен қарағандағы жағдай басқаша. Себебі, бұл жағдайда нүктелер  $v$  жылдамдықпен қозғалып бара жатқандықтан жарық бөлшектері  $a$  нүктесіне  $b$  нүктесіне қарағанда ертерек келіп жетеді. Яғни, бір ғана оқиға – бөлшектердің  $a$  және  $b$  белгілерімен кездесу мезеті әртүрлі санақ жүйелерінде әртүрлі болады. Бұл біртектіліктің салыстырмалылығын, яғни барлық инерциалды санақ жүйелері үшін ортақ абсолют уақыттың болмайтынын көрсетеді.

Екі оқиғаның аралығындағы уақыт кезеңі де салыстырмалы.  $K'$  санақ жүйесінде тыныштықта тұрған  $A$  нүктесінде уақыттың  $t'_1$  және  $t'_2$  мезеттерінде екі оқиға орын алсын делік. Онда бұл екі оқиғаның арасындағы уақыт кезеңі  $\tau_0 = t'_2 - t'_1$ . Мұндай, берілген санақ жүйесінде тыныштықта тұрған нүктеде өлшенген уақыт кезеңі *өзіндік уақыт* деп аталады. Енді осы уақыт мезеттерін  $K$  санақ жүйесінде өлшелік. Бірақ бұл жағдайда  $K'$  санақ жүйесі  $K$  санақ жүйесіне қатысты  $v$  жылдамдықпен қозғалып бара жатсын делік. Ол уақыт кезеңі  $\tau = t_2 - t_1$ . Енді осы  $\tau$ ? және  $> \tau_0$ ?  $0$  уақыт кезеңдерінің арасындағы байланысты табалық. Лоренц түрлендірулеріне сәйкес

$$t'_2 = \frac{t_2 - (v/c^2)x_2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \quad \text{және} \quad t'_1 = \frac{t_1 - (v/c^2)x_1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \quad (6)$$

онда

$$\tau_0 = t'_2 - t'_1 = \frac{(t_2 - t_1) - \frac{v}{c^2}(x_2 - x_1)}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = \frac{\tau - \frac{v}{c}(x_2 - x_1)}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

одан әрі  $x_2 - x_1 = vt$  екенін ескерсек  $\tau_0 = \tau \sqrt{1 - v^2/c^2}$  немесе

$$\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \quad (7)$$

Бұл жерден көрініп тұрғанындай инерциалды санақ жүйесіне қатысты қозғалып бара жатқан сағаттың жүрісі, яғни уақыттың өтуі баяулайды.

Жылдамдықты қосудың релятивистік заңы

Егер дене  $K'$  санақ жүйесінде  $x$  осінің бағытымен  $v'$  жылдамдықпен, ал  $K$  санақ жүйесінің өзі  $K$  санақ жүйесіне қатысты осы  $x$  осінің бағытымен  $V$  жылдамдықпен қозғалып бара жатса, онда дененің  $K$  санақ жүйесіне қатысты жылдамдығы мына өрнекпен анықталады:

$$v = \frac{v' + V}{1 + v'V/c^2} \quad (8)$$

Бұл өрнек жылдамдықтарды қосудың релятивистік заңы деп аталады. Бұл жерде бұл заңды біз тек  $x$  осінің бағытында болатын қозғалыстар үшін ғана жаздық. Әрине, кез-келген бағыттағы болатын қозғалыстар үшін жазылған өрнек (5.7)-ге қарағанда күрделірек болады, бірақ оның классикалық заңнан өзгешелігінің мәні сол күйінде қалады.

Массаның жылдамдықтан тәуелділігі

Егер денеге ұзақ уақыт тұрақты күш әсер ететін болса, онда классикалық физикадағы Ньютон заңдарына сәйкес оның жылдамдығы шексіз өсуі тиіс. Ал релятивистік физика тұрғысынан қарағанда жарық жылдамдығы мүмкін болатын ең үлкен, шектік жылдамдық. Кез-келген массасы нөлден ерекше болатын дененің жылдамдығы жарықтың жылдамдығынан үлкен бола алмайды. Бұл қарама-қайшылық классикалық физикадағы қозғалыс теңдеуіне өзгеріс енгізу қажет екендігін көрсетеді. Бірақ бір ерекшелігі сол, қозғалыс теңдеуі релятивистік жағдайда өзінің түрін өзгертпейді екен, яғни

$$\frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} = \vec{F} \quad (9)$$

Өзгеріс тек импульстің  $\vec{p} = m\vec{v}$  өрнегіне кіріп тұрған массаға ғана қатысты болады. Релятивистік физикада дене қозғалған кезде масса тұрақты болып қалмайды. Жылдамдық артқан кезде ол да артады. Оның жылдамдықтан тәуелділігінің өрнегін релятивистік физикадағы импульстің сақталу заңынан шығарып алуға болады. Бұл тәуелділік мынадай

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \quad (10)$$

мұндағы  $m_0$  дененің тыныштықтағы массасы. Дененің жылдамдығы артқан кезде массасының артуы күш қанша ұзақ әсер еткенімен оның жылдамдығының шексіз өсіп, жарық жылдамдығынан үлкен болып кетуіне мүмкіндік бермейді.

### Бақылау сұрақтары

1. Арақашықтықты салыстыру деген не?
2. Уақытты салыстыру деген не?
3. Массаның жылдамдыққа тәуелділігі қандай?

### Сабақ № 46

Тақырыбы: 4.1.2 Геометриялық оптиканың тәжірибелік заңдары.

#### Сабақ жоспары:

1. Жарықтың сынуы
2. Жарықтың шағылуы
3. Сыну заңы
4. Сыну көрсеткіші
5. Шағылу заңы

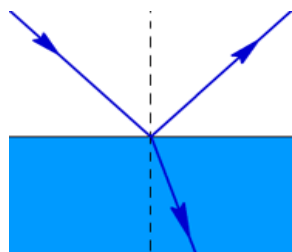
Жарық табиғатына көзқарастың дамуы. Жарық табиғатына деген адамдардың көзқарасы ерте заманнан ақ қалыптаса бастаған. Осыдан екі жарым мың жыл бұрын Пифагор «әрбір зат өзінен аса ұсақ бөлшектер шығарады, ол бөлшектер адам көзіне жетіп, адам заттарды көреді» деп түсіндірген. Көптеген ғасырлар бойы үстемдік құрған осы пікірді И.Ньютон одан әрі дамытты. Ол жарық бөлшектерін корпускулалар деп атап, бұл бөлшектер инерция заңын қанағаттандырады деп есептеді. Бұлай деу тәжірибеден байқалатын жарықтың түзу сызық бойымен таралу, шағылу заңдарын түсіндіруге мүмкіндік беретін. Одан әрі жарық жөнінде жаңа тәжірибелік деректердің жинақталу барысында интерференция және дифракция тәрізді құбылыстар ашылды. Бұл құбылыстарды жарықтың корпускулалық қасиеті арқылы түсіндіру мүмкін емес еді. Осымен байланысты XIX ғасырдың басында Х.Гюйгенс, Ю.Юнг және О.Френель тәрізді ғалымдардың еңбектерінде жарықтың толқындық теориясы ұсынылып, қалыптасты.

Жарық жөніндегі көптеген көкейтесті мәселелердің шешімі тек Максвелл ойлап тапқан электромагниттік өрістің теориясынан кейін ғана табылды. Бұл теориядан жарық дегеніміз толқын ұзындығы белгілі бір аралықта жатқан электромагниттік толқындар екендігі шығатын.

Жарықтың табиғатын түсінуде оның жылдамдығының шекті екендігін анықтаудың маңызы зор болды. Жарық жылдамдығын алғаш рет XVII ғасырдың аяғында О.Ремер өлшеген болатын. Ремер әдісі Юпитер планетасының серігінің қозғалысын бақылауға негізделген болатын.

Жарықтың шағылысу заңы. Жарықтың сыну заңы. Толық шағылу құбылысы

Тығыздығы өзгертін ортада тараған жарық өзінің түзусызықты қалыпынан ауытқып, таралу бағытын өзгертеді. Егер тығыздықтың мәні екі ортаның шекарасында күрт өзгертін болса, онда бұл жерде жарықтың шағылысу және сыну құбылыстары байқалады. Мұндай орталардағы жарықтың таралу бағытын әдетте түсу, шағылу және сыну бұрыштары арқылы анықтайды.



1 – сурет. Түскен және сынған сәуле.

Түсу бұрышы деп түскен сәуле мен түсу нүктесіне тұрғызылған перпендикулярдың арасындағы  $\alpha$  бұрышын айтады. Сәйкес шағылу бұрышы  $\alpha'$  – шағылған сәуле мен осы перпендикулярдың, ал сыну бұрышы  $\beta$  – сынған сәуле мен осы перпендикулярдың арасындағы бұрыштар (1 – сурет).

Жарықтың шағылу заңы былай дейді: Түскен сәуле, шағылған сәуле және түсу нүктесіне тұрғызылған перпендикуляр бір жазықтықта жатады және түсу бұрышы шағылу бұрышына тең болады, яғни  $\alpha = \alpha'$

Жарықтың сыну заңын тұжырымдамастан бұрын ортаның сыну көрсеткіші ұғымын енгізілік. Ортаның абсолют сыну көрсеткіші деп жарықтың вакуумдағы жылдамдығының оның осы ортадағы жылдамдығына қатынасын айтады, яғни

$$n = \frac{c}{v} = \sqrt{\varepsilon\mu} \approx \sqrt{\varepsilon} \quad (1)$$

мұндағы  $\varepsilon$  және  $\mu$  – ортаның салыстырмалы диэлектрлік және магниттік өтімділігі. Бұл өрнекте ферромагнитті емес кез-келген орта үшін  $\mu \sim 1$  екені ескерілген.

Егер жарықтың сыну құбылысы вакуум мен ортаның шекарасында емес, қандай да бір екі оптикалық ортаның шекарасында болса, онда екінші ортаның бірінші ортаға қатысты салыстырмалы сыну көрсеткіші  $n_{21}$  деп жарықтың бірінші ортадағы жылдамдығының екінші ортадағы жылдамдығына қатынасына тең мына шаманы айтады:

$$n_{21} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1} \quad (2)$$

мұндағы  $n_1$  және  $n_2$  – сәйкес бірінші және екінші орталардың абсолют сыну көрсеткіштері.

Жарықтың сыну заңы былай дейді: *Түскен сәуле, сынған сәуле және түсу нүктесіне тұрғызылған перпендикуляр бір жазықтықта жатады және түсу бұрышының синусының сыну бұрышының синусына қатынасы тұрақты шама, ол екі ортаның салыстырмалы сыну көрсеткішіне тең болады, яғни:*

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1} = n_{21} \quad (3)$$

Ортаның абсолют сыну көрсеткіші оның оптикалық тығыздығымен байланысты. Оптикалық тығыздықтың мәні артқан сайын сыну көрсеткішінің мәні де артады. Егер жарық оптикалық тығыздығы кемдеу ортадан оптикалық тығыздығы артықтау ортаға өтсе, онда  $n_2 > n_1$ , немесе  $n_{21} > 1$ . Ал бұдан  $\sin \alpha > \sin \beta$  екендігі шығады, яғни түсу бұрышы сыну бұрышынан әрқашанда үлкен.

Ал, керісінше, жарық оптикалық тығызырақ ортадан оптикалық тығыздығы кемдеу ортаға өтсе, онда сәйкес  $\sin \alpha < \sin \beta$ , немесе  $\alpha < \beta$ , яғни сыну бұрышы түсу бұрышынан үлкен. Бұл жағдайда егер түсу бұрышын біртіндеп арттыра бастасақ, онда сыну бұрышы да арта отырып,  $\alpha$  – ның қандай да бір  $\alpha_{\text{шек}}$  –ге тең мәнінде ол  $90^\circ$ -қа тең болады. Ал енді  $\alpha$ -ның мәнін одан да әрі арттыратын болсақ, онда сынған сәуле екінші ортаға өтпей сол бірінші ортада қалып қояды. Осы құбылысты *толық ішкі шағылу құбылысы* деп атайды.

#### Бақылау сұрақтары

1. Жарықтың сынуы деген не?
2. Жарықтың шағылуы деген не?
3. Сыну заңының теңдеуі?

#### Сабақ № 47

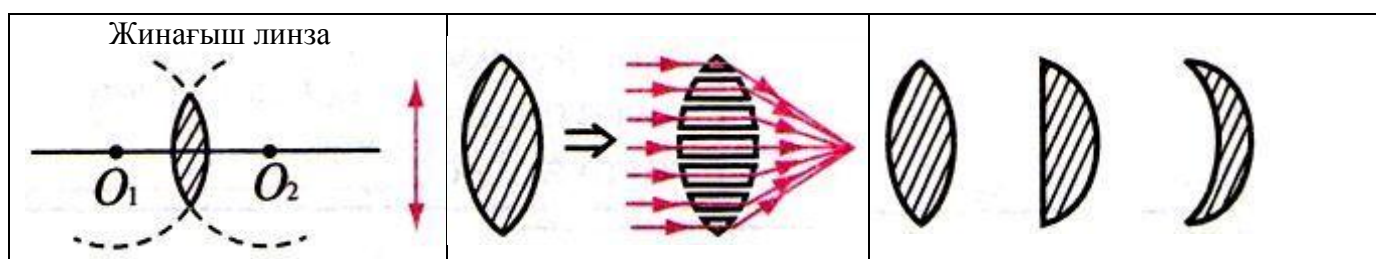
Тақырыбы: 4.1.3 Линзалар. Оптикалық құралдар

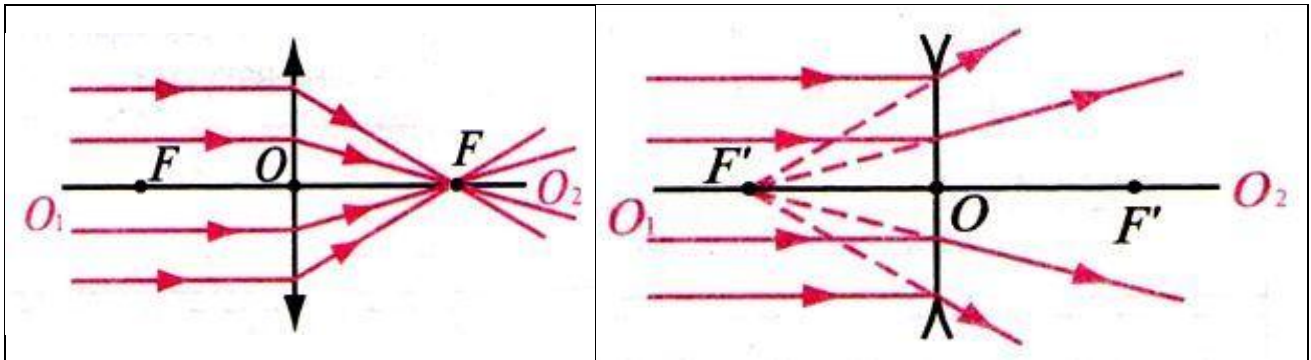
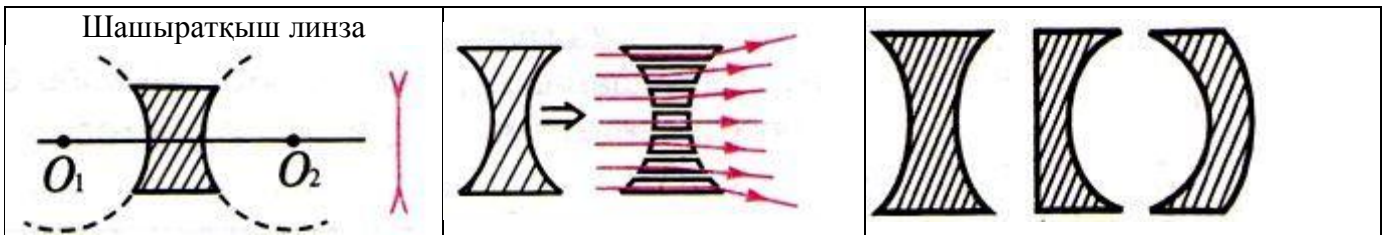
#### Сабақ жоспары:

1. Линза
2. Жұқа линза
3. Линзаның түрлері
4. Жинағыш линза
5. Шашыратқыш линза
6. Линзаның фокусы мен оптикалық күші

**Линза** - екі сфералық беттермен шектелген мөлдір дене.

**Жұқа линза** қалыңдығы қисықтық радиусымен салыстырғанда өте аз линза.





**Бас оптикалық ось** ( $O_1, O_2$ ) – линзаның сфералық беттерінің центрлері арқылы өтетін түзу.

**Қосымша оптикалық осі** – линзаның оптикалық центрі арқылы өтетін кезкелген түзу.

**Оптикалық центр** ( $O$ ) – бас оптикалық осьпен линзаның қиылысу нүктесі.

**Фокус** ( $F$ ) – линзаның бас оптикалық осіне параллель түскен сәулелердің сынғаннан кейін бас осінің бойында жиналған нүктесі (жинағыш линза).

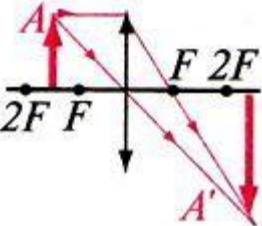
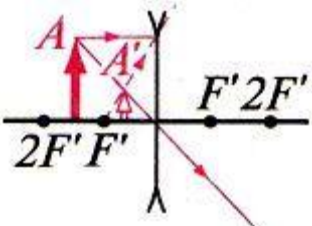
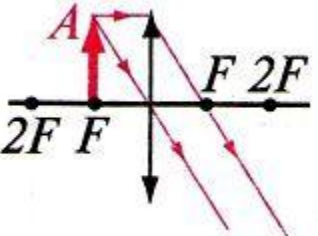
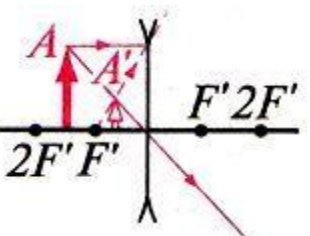
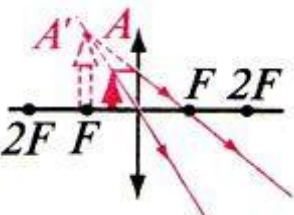
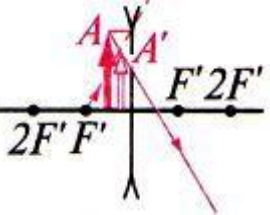
**Жалған фокус** ( $F'$ ) – линзаның бас оптикалық осіне параллель түскен сәулелердің сынғаннан кейінгі сәулелерінің созындыларының қиылысу нүктесі (шашыратқыш линза).

**Линзадан кескін салу**

1. Оптикалық центр арқылы өтетін сәуле сынбайды (бағытын өзгертпей линзадан өтеді).
2. Бас оптикалық оске параллель түскен сәуле сынғаннан кейін фокус арқылы өтеді (сынғаннан кейін сәулелердің созындылары жалған фокус арқылы өтеді).
3. Фокус арқылы түскен сәуле, бас оптикалық оске параллель өтеді.

	<p><i>Кескін</i> - кішірейген - шын - төңкерілген</p>		<p><i>Кескін</i> - кішірейген - жалған - тура (кез-келген жағдайда)</p>
	<p>- бірдей - шын - төңкерілген</p>		<p>- кішірейген - жалған - тура</p>



	- үлкейген - шын - төңкерілген		- кішірейтілген - жалған - тура
	Кескін жоқ		- кішірейген - жалған - тура
	- үлкейген - жалған - тура		- кішірейген - жалған - тура

Шашыратқыш линза нәрсенің кез-келген орналасуында кішірейген, жалған, тура кескін береді. Неғұрлым нәрсе линзаға жақынырақ болса, соғұрлым кескіні үлкенірек болады.



**Шын кескін** – сынған сәулелер бір нүктеде қиылысқанда пайда болады (экранда).

**Жалған кескін** – сынған сәулелер қиылыспай, олардың созындылары қиылысқан нүктеде алынады (экранда алу мүмкін емес).

**Жарық жолының қайтымдылығы:** дене мен оның кескінінің орнын ауыстыруға болады.

**Жұқа линзаның формуласы**

Ұқсас үшбұрыштар қасиетінен:

$$\Delta ABO \sim \Delta A_1B_1O_1 : \frac{AB}{A_1B_1} = \frac{OB}{OB_1}$$

$$\Delta KOF \sim \Delta FB_1A_1 : \frac{KO}{A_1B_1} = \frac{OF}{FB_1}$$

$$\left. \begin{aligned} \Delta ABO \sim \Delta A_1B_1O_1 : \frac{AB}{A_1B_1} = \frac{OB}{OB_1} \\ \Delta KOF \sim \Delta FB_1A_1 : \frac{KO}{A_1B_1} = \frac{OF}{FB_1} \end{aligned} \right\} *$$

$$* \frac{OB}{OB_1} = \frac{OF}{FB_1} \Rightarrow \boxed{\frac{d}{f} = \frac{F}{f - F}}$$

<b>Жинағыш линза:</b> $F > 0$ <b>Шашыратқыш линза:</b> $F < 0$	$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$	Кескіннің сипатымен қосылғыш-тардың таңбасы анықталады.
--	---	---

$$D = \frac{1}{F} [\text{дптр}]$$

Линзаның оптикалық күші

Сызықтық үлкейту

$$\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d}$$

**Бақылау сұрақтары:**

1. Линза дегеніміз не? Түрлерін ата?
2. Линзада кескінді қалай саламыз?
3. Жұқа линза формуласын жаз?
4. Линзаның оптикалық күші дегеніміз не?
5. Линзаның үлкейтуі дегеніміз не?

**Сабақ № 48**

**Тақырыбы: 4.1.4 Фотометрия.**

**Сабақ жоспары:**

1. Жұқа қабыршықтағы жарық интерференциясы
2. Оптикалық жол айырымы

Жұқа қабыршықтағы жарық интерференциясы. Интерференцияның техникада қолданылуы Жарық бір мезгілде бір емес бірнеше көзден тарауы мүмкін. Осылай әртүрлі жарық көзінен шыққан толқындар бір-бірімен қабаттасқан кезде қандай құбылыс байқалатынын қарастыралық. Кеңістіктің берілген нүктесіне бір мезгілде екі жарық көзінен шыққан толқындар келіп жетсін делік. Толқын теңдеулері :

$$E_{1y} = E_m \cos(\omega - k_1 r_1 + \varphi_1)$$

$$E_{2y} = E_m \cos(\omega - k_2 r_2 + \varphi_2)$$

Мұндағы  $k_1 = 2\pi n_1 / \lambda$  және  $k_2 = 2\pi n_2 / \lambda$  сәйкес толқындық сандар, ал  $n_1$  және  $n_2$  жарық тарап жатқан орталардың сыну көрсеткіштері. Бұл жерде есептеулерді жеңілдету үшін тербеліс амплитудаларын

және жиіліктерін бірдей етіп алдық. Енді кеңістіктің берілген нүктесінде осы екі толқынның қабаттасуынан пайда болған қысқартылған тербелісті табалық. Ол үшін элементтер математика курсынан белгілі тригонометриялық өрнектерді пайдалана отырып, мынаны аламыз:

$$E_y = E_{1y} + E_{2y} = 2E_m \cos\left(\frac{k_2 r_2 - k_1 r_1}{2} + \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2}\right) \cdot \cos\left(\omega t - \frac{k_2 r_2 + k_1 r_1}{2} + \frac{\varphi_2 + \varphi_1}{2}\right) = \\ = D \cos(\omega t + \alpha)$$

Мұндағы

$$D = \left| 2E_m \cos\left(\frac{k_2 r_2 - k_1 r_1}{2} + \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2}\right) \right| = \left| 2E_m \cos\left(\frac{\pi(n_2 r_2 - n_1 r_1)}{\lambda} + \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2}\right) \right|$$

қысқартылған тербелістің амплитудасы, ал

$$\alpha = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} - \frac{\pi}{\lambda}(n_2 r_2 + n_1 r_1)$$

бастапқы фазасы. Амплитуданың өрнегіндегі  $\Delta = n_2 r_2 - n_1 r_1$  шамасын *оптикалық жол айырымы* деп атайды. Егер екі толқын да бір оптикалық ортада тараса, онда  $n_1 = n_2$ , ал одан  $\Delta = |r_2 - r_1|$ , яғни оптикалық жол айырымы геометриялық жол айырымына тең.

Жарықтың берілген нүктедегі интенсивтілігі осы нүктедегі тербеліс амплитудасының квадратына пропорционал екендігі белгілі, яғни

### Бақылау сұрақтары

1. Фотометрияның негізгі теңдеулері қандай?

### Сабақ № 49

Тақырыбы: 4.1.5 Жарықтың интерференциясы.

#### Сабақ жоспары:

1. Жарық интерференция
2. Френельдік қос призмасы
3. Ньютон сақиналары

$$I \sim D^2 = 4E_m^2 \cos^2\left(\frac{\pi}{\lambda} \Delta + \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2}\right) \quad (1)$$

Бұл өрнектен қысқартылған интенсивтіліктің толқындардың  $\Delta$  жол айырымына және  $\delta = \varphi_1 - \varphi_2$  фазалар айырымына тәуелді екені көрініп тұр. Бір-бірінен тәуелсіз жарық шығарып тұрған көздер үшін  $\delta$  фазалар айырымы кездейсоқ түрде өзгереді. Ал аргументі кездейсоқ өзгерген косинустың квадратының орташа мәнінің  $1/2$  ге тең екенін ескерсек, онда бұл жағдайдағы жарық интенсивтілігі үшін

$$I_{\text{орт}} \sim \langle D^2 \rangle_{\text{орт}} = 4E_m^2 \cdot 1/2 = 2E_m^2 = E_m^2 + E_m^2 \sim I_1 + I_2$$

өрнегін аламыз. Яғни, берілген нүктедегі интенсивтілік әрбір жеке көздерден түскен жарықтың интенсивтіктерінің қарапайым қосындысына тең.

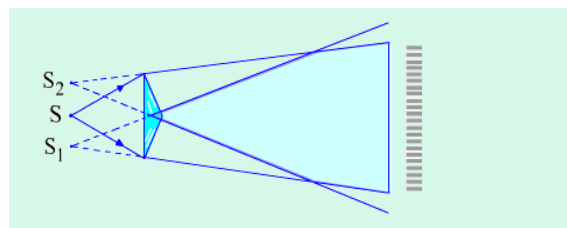
Енді екі жарық көзінен шыққан толқындардың фазалар айырымы тұрақты болып қалсын делік, яғни  $\delta = \varphi_1 - \varphi_2 = \text{const}$ . Мұндай фазалар айырымы уақытқа қатысты өзгермейтін жарық көздерін *когерентті* жарық көздері деп атайды. Онда, жоғарыдағы жарық интенсивтілігінің берілген нүктедегі мәні тек  $\Delta$  жол айырымы арқылы ғана анықталады. Дербес жағдайда  $\delta = \varphi_1 - \varphi_2 = 0$  деп

алсақ, (4.5) өрнегінен берілген нүктедегі жарық интенсивтілігінің мәнінің  $\cos\left(\frac{\pi}{\lambda} \Delta\right) = \pm 1$  болғанда

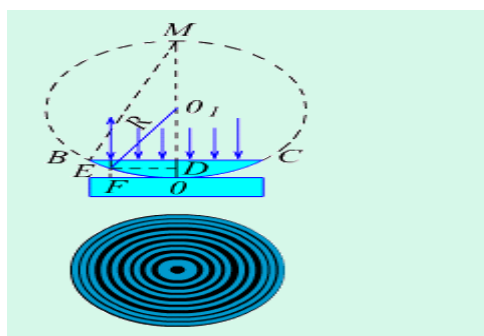
максималды, ал  $\cos\left(\frac{\pi}{\lambda} \Delta\right) = 0$  болғанда минималды екені көрініп тұр. Ал бұл шарттардан жол айырымына қатысты мына шарттар шығады:  $\Delta = m\lambda$  болғанда интенсивтілік максималды, ал  $\Delta = (2m+1) \cdot \lambda/2$  болғанда интенсивтілік минималды. Және де ең маңыздысы бұл интенсивтіліктің мәндері уақытпен байланысты өзгермейді, яғни тұрақты интерференциялық сурет аламыз.

Міне осылай когерентті толқындардың қабаттасуының салдарынан кеңістіктің әрбір нүктесінде жарық интенсивтілігінің күшейіп, не бәсеңсуінің уақыт бойынша өзгермейтін орнықты бейнесін алу *жарық интерференциясы* деп аталады.

Жоғарыда анықтағанымыздай орнықты интерференциялық суретті алудың негізгі шарты жарық көздерінің когерентті болуы. Алайда, жарықтың шығуы жекелеген атомдарда өтетін процесстермен байланысты болғандықтан, табиғи жарық көздері бір-біріне ешқашанда когерентті болмайды. Сондықтан, әдетте интерференциялық суретті бір жарық көзінен шыққан толқындарды екіге жіктеп, қайтадан қабаттастыра отырып алады.



1 – сурет. Френельдің қос призмы.



2 – сурет. Ньютон сақиналары

жұмыстарында өте дәл өлшеулер жүргізуге мүмкіндіктер береді. Себебі, мұндай өлшеулер кезінде жарықтың толқын ұзындығымен шамалас болатын өте аз өзгерістің өзі интерференциялық суретте өлшеуге болатын елеулі ығысуларға алып келеді.

Интерференция құбылысын пайдалана отырып өлшеулер жүргізуге арналған құралдарды интерферометрлер деп атайды. Алғашқы жасалған мұндай құралдардың бірі Майкельсон интерферометрі. 1887 жылы А.Майкельсон және Э.Морли осы құралдың көмегімен "жарықтың жылдамдығына Жер қозғалысының әсері бола ма?" деген сұраққа жауап іздеген әйгілі тәжірибесін жасады. Эйнштейннің салыстырмалы теориясын жасауда бұл тәжірибенің шешуші роль атқарғаны ғылым тарихынан белгілі.

Интерференция құбылысы сонымен қатар әртүрлі беттердің өңделу сапасын тексеруге, оптикалық құралдарда жарықтың әртүрлі линзалардың бетінен шағылып, бейненің сапасының төмендеуін болдырмауға т.с.с. қолданылады.

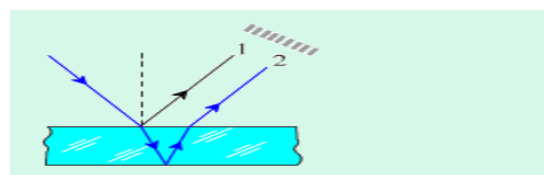
### Бақылау сұрақтары

1. Интерференция деген не?
2. Жарық ағыны деген не?

Оның

мысалдары Френельдің қос призмы (1 - сурет), Ньютон сақиналары (2 - сурет) және жұқа қабыршықтағы интерференция (3 - сурет). Жұқа қабыршықтағы интерференцияны біз сабын көпіршіктерінің немесе асфальттағы шалшық бетіне тамған майда түрлі-түсті болып құбылып тұратын дақ түрінде байқаймыз. Мұның себебі қабыршыққа түскен жарық оның жоғарғы және төменгі беттерінен шағыла отырып, бір-бірімен қабаттасып интерференцияланады.

Интерференция құбылысы әртүрлі зерттеу



3– сурет. Жұқа қабыршықтағы интерференция.

### Сабақ № 50

Тақырыбы: 4.1.5 Дифракция мен дисперсия.

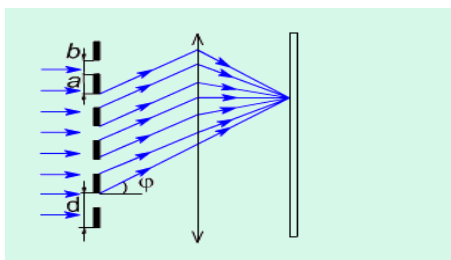
#### Сабақ жоспары:

1. Дифракция
2. Гюйгенс-Френель принципі
3. Дифракциялық тор
4. Дисперсия және оның түрлері
5. Лазерлер

Жарық дифракциясы. Дифракциялық тор *Жарық дифракциясы* деп жарық толқындарының өзінің алдында кездескен кедергілерді орап өту қабілетін айтады. Дифракция құбылысы жарықтың толқындық қасиетінің айқын дәлелі болып табылады. Бұл құбылыс геометриялық оптика заңдылықтарының қай кезде бұзылатындығына нұсқайды.

Дифракцияның сандық теориясы, яғни бұл құбылыстың әсерінен экрандағы жарық интенсивтілігінің өзгеріп таралуын түсіндіру *Гюйгенс-Френель принципіне* негізделген. Бұл принцип былай дейді :

1. Жарық толқындары келіп жеткен беттің әрбір нүктесі өз кезегінде жаңа толқын көздері болып табылады
2. Бұл жаңа толқын көздері бір-біріне когерентті. Ал кеңістіктің кез-келген нүктесіндегі жарықтың интенсивтілігі осы когерентті жаңа көздерден тараған толқындардың интерференциясының салдары болып табылады.



1 – сурет. Дифракциялық тор.

Гюйгенс-Френель принципі дифракциялық бейнелермен қатар жарықтың түзу сызық бойымен таралу себебін де түсіндіреді.

Жарық дифракциясының бір жарқын мысалы оның тар жолақ саңлау арқылы өткен кездегі дифракциясы. Бірақ, бұл жағдайдағы дифракциялық суреттің солғындау болуы оны нақтылы мақсаттарда қолдануда қиындықтар туғызады. Мұндай кемшіліктер дифракциялық тор деп аталатын қондырғыда жоқ.

*Дифракциялық тор* деп бір-біріне жақын, әрі параллель орналасқан тар жолақ саңлаулар жүйесінен тұратын спектральдық құралды айтады (1 – сурет ). Мұндағы  $a$  -

күңгірт жолақтың ені,  $b$  – саңлаудың ені, ал  $d=a+b$  – *дифракциялық тордың тұрақтысы* деп аталады.

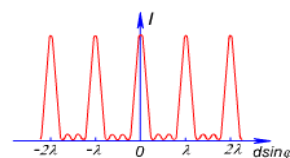
Қазіргі кезде қолданылатын дифракциялық торлардың бір миллиметріне 2000–ға дейін саңлаулар салынады. Гюйгенс-Френель принципіне сәйкес мұндай әрбір саңлау өз кезегінде жаңа когерентті толқын көздері болып табылады да бұл көзден туындылаған толқындар бір-бірімен интерференцияланады. Егер дифракциялық торға перпендикуляр бағытта параллель жарық сәулелері түсетін болса, онда линзаның фокальдық жазықтығында орналасқан экранда қандай да бір  $\varphi$  бұрышымен дифракциялық максимумдар байқалады. 2-суреттен көрініп тұрғанындай бұл максимумдар мынадай шарттарды қанағаттандырады

$$d \sin \varphi = n \lambda$$

мұндағы  $n=0, 1, 2, \dots$  - *бас максимумдар реті* деп аталады.

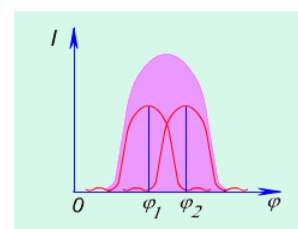
Дифракциялық торлар жарықты спектрлерге жіктеу үшін, сонымен қатар жарықтың белгісіз толқын ұзындығын анықтау үшін де қолданылады. Нақтылы зерттеулерде бір өлшемді торлармен қатар екі өлшемді торлар да жиі қолданылады. Екі өлшемді торлар деп жолақтарын бір-біріне перпендикуляр орналастырып, беттестірген екі жәй тордан тұратын жүйені айтады. Мұндай жүйеден өткен жарық 3 – суреттегідей болып дифракцияланады.

Ақ жарық шыны призмадан өткен кезде бірнеше түске жіктелетінін алғаш рет И.Ньютон бақылап, зерттеген болатын. Мұндай монохроматты ( бір түсті, мысалы, қызыл, көк, күлгін т.с.с. ) жарық одан әрі басқа түстерге жіктелмейді. Ал енді осылай ақ жарықтың монохроматты жарықтарға жіктелуінің себебі неде ? Ол мынада. Жарық дегеніміз – электромагниттік толқындар. Әртүрлі түстегі жарықтар бір-бірінен толқын ұзындығының, немесе онымен байланысты жиілігінің әртүрлі болуымен өзгешеленеді. Ал жарықтың шыны призмадан өткенде әртүрлі түске жіктелуінің себебі қандай да бір ортадағы жарық жылдамдығының ( немесе онымен байланысқан сыну көрсеткішінің ) жарық жиілігінен тәуелділігімен байланысты. Сыну көрсеткішінің жарық жиілігінен осындай тәуелділігін *дисперсия*



2– сурет. Дифракциялық максимум.

(1)



3 – сурет.

құбылысы деп атайды (4 - сурет). Бұл құбылысты түсіндіруге Максвеллдің электромагниттік теориясын қолдану оң нәтиже бермеді.



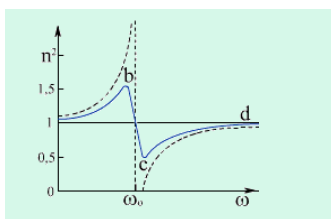
4- сурет. Дисперсия.

Себебі бұл жердегі мәселе тек электромагниттік толқынның қасиетінде ғана емес, сонымен қатар ол толқындардың затпен әсерлесу сипатымен де байланысты болатын.

Дисперсия құбылысын XIX ғасырдың аяғында қалыптасқан Г.Лоренцтің классикалық электрондық теориясы ғана түсіндіріп бере алды. Бұл теорияның түсіндіруі бойынша жарықтың дисперсиясы зат атомдарындағы электрондардың электромагниттік өріспен әсерлесуінің нәтижесінде туындылайтын еріксіз тербелісінің нәтижесі болып

табылады. Осы теорияның негізінде табылған дисперсия заңы (сыну көрсеткішінің жиіліктен тәуелділігі) мынадай:

$$n^2 = \varepsilon = 1 + \frac{Ne^2}{m\varepsilon_0(\omega_0^2 - \omega^2)} \quad (2)$$



5 – сурет. Тәуелділік сызбасы.

мұндағы  $N$  – молекулалар концентрациясы,  $e$  – элементар заряд,  $m$  – электронның массасы,  $\varepsilon_0$  – электр тұрақтысы,  $\omega_0$  – электронның өзіндік жиілігі,  $\omega$  – сыртқы электромагниттік өрістің жиілігі. Бұл тәуелділіктің сызбасы 5 – суретте келтірілген. Мұндағы үзік сызық ( 2 ) өрнегімен есептелген дисперсияның теориялық тәуелділігіне, ал тұтас сызық тәжірибенің нәтижесіне сәйкес келеді. Бұл суреттегі жиілік артқан кездегі сыну көрсеткіші де артатын, өзіндік жиіліктің мәнінен тысқары жатқан  $ab$  және  $cd$  аймағы *дұрыс дисперсия* деп аталады. Ал өзіндік жиіліктің маңында жатқан  $bc$  аймағында, керісінше, жиілік артқан кезде сыну көрсеткіші кемиді. Бұл *аномальді дисперсия* аймағы. Тәжірибе бұл

аймақта жарық затқа қатты жұтылатындығын көрсетеді. Бұл оның резонансты құбылыстармен терең байланыста екендігінің дәлелі.

Шығару және жұтылу спектрлері. Спектр түрлері. Спектр аппараты.

Интерференция, дифракция және дисперсия тәрізді құбылыстар кезінде ақ жарықтың бірнеше түске жіктелетіні тәжірибеден белгілі. Дисперсия құбылысын пайдалана отырып, Ньютонның ақ жарықты жіктегенін білеміз. Тәжірибе жалпы спектрлерді мынадай бірнеше топқа бөлуге болатынын көретті : тұтас спектр, сызықтық сектр жіне жолақты спектрлер.

Тұтас спектрді қатты дене, сұйық және сығылған газды жоғарғы температураға дейін қыздырған кезде береді. Тұтас спектр шартты түрде жеті түске бөлінеді : қызыл, оранж, сары, жасыл, көгілдір, көк және күлгін. Бұл түстердің арасында айқын шекара жоқ. Бір түс екінші түске бірте-бірте өтеді. Спектрдің тұтас болуы оның құрамында барлық толқын ұзындығындағы жарықтың бар екенін көрсетеді. Бұлай болуының басты себебі жарық шығарып тұрған атомдар бір бірімен күшті байланыста. Осы күшті байланыстың салдарынан әрбір атом шығарған монохроматты жарықтар ұйытқып, бір-бірімен тұтасып кетеді.

Сиретілген газды жоғарғы температураға дейін қыздырып, спектроскоп арқылы қарасақ жіңішке сызықтардан тұратын спектрді байқаймыз. Мұндай сызықтық спектрдің байқалуы жарық шығарып тұрған зат осы сызықтарға сәйкес келетін жиіліктегі ғана жарықты шығарып тұрғанының дәлелі. Бұл спектрлерді газдың жекелеген атомдары шығарады. Газ жақсы сиретілген болғандықтан оаның атомдары бір-бірімен әсерлеспейді десе де болады. Ал мұндай сызықтық спектрдің болуы және бұл сызықтарға сәйкес келетін жиіліктің мәні Бордың теориясынан анықталады.

Егер жарық шығарып тұрған газдың тығыздығын бірте-бірте арттыратын болсақ, онда спектр сызықтарының ені бірте-бірте артып, тұтасып кетеді.

Тағы бір байқалатын спектрдің түрі жолақ спектрлер. Олар аралары бір бірінен бөлінген ені едәуір үлкен жолақтардан тұрады. Ажыратқыштық қабілеті жоғары спектроскоптың көмегімен жеке жолақтарды бажайлап қарайтын болсақ, олардың өте тығыз орналасқан жеке сызықтардың жиынтығы екеніне көз жеткізуге болады. Сызықтық спектрлерді жеке атомдар беретін болса, жолақ спектрлерді бір-бірімен байланыспаған немесе әлсіз байланысқан молекулалар туғызады.

Сызықтық спектр оны шығарып тұрған атомның құрлысымен тікелей байланысты. Ал әрбір

заттың атомы бір-бірінен ерекше, олай болса әрбір заттың беретін спектрі де ерекше. Бұл белгісіз заттың спектрін зерттей отырып, оның химиялық құрамын анықтауға мүмкіндік береді. Бұл *әдісті спектрлік* сараптау деп атайды.

### **Жарықтың кванттық көздері. Лазерлер**

XX ғасырдың екінші жартысындағы физиканың ірі табыстарының бірі *оптикалық кванттық генератор*, немесе басқаша айтқанда *лазердің* ойлап табылуы. "Лазер" деген сөз ағылшынның "Light Amplificatoin by Stimulated Emission of Radiation" деген сөйлемінің алғашқы әріптерінен алынған (LASER). Бұл "мәжбүрленген сәуле шашудың көмегімен жарықты күшейту" дегенді білдіреді. Мәжбүрленген сәуле шығару үрдісі лазерлердің физикалық негізі болып табылады.

Атомдардағы электрондардың бір деңгейден екінші деңгейге еркін өткен кездегі сәуле шығаруын *өз еркімен* немесе *спонтанды сәуле шығару* деп атайды. Атомдар бұл жағдайда сәулені бір-бірінен тәуелсіз шығаратын болғандықтан ол сәуле толқындары когерентті болмайды.

1916 жылы А.Эйнштейн, атом электрондарының жоғарғы деңгейден төменгі деңгейге өте отырып өзінен сәуле шығаруы бұл атомға сырттан әсер ететін электромагниттік өрістің әсерінен де болу мүмкіндігін болжады. Мұндай сәуле шығаруды *мәжбүрленген* немесе *индуцирленген сәуле шығару* деп атайды.

Егер сыртқы өрістің жиілігі қозған атомның өзіндік жиілігімен сәйкес келсе, онда резонанстық эффекттің салдарынан мәжбүрленген сәуле шығарудың ықтималдылығы күрт өседі. Яғни, жиілігі қозған атомның өзіндік жиілігімен дәл келетін фотон осы атомның электронымен әсерлескен кезде ол атом қозған күйден төменгі энергетикалық күйге өтеді де бір фотонның қасында жиілігі тура сондай екінші фотон пайда болады. Бұл үрдіс бұдан әрі басқа атомдармен де қайталанып тасқынды түрде өтеді де жарық күрт күшейеді. Бұл жөнінде мына жерден қарап көруге болады.

Әдетте жарық зат арқылы өткен кезде заттағы негізгі күйде тұрған атомдар жарықты жұтады да, қозған атомдар өзінен мәжбүрленген сәуле шығарады. Сондықтан жарық зат арқылы өткен кезде күшею үшін заттағы атомдардың тең жартысынан көбі қозған күйде болуы тиіс. Заттардың мұндай күйі - деңгейлері *инверсиялы* қоныстанған күй деп аталады (*inversio* – латынша «төңкерілген» деген ұғымды білдіреді). Атомдар әдетте қозған күйде өте аз,  $10^{-9}$  –  $10^{-7}$  с уақыт ғана болатындықтан деңгейлері инверсиялы қоныстанған күйлерді алу оңай шаруа емес. Бірақ кейбір атомдардың қозған күйде ұзақ, шамамен  $10^{-3}$  с бола алатын күйлері болады. Ондай күйлерді *метатұрақты* күйлер деп атайды. Осындай метатұрақты күйлері бар заттарды жарықты күшейтуге қолданады. Алғашқы лазерлер ретінде рубиннің кристаллдары пайдаланылды. Ондағы атомдарды қоздыру үшін рубин білікті сыртынан импульсті түрде жұмыс істейтін, спираль шаммен орады. Шам жарқ етіп жанған кездегі шыққан энергияны рубин атомдары жұтып, метатұрақты күйлерге өтеді. Атомдарды бұлай қоздыру оларды үрлеу деп аталады. Бүкіл қозған атомдардың сәуле шығаруы бар болғаны  $10^{-8}$  –  $10^{-10}$  с уақытқа созылады. Осы кездегі жарық сәулесінің қуаты өте үлкен  $10^9$  Вт-қа дейін жетуі мүмкін. Бұл үлкен электростанциялардың қуатынан да үлкен. Лазер сәулесінің негізгі қасиеттері оның аса жоғарғы монохроматтылығы, шашырамайтын сәуле түрінде алу мүмкіндігі және аса қуаттылығы.

Бүгінгі күнде кристаллдардағы лазерден өзгеше, газдағы және сұйықтардағы (бояғыштардағы) лазерлер жасалған. Бояғыштағы лазерлердің ерекшелігі, олардың шығаратын сәулелерінің жиілігін кең ауқымда өзгертудің мүмкіндігі бар.

Лазерлер бүгінгі күнде сан алуан салада қолданылады. Олар заттарды өңдеу, медицина және голография. Монохроматты когерентті лазерлік сәуленің көмегімен волоконды оптикада кабельдік, телефондық және теледидарлық байланысты жүзеге асыруға болады. Тасымалдаушы жиіліктің аса жоғары ( $10^{13}$  –  $10^{14}$  Гц) болуы бір жарыққұбыры арқылы миллиардқа дейінгі музыкалық хабарды немесе миллионға дейінгі телехабарды бізмезгілде тасымалдауға мүмкіндік береді. Бұл күндері лазерлік термомодрольдық синтезді жүзеге асыру мүмкіндіктері зерттелуде.

### **Бақылау сұрақтары**

1. Дифракция деген не?
2. Дисперсия деген не?
3. Лазерлер деген не?

## Тақырыбы: 4.2 Шығару және жұтылу спектрлері

1. Жалпы теориялық білім
2. УМ-2 монохроматорының сипаттамасы
3. Сынап және неон спектріндегі кейбір сызықтардың толқын ұзындықтары.

Өте жоғарғы температураға қыздырылған қатты денелерден шыққан жарықты призмадан өткізіп бақылау жүргізетін болсақ, экраннан бір түстен екінші түске үздіксіз өзгеріп отыратын түрлі түсті жолақ спектрлерді көреміз.

Бұл спектрлердің басталар және аяқталар шеттерінде (оң жақ және сол жақ шетінде) көзге әсері жоқ ультракүлгін және инфрақызыл сәулелердің бар екендігі байқалған. Бұл спектрлердің барлығын (көзге көрінетін және көрінбейтін) қосып үздіксіз немесе тұтас спектрлер деп атайды. Осындай спектрлерді жоғарғы тығыздықтағы газдар да береді.

Өте жоғарғы дәрежеде сиретілген газдар (кейбір денелердің, заттардың булары) сызықтық (қараңғы көрініс бетінен (фон) жарқырауы өте күшті сызықтардан тұратын) спектрлер береді. Мұндай спектрлерді энергетикалық жоғарғы деңгейдегі (энергиясы  $E_2$ ) атомдар энергетикалық деңгейі төмен (энергиясы  $E_1$ ) жағдайға өткенде ғана шығарады. Осындай жағдайда пайда болған монохромат сәуле жиілігі мынадай шарт бойынша анықталады:

$$E_2 - E_1 = h\nu \quad (1)$$

Мұндағы:  $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$  Дж·с - Планк тұрақтысы,  $\nu$  - пайда болған монохромат сәуле жиілігі.

Дене шығаратын жарық сол дененің молекуласына байланысты болса, спектрі жолақ болады, сондықтан спектр жолақ деп аталады. Көрінуіне қарай жолақ спектрлер сызықтық спектрлерге ұқсас болады, бірақ жолақ спектрлерде сызықтық спектрлердей фоннан түрлі түсті сызықтар байқалмайды. Фон түрлі түсті болса, қараңғы сызықтардың немесе жолақтардың пайда болғаны байқалады.

Әрбір химиялық элементтің атомдары өздерінің қасиеттеріне сай қайталанбайтын спектрлер шығарады. Осыған байланысты денелердің шығаратын (немесе жұтатын) спектрлерін зерттеу арқылы, сол денеге сапа жағынан талдау жасауға болады. Сонымен қатар денелердің шығаратын сызықтық спектрлерінің интенсивтігіне қарай сол дененің немесе сол денедегі белгілі бір элемент мөлшеріне сан жағынан баға беруге болады, себебі спектрлердің интенсивтігі және сандық мөлшері бір бірімен тікелей байланысты.

Денелерге спектрлері бойынша талдау жүргізу үшін қолданылатын құрал-монохроматордың принциптік схемасы 1-суретте көрсетілген. Спектрлік құралдардың барлығын үш негізгі бөліктен, яғни коллиматордан, дисперсиялайтын жүйеден және көру трубасынан немесе фотокамерадан тұрады деп қарастыруға болады.

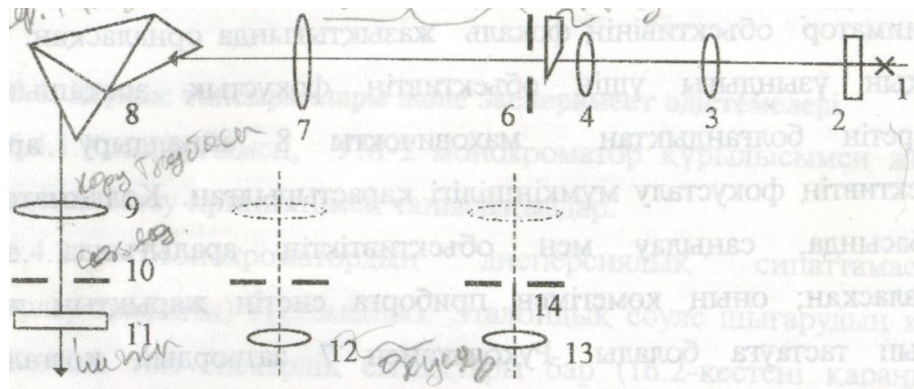
### УМ-2 Монохроматорының сипаттамасы

Монохроматордың оптикалық схемасы 6.1-суретте көрсетілген. Мұнда: 1 - жарық көзі (электр қыздыру лампасы), 2 - лампа кожухының қорғаныс шынысы, 3 - конденсорлық линза, 4 - линза, 5 - теңестіру призмасы, 6 - коллиматордың жарық енетін саңылауы, 7 - коллиматор объективі, 8 - дисперсиялайтын призма, 9 - көру трубасының (фотокамераның) объективі, 10 - алмалы жарық енетін саңылау, 11 - қорғаныс шынысы, 12-5<sup>x</sup> окуляр, 13-10<sup>x</sup> окуляр, 14 - көру трубасының фокаль жазықтығындағы көрсеткіш. Схемдағы 1, 2, 3 детальдар монохроматордың оптикалық орындығындағы 11 рейтерлердің бағанасында орналасқан (6.2-суретті қараңыз).

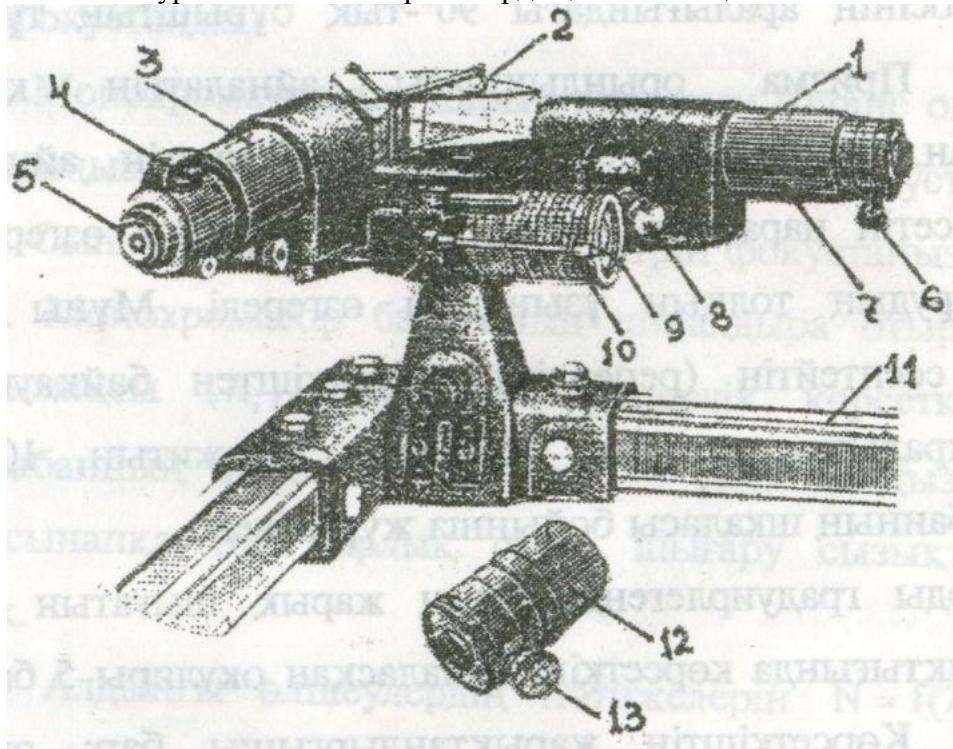
6.1-суретте жарық сәулелері енетін саңылау арқылы коллиматор объективіне түсетіндігі және параллель шоқ болып дисперсиялық призмадан өтетіндігі көрсетілген. Монохроматордың сәулелер шығатын трубасы түсетін жарық шоғына 90° бұрышпен орналасады.

Призма орнатылған орындықшаны түсетін жарық шоғына қатысты әртүрлі бұрышқа бұрай отырып, шығыс (шығу) саңылауында ең аз бұрылу бұрышты призмадан өткен әртүрлі толқын ұзындықтағы жарықты алады.





1-сурет. УМ-2 монохроматордың оптикалық схемасы



2-сурет. УМ-2 монохроматордың сыртқы түрі

УМ-2 монохроматордың сыртқы түрі 2-суретте келтірілген. Мұндағы прибордың негізгі бөліктері: 1 - коллиматор, 2 - айналатын орындықшаға орналастырылған призма және 3-шығу трубасы. Коллиматордың кіре берісінде ашылу ені 0 - 4мм болатын стандартты симметриялы саңылау болады. Саңылаудың ені бөлігінің құны 0,01 мм-ге тең барабан 6 арқылы реттелінеді. Кіру саңылауы коллиматор объективінің фокаль жазықтығында орналасқан. Әрбір толқын ұзындығы үшін объективтің фокустық арақашықтығы өзгертін болғандықтан маховичокты 8 айналдыру арқылы объективтің фокусталу мүмкіншілігі қарастырылған. Коллиматордың трубасында, саңылау мен объективтіктің аралығында затвор орналасқан; оның көмегімен приборға енетін жарықтың жолын жауып тастауға болады. Рукояткамен 7 затвордың қозғалысын басқаруға болады. Мұндай жүйе, жоғарыда айтылғандай, толқын ұзындығы әртүрлі жарықтың өте аз бұрылу бұрышты призманың дисперсиялайтын бөліктері арқылы өтуін қамтамасыз етеді. Сонымен қатар коллиматорлық оптикалық ось пен көру трубасы фотокамера оптикалық осінің аралығындағы 90°-тық бұрыштың тұрақтылығы сақталады. Призма орындықшасы айналатын құрылыспен жабдықталған. Микрометрлік винттің 9 венчигін айналдырғанда призмаға түсетін параллель шоқтың түсу бұрышы өзгереді; демек, сәуле шығарудың толқын ұзындығы өзгереді. Мұны прибордан шығардағы есептейтін (реперлік) көрсеткіштен байқауға болады. Есептеу спиральдық канавка бойымен жылжитын, 10 индекске қарсы, барабанның шкаласы бойынша жүргізіледі.

Приборды градуирлегенде оның жарық шығатын трубасына, фокаль жазықтығында көрсеткіш орналасқан окуляры 5 бар, насадка орнатылады. Көрсеткіштің жарықтандырғышы бар;

оның түсін әртүрлі жарық фильтрлері болатын револьвер типті тетікті 4 бұрумен өзгертуге болады.

Монохроматты шоқты алу үшін жарықтың шығу трубасындағы окулярлық насадканың орнына сәулелер шығатын саңылауы бар патрубок 12 орнатылады. Саңылаудың ені 13 маховиктің айналуымен реттелінеді. Жарық көздері мен конденсорлық линза оптикалық орындықта 11 орналасқан рейтерлердің бағаналарына бекітіледі.

Сынап және неон спектріндегі кейбір сызықтардың толқын ұзындықтары.

Элемент	Сызықтың орналасуы және түсі	Толқын ұзындығы, нм
Неон	Екі жақын орналасқан жасыл сызықтың біріншісі	534.1
	Жасыл, оң жақта ең шетте	540.1
	Жарқыраған сарының сол жағындағы бірінші ашықсары	576.4
	Сары, жарқыраған	585.2
	Сары, жарқыраған сарыдан оңға қарай бірінші	588.2
	Қызғылт сары, жарқыраған сарыдан оңға қарай екінші	594.5
	Қызғылт сары, бесінші	603.0
	Қызғылт сары, алтыншы	607.4
	Қызғылт сары, сегізінші	621.7
	Қызғылт сары, тоғызыншы	626.6
	Ашық қызыл он төртінші	640.2
	Қызыл, жарқыраған қызылдан оңға қарай бірінші	659.9
	Қызыл, төртінші	692.9
	Қызыл, бесінші	703.2
Сынап	Қызыл, бесінші	579.1
	Сары	576.9
	Сары	491.6
	Көк	435.8
	Көгілдір-күлгін	

### Бақылау сұрақтары

1. Қандай жағдайда дене тұтас, сызықтық және жолақ спектрлер шығарады?
2. УМ-2 монохроматордың жұмыс істеу принципін түсіндіріңіз.

### Сабақ № 52/53

Тақырыбы: 4.2.1 Электромагниттік толқындар шкаласы. Жылулық сәулелер.

#### Сабақ жоспары:

1. Электромагниттік спектр
2. Шығару спектрі
3. Жұтылу спектрі
4. Шығару және жұтылу спектрлерінің айырмашылығы

**Электромагниттік спектр** - электромагниттік толқындарының барлық диапазондарының жиынтығы. Электромагниттік толқындар теледидарда және радиохабарда, телекоммуникацияда, сонымен бірге тамақ әзірлеу үшін де қолданылады. Электромагнитті толқындарының диапазоны

Электромагниттік толқындар шкаласы ( $\nu < 10^{21}$  Гц) төменгі жиілікті толқындар мен радиотолқындардан бастап, гамма сәулелерге дейінгі ( $\nu < 10^{21}$  Гц) аралықты қамтиды. Жиілік пен ұзындықтарына байланысты әр түрлі электромагниттік толқындарды шартты түрде шығарып алу және тіркеу тәсіліне, затпен өзара әсерлесу сипаты бойынша *диапазондарға* бөледі. Төменгі жиілікті толқындар шығару, радиотолқындар, инфрақызыл сәулелер, көрінетін жарық, ультракүлгін сәулелер, рентгендік сәулелер және  $\gamma$  - гамма шығару деп диапазондарға бөлу қабылданған

## Төменгі жиілікті толқындар

Бұл толқындарды арнайы жасалған генераторлар мен айнымалы токтың генераторлары шығарады. Электрлік приборлар мен электрлік қозғалтқыштардың басым көпшілігі жиілігі 50—60 Гц айнымалы токпен қоректенед

## Радиотолқындар

Радиосәулелерді шығаратын генераторлармен танысындар. Олардың толқын ұзындықтары  $10^{-6}$  м-ден  $5 \cdot 10^4$  м-ге дейінгі аймақты қамтиды. Бұл өткен параграфтардан өздеріңе белгілі.

## Инфрақызыл, көрінетін жарық және ультракүлгін сәулелер шығару

Толқын ұзындығы 2 мм-ден 760 нм-ге дейінгі, жылулық және электрлік әсерлерден молекулалар мен атомдардың тербелісі кезінде инфрақызыл сәулелер шығады. Оны 1800 ж. Гершель ашқан еді.

Инфрақызыл толқындарды кейде жылулық сәуле деп те атайды. Адамның көзіне әсер етіп, көру сезімін туғызатын электромагниттік толқынның бөлігін көрінетін жарық дейді. Ол ұзындығы 380 нм (күлгін түс) мен 760 нм (қызыл түс) толқын аралықтарында болады және электромагниттік толқындардың диапазонында өте шамалы бөлікті құрайды.

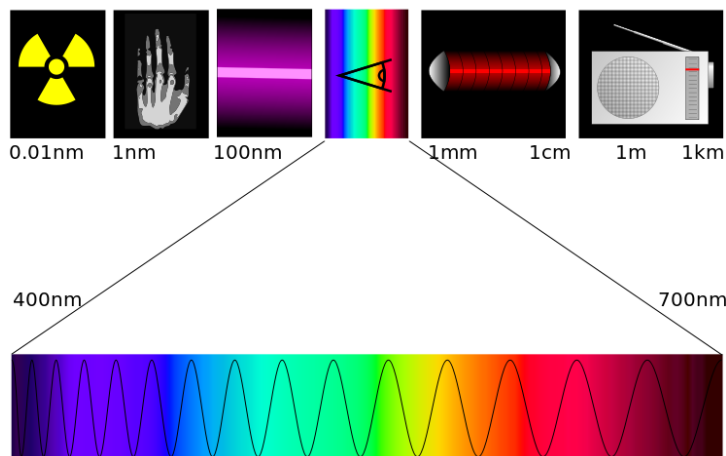
Толқын ұзындығы 400 нм-ден 10 нм-ге дейін болатын ультракүлгін сәулелерді шапшаң электрондардың әсерінен туындайтын солғын разряд арқылы алады. Ультракүлгін сәулелерді 1801 жылы И . Риттер мен У . Волластон алғаш рет шығарып алған. Ультракүлгін сәулелер де инфрақызыл сәулелер сияқты көрінбейді. Бірақ химиялық активтігі жоғары. Шыны ультракүлгін сәулелерді жақсы жұтады. Зерттеу жұмыстарында кварц немесе арнайы жасанды кристалдар қолданылады. Бұл сәулелерді атомдар немесе молекуладағы электрондар бір энергетикалық деңгейден екінші деңгейге ауысқан кезде шығарады. Онымен толығырақ VI және VII тарауларда танысасындар

## Рентген сәулелері

1895 жылы В . Рентген толқын ұзындығы 10 нм-ден  $10^{-3}$  нм болатын, ультракүлгін толқындар ұзындығынан қысқа сәуле шығарудың түрін ашты. Рентген сәулелері шапшаң электрондар мен зарядталған бөлшектер кенет тежелгенде пайда болады. Қолданылу аймағы өте кең рентген сәулелерінің көзі рентген түтіктері болып табылады. Рентген бұл сәулелердің қасиеттерін зерттеу арқылы олардың жұтылуы түрліше екенін анықтады. Көбірек жұтылатын сәулелерді жұмсақ, нашар жұтылатын сәулелерді қатқыл рентген сәулелері деп атаған.

## Гамма-сәуле шығару

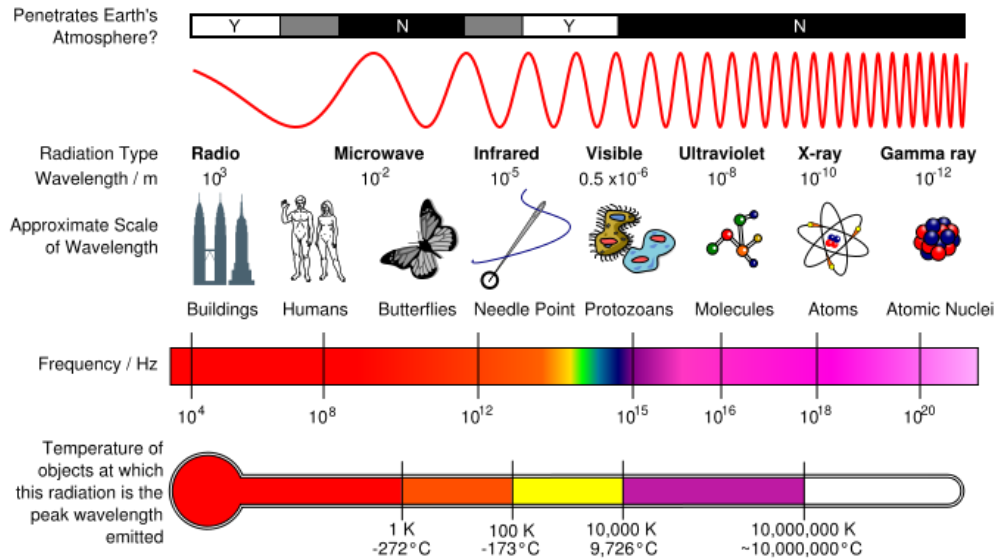
Электромагниттік сәуле шығарудың ішіндегі толқын ұзындығы ең қысқасы — гамма-сәулелер. Олардың толқын ұзындығы  $10^{-10}$  м мен  $3 \cdot 10^{-13}$  м аралығында болады. Гамма-сәулелер қозған атом ядроларында және радиоактивті ыдырау құбылысы кезінде шығарылады. Оның көзі Жер бетінде де



, ғарышта да кездеседі.

## 1 –сурет

Ғарыштан келетін электромагниттік сәуле шығарудың кейбір бөлігі ғана Жер атмосферасында жұтылмай өтеді. Ал гамма-сәуле шығарудың барлығы дерлік Жер атмосферасының озон қабатында жұтылады. Жер бетіндегі тіршіліктің өмір сүруі тікелей осы озон қабатының сақталуына байланысты. Электромагниттік сәуле шығарудың жеке түрлерінің арасындағы сапалық айырмашылық толқын ұзындықтары қысқарған сайын байқала бастайды. Қысқа толқынды электромагниттік сәулелерде корпускулалық қасиеттер басым. [1]



## 2- сурет

Қоршаған орта жөніндегі біліміміздің тереңдеуінің барысында алғашқы кезде бір-бірінен тәуелсіз болып көрінген көптеген құбылыстардың арасында терең байланыс бар екені белгілі болды. Соның бір мысалы жарық, рентген сәулелері және радиотолқындардың арасындағы байланыс. Бұл күнде бұл физикалық нысандардың бәрінің табиғатының бір - олардың бәрінің электромагниттік толқын екені, олардың бір-бірінен тек толқын ұзындығының мәнімен ғана ажыратылатыны белгілі. 2– суретте электромагниттік сәуле шығарудың шкаласы келтірілген. Ол өте кең ауқымды қамтиды.

Радиотолқындардың ұзындығы  $10^{-6}$  м-ден  $5 \cdot 10^3$  м аралығында жатады. Мұндағы ұзындығы  $10^3$  м-ден артық болатын толқындар ұзын толқындар (ДВ), ұзындығы  $10^2 - 10^3$  м аралығында жатқан толқындар орта толқындар (СВ), ұзындығы  $10 - 10^2$  м аралығындағы толқындар қысқа толқындар (КВ), ал ұзындықтары  $10$  м-ден кем болатын толқындар ультракысқа толқындар (УКВ) деп аталады. Радиотолқындарды арнайы генераторлар арқылы шығарып алады. Электромагниттік толқындардың келесі аймағы инфрақызыл, көрінетін және ультракүлгін сәуле шығару аймағы болып табылады. Ол  $5 \cdot 10^{-4} - 8 \cdot 10^{-9}$  м аралығында жатыр. Бұл аймақ бір шетінен радиотолқындар аймағымен, ал екінші шетінен рентген сәулелері аймағымен біршама қабаттасады. Жалпы электромагниттік толқындар шкаласы мұндай аймақтарға шартты түрде бөлінеді. Бұл аймақтағы сәуле шығару атомдар мен молекулалардағы электрондар бір энергетикалық деңгейден екінші деңгейге өткен кезде туындылайды. XIX ғасырдағы ғылымның даму барысында қысқа электромагниттік толқындар аймағын зерттеу одан әрі жүргізілді. Осындай зерттеулердің нәтижесінде 1895 жылы В.Рентген толқын ұзындығы ультракүлгін сәулелердің толқын ұзындығынан да кем сәулелерді байқады. Бұл сәулелер вакуум түтігінің ішіндегі анодты катодтан ұшып шыққан аса шапшаң (энергиясы ондаған мың электронвольт) электрондармен атқылаған кезде туындылайды. Алғашқы кезде X-сәулелер деп аталған бұл сәулелердің толқын ұзындығы  $5 \cdot 10^{-8} - 8 \cdot 10^{-12}$  м аралығында жатыр. Рентген сәулелері көзге көрінбейді. Ол заттардың қалың қабаты арқылы аса көп жұтылмай-ақ өтіп кете береді. Оның осы қасиетін әртүрлі заттардың ішкі құрылысын зерттеуде (рентгеноструктурный анализ), әсіресе медицинада (рентгенография) табыспен қолданады. Электромагниттік толқындардың ішіндегі толқын ұзындығы ең аз болатын сәулелер гамма-сәулелер. Олардың толқын ұзындығы шамамен  $5 \cdot 10^{-11}$  м-ден кем. Бұл сәулелер

атом ядросында өтетін құбылыстармен, радиоактивті ыдыраумен байланысқан. Гамма-сәулелердің аса үлкен ағыны космостан келеді. Бірақ олар негізінен Жер атмосферасында жұтылып қалады. Егер бұл сәулелер Жер бетіне жеткен болса, онда Жер бетіндегі тіршілікті жойып жіберер еді.

#### Бақылау сұрақтары:

1. Спектр дегеніміз не? Ол қандай түстерге жіктеледі? Оларды ата.
2. Қандай спектрлер тұтас немесе сызықтық деп аталады? Қандай жағдайда шығу және жұтылу сызықтық спектрлері байқалады?
3. Спектрді қолдану идеясы неге негізделген? Бальмер формуласымен қандай шаманы анықтауға болады?

#### Сабак № 54

**Тақырыбы: 4.2.2 Арнайы салыстырмалылық принциптердің тәжірибе негіздері. Масса мен энергия арасындағы байланыстылық заңдары**

#### Сабак жоспары:

1. Релятивистік теория
2. Эйнштейн постулаттары
3. Массаның жылдамдықтан тәуелділігі
4. Энергия мен массаның өзара байланыс заңы

Арнайы салыстырмалылық теориясының негізін осы заманғы физиканы жасаушылардың бірі – А.Эйнштейн қалады. Бұл кеңістік пен уақыт жөніндегі осы заманғы физикалық теория. Ньютон механикасы сияқты бұл да уақытты біртекті деп қарастырады. Арнайы салыстырмалылық теориясын *релятивистік теория* деп атайды.

Арнайы салыстырмалылық теориясының негізін 1905 ж. Эйнштейн тұжырымдаған екі постулат құрайды.

Бірінші постулат - салыстырмалылық принципі: барлық физикалық құбылыстар (механикалық, электромагниттік және т.б.) бірдей жағдайларда кез келген инерциялық санақ жүйелерінде бірдей өтеді.

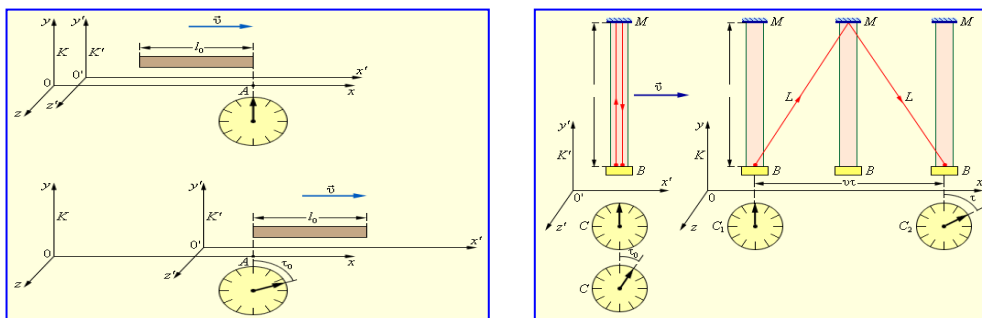
Екінші постулат - жарық жылдамдығының тұрақтылық принципі: жарықтың вакуумдегі жылдамдығы барлық инерциялық санақ жүйелерінде бірдей және жарық көзінің қозғалыс жылдамдығына тәуелсіз болады.

Эйнштейннің ерекшелігі сол, ол қарапайым және сенімді физикалық талдау пікірлер арқылы кеңістік пен уақыттың қасиетінің өзгермелілігін, ол қасиеттердің материалдық объектілердің қозғалысына байланыстылығы жөнінде қорытынды жасады.

Арнаулы салыстырмалылық теориясы классикалық түсініктің орнына кез келген кеңістік пен уақыт туралы жаңа ілім болып табылады. Салыстырмалылық теориясына сәйкес оқиғалардың бір мезгілділігі, ара қашықтықтар мен уақыт аралықтары абсолютті емес, салыстырмалы болып табылады. Олар санақ жүйесіне тәуелді болады. Мысалы, К санақ жүйесіндегі дененің ұзындығы  $l_0$  болсын, дене сол жүйеге қатысты тыныштықта тұр. Сонда К' санақ жүйесіне қатысты дене  $v$

жылдамдықпен қозғалған кездегі дененің  $l$  ұзындығы былайша анықталады:  $l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$  (1)

Осы формуладан  $l < l_0$  екенін көреміз. Бұл жерден білеуше ұзындығының қозғалыс жылдамдығынан тәуелді екені көрініп тұр. Дененің өзіндік ұзындығы оның ең үлкен ұзындығы. Дене қозғалған кезде оның ұзындығы кемиді. Қозғалыстағы санақ жүйелеріндегі денелердің релятивистік қысқаруы осы.

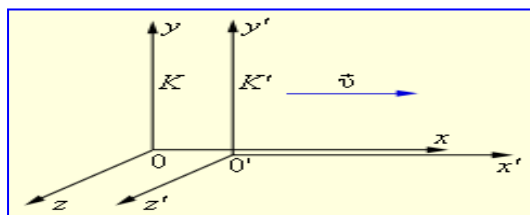


Инерциялық К жүйесінің бір ғана нүктесінде өтетін екі оқиғаның арасындағы уақыт интервалы  $\tau_0$  болсын. К жүйесіне қатысты  $v$  жылдамдықпен қозғалатын К санақ жүйесіндегі осы оқиғалар арасындағы уақыт аралығы  $\tau$  былай өрнектеледі.  $\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$  (2)

Бұдан  $\tau > \tau_0$  екендігін көреміз. Бұл жерден көрініп тұрғанындай инерциалды санақ жүйесіне қатысты қозғалып бара жатқан сағаттың жүрісі, яғни уақыттың өтуі баяулайды. Бұл қозғалушы санақ жүйесіндегі уақыттың баяулауының релятивистік эффектісі болып табылады.

Дене К санақ жүйесіндегі ( $x_1$  осі бойымен) қозғалады. Ал К болса  $K'$  санақ жүйесімен салыстырғанда  $v$  жылдамдықпен қозғалады. Дененің К -мен салыстырғандағы жылдамдығын  $v_1$ , ал сол дененің  $K'$ -пен салыстырғандағы жылдамдығын  $v_2$ , деп белгілейік. Сонда, кеңістік пен уақыт туралы жаңа релятивистік ұғым, жылдамдықтарды қосудың релятивистік заңы бойынша:

$$g_2 = \frac{g_1 + g}{1 + \frac{g_1 * g}{c^2}}$$
 болады. (3)



### Массаның жылдамдықтан тәуелділігі

Егер денеге ұзақ уақыт тұрақты күш әсер ететін болса, онда классикалық физикадағы Ньютон заңдарына сәйкес оның жылдамдығы шексіз өсуі тиіс. Ал релятивистік физика тұрғысынан қарағанда жарық жылдамдығы мүмкін болатын ең үлкен, шектік жылдамдық. Кез-келген массасы нөлден ерекше болатын дененің жылдамдығы жарықтың жылдамдығынан үлкен бола алмайды. Бұл қарама-қайшылық классикалық физикадағы қозғалыс теңдеуіне өзгеріс енгізу қажет екендігін көрсетеді. Бірақ бір ерекшелігі сол, қозғалыс теңдеуі релятивистік жағдайда өзінің түрін өзгертпейді екен, яғни

$$\frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} = \vec{F}$$
 (4)

Өзгеріс тек импульстің  $\vec{p} = m\vec{v}$  өрнегіне кіріп тұрған массаға ғана қатысты болады. Релятивистік физикада дене қозғалған кезде масса тұрақты болып қалмайды. Жылдамдық артқан кезде ол да артады. Оның жылдамдықтан тәуелділігінің өрнегін релятивистік физикадағы импульстің сақталу заңынан шығарып алуға болады. Бұл тәуелділік мынадай

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}}$$
 (5)

мұндағы  $m_0$  дененің тыныштықтағы массасы. Дененің жылдамдығы артқан кезде массасының артуы күш қанша ұзақ әсер еткенімен оның жылдамдығының шексіз өсіп, жарық жылдамдығынан үлкен болып кетуіне мүмкіндік бермейді.

## Энергия мен массаның өзара байланыс заңы

Қозғалыстағы дененің энергиясының болатындығы белгілі. Дене массасының оның жылдамдығынан тәуелділігі масса мен энергияның арасында қандай да бір байланыстың бар екеніне нұсқайды. Бұл байланысты алғаш рет салыстырмалылық теориясын пайдалана отырып, А.Эйнштейн тағайындаған. Ол өрнек мынадай:

$$E = mc^2(6)$$

Бұл масса және энергия тәрізді маңызды шамаларды байланыстырып тұрған физиканың іргелі заңы. Бұл шамалардың бір-бірімен жарықтың жылдамдығы арқылы байланысуының да терең физикалық мағанасы бар. Тыныштықта тұрған денеге  $E_0 = m_0c^2$  энергиясы сәйкес келеді. Бұл дененің тыныштық немесе өзіндік энергиясы деп аталады.

Масса мен энергияның арасындағы осы байланыс атом және ядро қойнауындағы энергияның кілті болып табылады. Массаның энергияға айналуының бір жарқын мысалы элементар бөлшек пен оның антибөлшегінің аннигиляциялануы. Ол жөнінде мына жерден қарап көруге болады.

### Бақылау сұрақтары:

1. Эйнштейн постулаттары ?
2. Релятивтік масса мен ұзындық ?
3. Эйнштейн формуласы ?

## Сабак № 55/56

Тақырыбы: 4.2.3 Сыртқы фотоэффект. Столетов тәжірибесі

### Сабак жоспары:

1. Фотоэлектрондар
2. Фотоэффекттің қарапайым үш заңы
3. Фотондар
4. Фотоөткізгіштер

Г.Герц 1887 жылы, әдетте жоғарғы кернеуде байқалатын ұшқынды разряд, егер теріс электродқа ультракүлгін сәуле түсірсе, төменгі кернеуде де бола бастайтынын байқады. Бірақ ол оның себебін түсіндіре алмады. Бұл құбылысты терең зерттеп түсіндірген орыс ғалымы А.Г.Столетов болды. Ол өз тәжірибелерінде ультракүлгін сәулелердің әсерінен катодтан теріс зарядтардың ұшып шығатынын анықтады. Бұл ұшып шыққан бөлшектердің меншікті зарядын өлшеу арқылы жүргізілген бұдан арғы зерттеулер олардың электрондар екенін көрсетті.

Осылай, қатты денелер немесе сұйықтардан жарықтың әсерінен электрондардың ұшып шығару құбылысын **сыртқы фотоэлектрлік эффект** (немесе жәй **фотоэффект**) деп, ал бұл ұшып шыққан электрондарды **фотоэлектрондар** деп атады.

Тәжірибенің негізінде фотоэффекттің мынадай қарапайым үш заңы анықталды:

1. Фотоэлектрондардың максималды жылдамдығы түсіп тұрған жарықтың қарқындылығынан емес, оның жиілігінен тәуелді болады
2. Әрбір затқа түсіп тұрған жарықтың жиілігі **фотоэффекттің қызыл шекарасы** деп аталатын қандай да бір  $\nu_{\min}$  жиілігінен кем болса фотоэффект құбылысы байқалмайды
3. Фотоэффект кезінде уақыт бірлігінде ұшып шығатын электрондардың саны ( басқа сөзбен айтқанда тізбектегі қанығу фототогының мәні ) түсетін жарық қарқындылығына тура пропорционал. Тәжірибенің негізінде анықталған жоғарыдағы қарапайым заңдарды жарықтың толқындық теориясының көмегімен түсіндіру мүмкін болмады. Бұл классикалық физиканың тірелген тағы бір тығырығы еді.

### Фотоэффект теориясы. Жарық кванттары

Фотоэффект заңдарының теориялық түсінігін 1905 жылы А.Эйнштейн берді. Ол өз зерттеулерінде М.Планктың кванттар жөніндегі ұғымын одан әрі дамыта отырып, жарық тек кванттар түрінде шығарылып ғана қоймайды, сонымен қатар кванттар түрінде жұтылады да деп есептеді. Бұл жарық кванттарын ол **фотондар** деп атады. Эйнштейннің бұл идеялары осы кезге дейін үстемдік етіп

келген жарықтың толқындық теориясынан өзгеше, соны көзқарас еді. Бұл жерде жарықтың таралуы үздіксіз толқындық үрдіс ретінде емес, ерекше жарық бөлшектері – фотондардың  $c$  - ға тең жылдамдықпен қозғалатын ағыны ретінде қарастырылады. Бұл тұрғыдан қарағанда, мәселен монохроматты жарыққа энергияларының мәндері бірдей, әрі  $h\nu$ -ге тең болатын фотондар сәйкес қойылады. Ал жарықтың затқа жұтылуы сәйкес фотондар осы затқа түскен кезде өз энергиясын түгелімен заттың атомдары мен молекулаларына беруімен түсіндіріледі. Жарықтың табиғатына деген осы кванттық көзқарас фотоэффект құбылысының тәжірибеден байқалатын барлық заңдылықтарын түсіндіруге мүмкіндік берді.

Шындығында, мәселен, электрон металлдан ұшып шығуы үшін металл-вакуум шекарасындағы потенциалдық тосқауылдан өтуі, яғни қандай да бір  $A_{\text{шығ}}$ -ға тең шығу жұмысын істеуі қажет. Бұған қажет энергияны электрон өзі жұтқан фотоннан алады. Фотон металл атомына жұтылған кезде өзінің  $\epsilon_{\nu} = h\nu$  -ға тең энергиясын толығымен электронға береді. Онда мұндай фотоэлектрондар үшін энергияның сақталу заңын мына түрде жазуға болады

$$h\nu = A_{\text{шығ}} + \frac{mv^2}{2} \quad (1)$$

Мұндағы  $mv^2/2$  – металлдардан ұшып шыққан фотоэлектронның кинетикалық энергиясы, ал  $A_{\text{шығ}}$  жоғарыдағы шығу жұмысы. Бұл өрнек сыртқы фотоэффект үшін жазылған **Эйнштейн теңдеуі** деп аталады. Бұл теңдеуден егер  $h\nu > A_{\text{шығ}}$  болса, онда электрон өз энергиясының біразын шығу жұмысына жұмсап, металлдан ұшып шыға алатыны көрініп тұр. Ал егер электронның энергиясы шығу жұмысынан аз болса, онда ол металлдан тысқары шыға алмайды. Фотоэффект мүмкін бола бастайтын ең аз жиілікті  $\nu_{\text{min}}$  деп белгілей отырып, оны **фотоэффекттің қызыл шекарасы** деп атайды. Фотоэффекттің қызыл шекарасының мәні электрон ұшып шығатын беттің күйімен және металдың химиялық құрамымен анықталады.

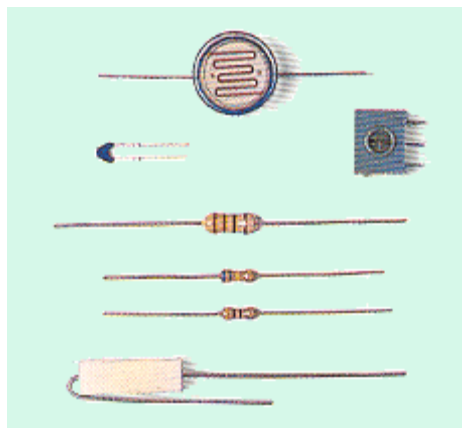
Эйнштейн теңдеуі сыртқы фотоэффекттің тәжірибеден байқалатын барлық заңдарын теориялық тұрғыдан түсіндіруге мүмкіндік береді. Шындығында, екінші заңмен анықталған фотоэффекттің қызыл шекарасының түсінігін жоғарыда бердік, ал енді (6.3) өрнегінен электрондардың максималды кинетикалық энергиясы, яғни максималды жылдамдығының жиіліктен тәуелді екені көрініп тұр. Бұл фотоэффекттің бірінші заңы.

Ақырында, уақыт бірлігінде ұшып шығатын электрондардың саны бетке түсіп жатқан фотондардың санына пропорционал болуы керек. Ал фотондардың саны жарықтың қарқындылығын анықтайды. Сонымен, фотоэффекттің үшінші заңы да өз түсінігін алды.

#### Фотоэффекттің техникада қолданылуы

Фотоэффект құбылысы техникада және өндірісте әртүрлі үрдістерді автоматтандыруда кеңінен қолданылады. Осы құбылыстың негізінде жұмыс істейтін құралдарды **фотоэлементтер** деп атайды. Фотоэлементтердің өздеріне жарық түскенін, немесе түскен жарықтың интенсивтілігі аз ғана өзгерісінің өзін лезде сезе алуы оны **фотореле** деп аталатын аса сезімтал құрал ретінде пайдалануға мүмкіндік береді.

$$r_{\nu} = \frac{2\pi\nu^2}{c^2} \frac{h\nu}{e^{h\nu/(kT)} - 1} \quad (2)$$





### 3 - сурет

Жартылай өткізгіштердегі тундылайтын ішкі фотоэффект құбылысы онда қосымша электрондар мен кемтіктердің пайда болуына алып келеді. Бұл жартылай өткізгіштің ток өткізу қабілетін елеулі арттырады. Оны әдетте **фотоөткізгіштік** деп атайды. Осы фотоөткізгіштік құбылысына негізделген құралдарды **фотокедергілер** деп атайды. Қарапайым фотокедергіні әдетте изолятор пластиналарға жартылай өткізгіштің жұқа қабатын жағу арқылы жасайды. Мұндай пластиналарға жарық түскен кезде фотоэффект салдарынан туындылаған электрондар мен кемтіктердің арқасында тізбекте фотоөткізгіштік пайда болып, ол арқылы ток өте бастайды. Өтетін токтың шамасы кедергіден тәуелді болғандықтан бұл құрал жарық ағынының өзгерісін тікелей электр сигналдарына айналдыруға мүмкіндік береді. Мұндай фотокедергілер дыбысты кинода, теледидарда, автоматтандыру мен телемеханикада кеңінен қолданылады.

Фотокедергілер адамдар тікелей бақылай алмайтын жердегі өтіп жатқан өндірістік үрдістердің қалыпты өтуін жіті бақылай алады. Бұл үрдістердің қалыпты өтуі бұзылатын болса сәйкес фотокедергіге түсетін жарық ағыны өзгереді де біз оны фототоктың қалыптан тыс өзгерісі арқылы сезіп, үрдіске сәйкес түзетулер жасаймыз.

Фотокедергілер сонымен қатар әртүрлі халық тұтынатын заттарды өлшемдері мен түрлеріне қарата іріктеуге мүмкіндік береді. Қарапайым фотокедергілер метро стансаларына кіре берісте жолаушылардың жолақыны дұрыс төлеуін қадағалайды.

### Бақылау сұрақтары

1. Жылулық сәулелер деген не?
2. Сыртқы фотоэффект деген не?
3. Фотон деген не?
4. Кван энергиясы қалай анықталады?

### Сабақ № 57

Тақырыбы: 4.2.4 Жарықтың салмағы қысымы. П.И. Лебедев тәжірибесі.

#### Сабақ жоспары:

1. Жарықтың салмағы қысымы
2. П.И.Лебедев тәжірибесі

Максвеллдің электромагниттік теориясынан жарық толқындары қандай да бір бетке жұтылып немесе одан шағылған кезде оған қысым түсіретіндігі шығады. Бұл теория беретін ол қысымның мәні мынаған тең

$$p = (1+R)\omega_{opt} \quad (1)$$

Мұндағы  $R$  – толқынның өзі түскен беттен шағылысу коэффициенті, ал  $\omega_{opt}$  – толқын энергиясының орташа тығыздығы. Шағылысу коэффициентінің мәні өзіне түскен жарықты толығымен шағылыстыратын айна беті үшін 1 –ге, ал оны толығымен жұтатын шымқай кара бет үшін 0 –ге тең.

Бұл (6.4) өрнегі жоғарыда айтқанымыздай, жарықтың толқындық теориясының негізінде алынған. Ал екінші жағынан жарықты кванттық теория тұрғысынан қарастыру да тура осындай нәтижеге алып келеді. Бұл теорияның көмегімен жарықтың қысымын есептеу үшін алдымен фотондардың импульсінің ұғымын енгізу қажет. Ол үшін арнаулы салыстырмалылық теориядағы энергия мен импульс арасындағы байланысты және фотонның тыныштық массасының нөлге тең екенін пайдаланамыз. Онда

$$p = \frac{\varepsilon}{c} = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda} \quad (2)$$

Енді қандай да бір дененің бетінің бірлік ауданына перпендикуляр бағытта бірлік уақытта  $n$  фотон түсіп тұрсын делік. Оның біраз бөлігі жұтылып, қалғаны кері шағылсын. Онда бетке жұтылған әрбір фотон оған  $p = h\nu/c$ -ға тең импульс береді. Ал беттен шағылған фотондардың оған беретін импульсі

сәйкес  $p=2hv/c$ -ға тең. Егер шағылу коэффициенті  $R$  болса, онда  $Rn$  – шағылған, ал  $(1-R)n$  – жұтылған фотондардың саны. Онда жарық қысымы былайша анықталады

$$p = Rn2hv/c + (1-R)nhv/c = (1+R)nhv/c = (1+r)\omega_{opt} \quad (3)$$

Яғни, жоғарыдағы жарықтың толқындық теориясы беретіндей нәтижеге келдік.

Жарықтың қысымын алғаш рет 1890 жылы тәжірибе жүзінде орыс физигі П.Н.Лебедев аса сезімтал айналмалы таразының көмегімен өлшеді. Бұл айналмалы таразы иіндерінің бірі шымқай кара, ал екіншісі айнадай жалтыр екі қалақшамен жалғанған болатын. Түскен жарық жалтыр қалақшадан шағылып кетеді де кара қалақшаға жұтылып қалады. Сөйтіп екі иіндегі қысымның әртүрлі болуының салдарынан таразыда айналдырушы момент пайда болады. Бұл момент қысымның мәнін бағалауға мүмкіндік береді. Осылай жасалған тәжірибе Максвелл теориясымен үйлесетіндей нәтиже берді. Лебедев тәжірибесі Максвелл теориясының қалыптасуында елеулі роль атқарды.

### Бақылау сұрақтары

1. Жарықтың қысымы деген не?
2. Оны ең алғаш ким ашты?
3. Теңдеуі қандай?

### Сабак № 58/59

Тақырыбы: **4.3.1 Оптика бөліміне және АСТ ға эксперименталды есептер шығару.**

#### Есеп шығару үлгілері

1 Жарық сәулесі скипидардан ауаға шығады. Бұл сәулелер үшін шектік бұрыш  $42,53^0$ . Жарықтың скипидардағы таралу жылдамдығын табыңыз.

**Шешуі:** Сыну заңы бойынша

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$$

Толық шағылу құбылысы байқалатын шектік бұрыш келесі шарттан анықталады

$$\sin \alpha_0 = \frac{n_2}{n_1}.$$

Ортаның сыну көрсеткіштерімен, сол ортадағы жарық жылдамдықтарының арасында мынадай қатынас орындалады:

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{v}{c}.$$

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{v}{c}.$$

Онда,  $n_1 \frac{v}{c}$ .

Бұдан жарықтың скипидардағы таралу жылдамдығы:

$$\frac{v}{c} = \sin \alpha_0.$$

**Жауабы:**  $v = c \cdot \sin \alpha_0 = 3 \cdot 10^8 \cdot \sin 42,53^0 = 3 \cdot 10^8 \cdot 0,63 \approx 1,9 \cdot 10^8 \text{ м/с}.$

2 Жарықтың күлгін сәулелерінің ауадағы ұзындығы 400 м. Осы сәулелердің судағы толқын ұзындығы қандай.

**Шешуі:** Жарық толқындарының әртүрлі ортаға қатысты ұзындығы келесі қатынаспен анықталады:

$$\lambda_1 = \frac{v_1}{\nu}; \quad \lambda_2 = \frac{v_2}{\nu};$$

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_1}{v_2}.$$

Бұдан,  $\lambda_2 = \frac{v_2}{v_1} \lambda_1$ .

Ал, жарықтың таралу жылдамдықтарын:

$$n_1 = \frac{c}{v_1}; \quad n_2 = \frac{c}{v_2};$$

өрнектерінен анықтайтын болсақ. Онда,

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}.$$

$$v_2 = n_1 \lambda_2.$$

Сонымен,

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

Бұдан, күлгін сәулелердің судағы толқын ұзындығы:

$$\lambda_2 = \lambda_1 \cdot \frac{n_1}{n_2} = 4 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{1}{1,33} = 3,01 \cdot 10^{-7} = 301 \cdot 10^{-9} = 301 \text{ нм}.$$

**Жауабы:**  $\lambda_2 = 301 \text{ нм}$ .

**3** Сыну көрсеткіші 1,5 шыны пластинкаға жарық сәулесі түседі. Шағылған және сынған сәулелер арасындағы бұрыш  $90^\circ$ -қа тең болатын болса, сәуленің түсу бұрышын анықтаңыз.

**Шешуі:** MN – шыны пластинкасы берілген (сурет 4.1). Жарық сәулесі ауадан (бірінші орта) шыныға (екінші орта) өтеді. Екі орта шекарасында жарықтың бір бөлігі шағылып, екінші бір бөлігі сынады. Шыны – ауаға қарағанда оптикалық тығыз орта болғандықтан  $\alpha > \beta$ .

Шағылу заңы бойынша:  $\alpha = \gamma$ .

Суреттен көрініп тұрғандай  $\gamma + i + \beta = \pi$ , бұдан  $\beta = \pi - i - \gamma$ .

$$\text{Онда } \beta = \pi - \frac{\pi}{2} - \gamma = \frac{\pi}{2} - \gamma = \frac{\pi}{2} - \alpha.$$

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$$

Сыну заңына сәйкес:  $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$ , ал бұдан ауаның сыну көрсеткіші  $n_1=1$  болғандықтан  $\sin \alpha = \sin \beta \cdot n_2$ .

Шағылу бұрышын қоятын болсақ

$$\sin \alpha = \sin \left( \frac{\pi}{2} - \alpha \right) \cdot n_2 = \cos \alpha \cdot n_2.$$

$$\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = n_2 \text{ немесе } \operatorname{tg} \alpha = n_2.$$

Сонымен, жарықтың түсу бұрышы  $\alpha = \operatorname{arctg} n_2 = \operatorname{arctg} 1,5 \approx 56,3^\circ \approx 0,98 \text{ рад}$

**Жауабы:**  $\alpha \approx 56,3^\circ \approx 0,98 \text{ рад}$ .

**4** Толқын ұзындығы 500 нм жарықтың нольдік максимумымен төртінші ретті спектрінің арасы 50 мм болу үшін, экранды периоды 0,02 мм дифракциялық тордан қандай қашықтықта орналастыру керек.

**Шешуі:** Дифракциялық максимумдардың байқалу шарты:

$$d \sin \varphi = k \lambda.$$

Суретке (сурет 2) назар аударатын болсақ, СВ – дифракциялық сурет пайда болатын экран бөлігі. В нүктесінде ауытқымаған кескін – нөлдік максимум байқалады, ал С нүктесінде – төртінші ретті спектрдің кескіні.

ABC үшбұрышынан, тордан экранға дейінгі арақашықтық

$$\sin \varphi = \frac{BC}{AC} = \frac{l}{AC}.$$

Пифагор теоремасы бойынша:

$$AC^2 = AB^2 + BC^2.$$

Онда,  $AC = \sqrt{x^2 + l^2}$ . Бұл өрнекті пайдаланатын болсақ:

$$\sin \varphi = \frac{l}{\sqrt{x^2 + l^2}}, \quad \frac{dl}{\sqrt{x^2 + l^2}} = k \lambda.$$

Сонымен, дифракциялық тордан экранға дейінгі қашықтық:

$$x = \sqrt{\frac{l^2 (d^2 - k^2 \lambda^2)}{k^2 \lambda^2}} = \frac{l}{k \lambda} \sqrt{d^2 - k^2 \lambda^2} = \frac{5 \cdot 10^{-2}}{4 \cdot 5 \cdot 10^{-7}} \sqrt{(2 \cdot 10^{-5})^2 - (4 \cdot 5 \cdot 10^{-7})^2} = 0,5 \text{ м}.$$

**Жауабы:**  $x = 0,5 \text{ м}$

5 Қозғалыс жылдамдығы 0,97 с болатын электронның массасы тыныштықтағы массасынан қанша артық екенін анықтаңыз.

**Шешуі:** Электронның массасының жылдамдығынан тәуелділігін жазалық:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Бұл өрнектен электронның қозғалыстағы массасының тыныштықтағы массасынан қаншаға артық екендігін табамыз:

$$\frac{m}{m_0} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{1}{\sqrt{1 - 0,97^2}} = 4,11$$

**Жауабы:** 4,11.

6 Бақылаушыға қатысты дене өлшемі 3 есе кему үшін, оның жылдамдығы қандай болу керек. Бұған дейін дене аталған бақылаушыға қатысты тыныштықта болған.

**Шешуі:** Бақылаушыға қатысты дене өлшемі келесі түрде өзгереді:

$$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

мұндағы  $l_0$ -тыныштықтағы дененің ұзындығы.

Теңдіктің екі жағын квадраттап, дененің қозғалыс жылдамдығын табамыз.

$$l^2 = l_0^2 \left( \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \right)^2 = l_0^2 \left( 1 - \frac{v^2}{c^2} \right)$$

Бұдан, қозғалыстағы дененің жылдамдығы келесі теңдікпен анықталады:

$$v = c \cdot \sqrt{1 - \left( \frac{l}{l_0} \right)^2} = 3 \cdot 10^8 \cdot \sqrt{1 - \left( \frac{1}{3} \right)^2} \approx 2,8 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

**Жауабы:**  $2,8 \cdot 10^8$  м/с

7 Электрон 0,8 с жылдамдықпен қозғалатын болса, оның кинетикалық энергиясын табыңыз.

**Шешуі:** Электронның толық энергиясы келесі түрде анықталады:

$$E = E_0 + E_k$$

мұндағы  $E_0$ - электронның тыныштықтағы энергиясы, оны Эйнштейн формуласынан табамыз:

$$E = E_0 = m E_0 c^2 = 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 8,19 \cdot 10^{-14} \text{ Дж.}$$

Электронның толық энергиясын мынадай өрнекпен анықтаймыз:

$$E = mc^2.$$

Қозғалыстағы электронның массасы келесі түрде табылады:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Бұл өрнекті ескеретін болсақ, электронның толық энергиясы:

$$E = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot (3 \cdot 10^8)^2}{\sqrt{1 - 0,8^2}} \approx 13,68 \cdot 10^{-14} \text{ Дж} \approx 13,7 \cdot 10^{-14} \text{ Дж}$$

Сонымен, электронның кинетикалық энергиясы толық энергиямен тыныштық энергиясының айырымымен анықталады:

$$E_k = E - E_0 = 13,7 \cdot 10^{-14} - 8,19 \cdot 10^{-14} = 5,49 \cdot 10^{-14} \text{ Дж.}$$

**Жауабы:**  $5,49 \cdot 10^{-14}$  Дж

8 Екі зымыран бір-біріне қарама-қарсы тыныштықта тұрған бақылаушыға қатысты 0,75с жылдамдықпен қозғалады. Зымырандардың жақындау жылдамдығын анықтаңыздар.

**Шешуі:** Бірінші зымыранға қозғалмайтын  $K$  координаттар жүйесін байлаймыз. Шұған қатысты

зымыран  $\vec{v}_1$  жылдамдықпен қозғалады. Екінші зымыранмен,  $K$  жүйесіне қатысты  $X$  осінің бойымен  $OX$  осіне қарама-қарсы, яғни  $\vec{v}_2$  жылдамдыққа қарсы қозғалатын  $K'$  жүйесін байлаймыз (сурет 5.1).

Онда, жылдамдықтарды қосудың релятивистік заңын пайдаланып, қозғалмайтын координат жүйесіндегі жылдамдық үшін келесі теңдікті жазуға болады

$$v_1 = \frac{u - v_2}{1 - \frac{u \cdot v_2}{c^2}}$$

мұндағы  $u$  - зымыранның салыстырмалы жылдамдығы. ( $\vec{v}_2$  жылдамдықтың  $X$  осіне проекциясы теріс болғандықтан, формулада  $v_2$  жылдамдық алдында теріс таңба).

Соңғы өрнектен салыстырмалы жылдамдықты табамыз:

$$v_1 \cdot \left(1 - \frac{u \cdot v_2}{c^2}\right) = u - v_2$$

Бірнеше арифметикалық есептеулерден кейін жылдамдық мына теңдікті аламыз:

$$u = \frac{v_1 + v_2}{1 + \frac{v_1 \cdot v_2}{c^2}} = \frac{0,75c + 0,75c}{1 + \frac{0,75c \cdot 0,75c}{c^2}} = \frac{24}{25}c = 0,96 \cdot 3 \cdot 10^8 = 2,88 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

**Жауабы:**  $2,88 \cdot 10^8$  м/с.

## Бөлім 5. Атом және атом ядросы физикасы

### Сабақ № 60

#### Тақырыбы: 5.1.1 Атом құрлысы. Резерфорд тәжірибесі.

##### Сабақ жоспары

1. Атом құрлысы
2. Резерфорд тәжірибесі.

Барлық заттар бөлінбейтін аса ұсақ бөлшектерден – атомдардан тұрады деген ұғым ерте қалыптасқан болатын. Егер атом шындығында заттың бөлінбейтін алғашқы кірпіштері болса табиғаттағы кездесетін сан алуан заттарға сан алуан атомдар сәйкес қойылуы тиіс. Бұлай болуы бір жағынан күмән туғызады.

Физика ғылымының дамуы барысында XIX ғасырдың аяғына қарата атомның қасиеттеріне байланысты жаңа тәжірибелік деректер жинала бастады. Мысалы М.Фарадей 1833 жылы электролиз құбылысын зерттеу барысында электролит ертінділеріндегі ток иондардың реттелген қозғалысы екенін анықтады. Ал 1897 жылы Дж.Томсон сиретілген газдардағы электр разрядын зерттеу барысында қыздырылған немесе ультракүлгін жарықпен сәулелендірілген кез-келген химиялық элементтің атомы өзінен теріс зарядталған бөлшектерді шығатынын анықтады. Осылай алғашқы элементар бөлшек – электрон ашылды. Атом құрлысының күрделілігіне нұсқайтын тағы бір бұлтартпас факт 1869 жылы орыс ғалымы Д.И.Менделеев ашқан химиядық элементтердің периодтылық заңы. Атомдық масса өскен кезде элементтердің қасиеттерінің қайталануын атомның құрамына кіретін бөлшектердің саны өскен кезде оның ішкі құрылымының қандай да бір ерекшелігінің қайталануымен түсіндіруге болатындай.

Атомды күрделі жүйе деп ұйғарып, оның алғашқы моделін ұсынған ғалым – Дж.Томсон. Томсон моделі бойынша атом дегеніміз радиусы шамамен  $10^{-10}$  м болатын шар. Бұл шардың бүкіл көлемі оң зарядталған, ал теріс зарядталған электрондар оның ішінде су тамшысының ішінде жүзіп жүрген түйіршіктер тәрізді қозғалып жүреді. Томсон моделі атомның бірқатар қарапайым қасиеттерін сәтті түсіндіргенімен көп жағдайда қиыншылыққа тірелетін.

Осы тұрғыдан атом құпиясына тереңірек үңіліп, оның жаңа бір моделін ұсынған ғалым ағылшын оқымыстысы Э.Резерфорд болатын. Ол өз тәжірибелерінде аса шапшаң  $\alpha$ -бөлшектер жұқа алтын фольгадан шашыраған кездегі бұрыштық таралуын зерттей келе **атомның планетарлық моделі** деп аталатын моделін ұсынды. Резерфордтың бұл моделі бойынша атомдағы оң зарядтар Томсон

моделіндегідей бүкіл көлемде таралмай, керісінше, оның орталығында жинақталады. Оны атом ядросы деп атайды. Ал электрондар болса Күн жүйесіндегі планеталар тәрізді ядроны айнала қозғалып жүреді. Электрондардың массасы аса аз болғандықтан атомның бүкілдей дерлік массасы ядрода шоғырланған. Ядроның өлшемі атомның өлшемімен салыстырғанда шамамен  $10^5$  еседей кіші.

### Бақылау сұрақтар

1. атом құрлысын алғаш ким ашты?
2. Атомның планетарлық моделі деген не?
3. Электрон массасы нешеге тең?

## Сабақ № 61

### Тақырыбы: 5.1.2 Н.Бор постулаттары. Атомдағы энергия негіздері.

#### Сабақ жоспары

1. Н.Бор постулаттары
2. Атомдағы энергия негіздері

Атомның ядролық моделі  $\alpha$ -бөлшектердің жұқа алтын фольгадан шашырауын дұрыс түсіндіргенімен екінші жағынан басқа қиындыққа жолықты. Оның мәнісі мынада болатын. Классикалық электродинамика заңдары тұрғысынан атомның планетарлық моделі тәріздес жүйелер орнықты болмауы тиіс еді. Себебі, электрон ядроны айнала үдей қозғалатын болғандықтан өзінен электромагниттік сәуле шығаруы тиіс. Ал бұлай сәуле шашу оның энергиясын кемітеді де соның салдарынан электронның айналу радиусы бірте-бірте кеміп, түбінде ол ядроға құлап түсуі тиіс болатын. Бірақ тәжірибе бұған мүлдем кері нәтиже береді. Атом орнықты жүйе және ол қозбаған күйде болса өзінен ешқандай да сәуле шығармайды.

Теория мен тәжірибенің арасындағы осындай қарама-қайшылықты шешу жолында ғалымдарға біраз тер төгуге тура келді. Бұл бағыттағы зерттеулер барысында алғашқы елерліктей табысқа дат ғалымы Нильс Бор жетті. Ол классикалық физиканың атомдық жүйеге қатысты барлық көзқарастарын қайта қарай келіп, оның атомдарға қатысты жаңа тәжірибелік деректерді түсіндіруде дәрменсіз екеніне көзі жетті. Бұл жерде классикалық физика ұғымдарының ауқымынан тысқары шығу қажет болатын. Нильс Бор 1913 жылы солай жасады да, ол атомның жарықты шығаруы мен жұтуы жөніндегі өзінің түсінігін мынадай екі постулат түрінде тұжырымдады :

1. Атомдар, тек **стационарлық күйлер** деп аталатын қандай да бір күйлерде ғана бола алады. Бұл күйдегі электрондар ядроны айнала үдей қозғалғанымен өзінен сәуле шығармайды.
2. Сәуле шығару немесе жұту тек бір стационарлық күйден екінші стационарлық күйге өткен кезде ғана болады. Ал шығарылған немесе жұтылған сәуленің жиілігі мына шарттан анықталады

$$h\nu = E_n - E_m$$

Мұндағы  $E_n$  және  $E_m$  осы стационар күйлердің энергиясы, ал  $h$  – Планк тұрақтысы.

Атомдардың энергетикалық күйлерін энергия деңгейлері арқылы белгілеп, сәуле шығару және жұту үрдістерін көрнекті түрде көрсету ыңғайлы.

### Бақылау сұрақтар

1. Бордың I постулаты қандай?
2. Бордың II постулаты қандай?
3. Бордың III постулаты қандай?

## Сабақ № 62

### Тақырыбы: 5.1.3 Радиоактивтілік. Радиоактивтік ыдырау заңы.

#### Сабақ жоспары

1. Радиоактивтілік
2. Радиоактивтік ыдырау заңы.

Радиоактивті ыдырау заңы деп радиоактивті ядролардың санының уақыт бойынша өзгеру заңдылығын айтады. Бұл заңды оңай анықтауға болады. Шындығында, егер қандай да бір уақыт мезетінде радиоактивті ядролардың саны  $N$  болса онда  $dt$  уақыт аралығында ыдырайтын ядролардың саны  $dN$  мынаған тең болады

$$dN = -\lambda N \cdot dt$$

мұндағы минус таңбасы  $dN$  – ді ыдырамаған ядролардың өсімшесі ретінде қарастырумен байланысты. Ал  $\lambda$ , радиоактивті ядроның бірлік уақыт аралығында ыдырау ықтималдылығы. Оны әдетте **ыдырау тұрақтысы** деп атайды. Бұл өрнекті интегралдай отырып

$$\ln N = -\lambda t + \text{const}$$

аламыз. Бастапқы  $t=0$  уақыт мезетіндегі ыдырамаған радиоактивті ядролардың санын  $N_0$  деп белгілей отырып,  $\text{const} = \ln N_0$  екенін аламыз. Онда

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

Міне, осы өрнек радиоактивті ыдырау заңы болып табылады (7.10 - сурет).

Бастапқы радиоактивті ядролардың жартысы ыдырайтын уақытты жартылайыдырау периоды деп атап,  $T_{1/2}$  әріпімен белгілейді. Онда бұл анықтамадан ал бұдан

Бүгінгі күнге дейінгі белгілі радиоактивті ядролардың жартылайыдырау периоды  $3 \cdot 10^{-7}$  с-тан  $5 \cdot 10^{15}$  жылға дейінгі аралықтағы мәнге ие.

Радиоактивті заттың активтілігі деп бірлік уақыт аралығында болатын ыдыраудың санын айтады, яғни

Бұл жерден активтіліктің радиоактивті ядролардың санына пропорционал, ал жартылайыдыраудың периодына кері пропорционал екені көрініп тұр.

Активтіліктің халықаралық бірліктер жүйесіндегі бірлігі беккерель (Бк). Беккерель деп 1 с ішінде бір ыдырау жасайтын радиоактивті заттың активтілігі алынған. Нақтылы өмірде активтіліктің кюри (Ки) деп аталатын бірлігі жиі қолданылады. Кюри ретінде 1 с аралығында  $3,7 \cdot 10^{10}$  ыдырау жасайтын радиоактивті заттың активтілігі алынған.

### **Бақылау сұрақтары**

1. Радиоактивтілік деген не?
2. Радиоактивтік ыдырау заңы теңдеуі қандай?
3. Радиоактивті элементтерді ата?

## **Сабақ № 63**

### **Тақырыбы: 5.2.1 Атом ядросының құрамы. Ядролық күштер.**

#### **Сабақ жоспары**

1. Атом ядросының құрамы
2. Уран ядросының бөлінуі. Ядролық реакцияда энергияның бөлінуі

Кез-келген химиялық элементтің атомының ядросы оң зарядталған протоннан және заряды жоқ нейтроннан тұрады. Протонның заряды абсолют шамасы жағынан электронның зарядына тең. Протон мен нейтрон нуклон деп аталатын ядролық бөлшектің әртүрлі зарядтық күйі болып табылады. Ядроғағы протондардың саны  $Z$ , Менделеевтің периодтық жүйесіндегі химиялық элементтің атомдық нөмірімен сәйкес. Ядроғағы нейтрондардың саны  $N$  деп белгіленеді.  ${}^1_1\text{H}$  және  ${}^3_2\text{He}$  ядроларынан басқа барлық ядролар үшін  $N \geq Z$ . Менделеевтың периодтық таблицасының бірінші жартысында тұрған жеңіл элементтер үшін  $N \approx Z$ , ал екінші жартысындағы элементтерде нейтронның саны артықтау  $N \approx 1,6 \cdot Z$ .

Ядроның **массалық саны** деп  $A = N + Z$  болатын нуклондардың жалпы санын айтады. Ядроны әдетте мынадай символмен белгілейді. Зарядтарының саны бірдей, ал массалық саны әртүрлі ядроларды **изотоптар** деп атайды. Изотоптардағы протонның саны бірдей болады да, нейтронның саны әртүрлі болады. Мысалы сутегінің изотоптары:  ${}^1_1\text{H}$ ,  ${}^2_1\text{H}$  (немесе -дейтерий), (немесе -тритий); гелийдің изотоптары:  ${}^3_2\text{He}$ ,  ${}^4_2\text{He}$ ; уранның изотоптары:  ${}^{235}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{238}_{92}\text{U}$ . Бүгінгі күні барлық химиялық

элементтердің үшжүзге жақын орнықты, ал екі мыңға жақын орнықсыз (радиоактивті) изотоптары белгілі.

Электронның массасы протонның массасынан 1836 есе кіші болғандықтан ядроның массасы атомның массасымен бірдей десе де болады. Элементар бөлшектердің массасын әдетте **массаның атомдық бірлігі** (м.а.б) деп аталатын жүйеден тыс бірлікпен өлшейді. 1 м.а.б. ретінде сутегінің изотопының массасының 1/12 бөлігі алынған.

Ядро сонымен қатар өзіндік қозғалыс мөлшері моментімен - спинімен сипатталады. Ядроның спині нуклондардың спиндері арқылы анықталады. Әрбір нуклонның спині  $\hbar/2$ -ге тең. Жұп нуклоннан тұратын ядроның спині ( $\hbar$  бірлігінде) бүтін санға немесе нөлге тең. Ал тақ нуклоннан тұратын ядроның спині ( $\hbar$  бірлігінде) жартылай бүтін санға тең.

Атом ядросы алып тұрған көлемнің айқын шекарасы жоқ. Бұл нуклондардың толқындық қасиетімен байланысты. Сондықтан ядроның өлшемдерін шартты түрде анықтайды. Ядроның көлемі нуклонның сандарына пропорционал. Сондықтан ядроны радиусы  $R$ -ға тең сфера деп есептеп, оның радиусын әдетте мынадай эмпириялық өрнекпен анықтайды

$$R=R_0A^{1/3} \text{ мұндағы } R_0=(1,3 - 1,7)\cdot 10^{-15} \text{ м}$$

Ядроның өлшемдері өте аз болғандықтан ондағы протондардың кулондық тебілу күші өте үлкен болады. Мысалы құрамында 82 протоны бар қоғасынның ядросындағы протондардың тебілу күші бірнеше мың ньтонға жетеді. Бірақ ядро бұл тебілу күшінің салдарынан бөлшектеніп кетпейді. Бұл протондар мен нейтрондардың арасында кулондық күштен де күшті тартылу күшінің бар екенін көрсетеді. Бұл күштерді **ядролық күштер** деп, ал бұл күштердің арқасында әсерлесуді **пәрменді әсерлесу** деп атайды. Протон мен нейтронның пәрменді әсерлесу тұрғысынан алғанда ешқандай айырмашылығы жоқ сондықтан оларды ядролық физикада нуклон деген бір бөлшек ретінде қарастырады.

Ядролық күштер өте аз аралықта әсер ететін күштер болып табылады. Ол  $10^{-15}$  м-ге дейінгі аралықта әсер етеді де одан тысқары жерде өте тез кеміп кетеді.

Масс-спектрограф деп аталатын құралдардың көмегімен ядроның массасын өлшеу кез-келген  $Z$  протоннан және  $N$  нейтроннан тұратын ядроның массасы бос жүрген  $Z$  протон мен  $N$  нейтронның массаларының қосындысынан аз екенін көрсетті. Ал масса мен энергия арасындағы байланысты ескерсек бос протондар мен нейтрондардың энергияларының қосындысы олардан құралған ядроның энергиясынан артық екені шығады. Олай болса, ядроны оны құрайтын бөлшектерге ажырату үшін осы энергиялардың айырымына тең энергия жұмсау керек. Мұндай энергияны ДЕбай **ядроның байланыс энергиясы** деп атайды.

$$\Delta E_{\text{бай}} = Zm_p c^2 + Nm_n c^2 - m_{\text{я}} c^2 = \Delta mc^2$$

мұндағы  $\Delta m = Zm_p + Nm_n - m_{\text{я}}$  **массалар ақауы** деп аталады. Ядроғағы бір нуклонға келетін орташа байланыс энергиясын  $\Delta \epsilon_{\text{бай}}$  деп белгілеп, **ядроның меншікті байланыс энергиясы** деп атайды.

Резерфорд тәжірибелерінен атомның өлшемдері өте кіші ядродан және оны қоршаған электрондық бұлттан тұратыны анықталды. Енді физиктердің алдында жаңа физикалық нысанды, атом ядросының құрылымы мен қасиетін зертеу мәселесі тұды. Атом ядросының негізгі сипаттамасының бірі оның заряды. Ядроның зарядын өлшеу оның мәні элементар зарядты сәйкес химиялық элементтің реттік номеріне көбейткенге тең екенін, яғни  $q = Ze$  екенін көрсетті.

### **Уран ядросының бөлінуі. Ядролық реакцияда энергияның бөлінуі**

Бөлшектердің атом ядросымен әсерлесуінің нәтижесінде оны басқа ядро мен бөлшекке өзгертуі **ядролық реакция** деп аталады. Ядролық реакцияны символдық түрде былайша жазады  $A+a \rightarrow B+b$  немесе  $A(a,b)B$ . Ядролық реакция кейбір жағдайда бірімәнді болып өтпейді, яғни  $A+a \rightarrow B+b$  схемасымен қатар  $A+a \rightarrow C+c$  схемасы да жүзеге асуы мүмкін. Реакцияның мүмкін болатын жолдары оның **каналдары** деп аталады.

Ядролық реакция кезінде толық заряд және нуклондар саны сақталады. Сонымен қатар бұл кезде энергияның, импульстің және импульс моментінің сақталу заңы орындалады.

Ядролық реакциялар энергия бөліне немесе жұтыла отырып өтуі мүмкін. Бұл жағдайлардың қайсысының жүзеге асатынын реакцияға түсетін және реакциядан шығатын бөлшектердің массаларының айырымын біле отырып өө өрнегінен есептеп табуға болады.

Өртүрлі ядролық реакциялардың ішінде кейбір ауыр ядролардың бөліну реакциясының маңызы ерекше. Ауыр ядролар ондағы нейтронның ара салмағы үлкен болғандықтан орнықсыз болып



келеді. Бұл ауыр ядролардың меншікті байланыс энергиясының орташа ядролармен салыстырғанда аз болатынан көрініп тұр. Сондықтан мұндай ядроларға тағы бір нейтрон келіп қосылса ол бөлшектеніп кетеді. Осының бір мысалы, уран ядросының нейтрондармен атқылаған кезде бөліну реакциясы алғаш рет 1939 жылы ашылған болатын. Бастапқы ядрода нейтрондар артық болғандықтан реакция кезінде бөлшектенген ядролармен қатар бірнеше нейтрон да ұшып шығады. Мысалы уран бөлшектенген кезде бір бөлшектену актісінде 2-3 нейтрон бөлінеді. Егер дұрыс жағдай болса бұл нейтрондар уранның басқа ядроларына барып түсіп, оларды бөлшекттейді. Сөйтіп бұл үрдіс тасқынды түрде күрт өседі. Бұлай жалғасқан реакцияны **тізбекті реакция** деп атайды.

Тізбекті реакцияны нақтылы жүзеге асыру оңай шаруа емес. Уранның бөлшектенуі кезінде бөлінетін нейтрондар тек уранның 235 изотопын ғана бөлшектей алады. Оның энергиясы 238 изотопты бөлшектеуге жеткіліксіз. Ал табиғи уранда 238 уранның үлесі 99,3% те 235 уранның үлесі бар болғаны 0,7%. Сондықтан біріншіден тізбекті реакцияны жүзеге асыру үшін 235 уранды таза түрде бөліп алу қажет. Екіншіден оның мөлшері жеткілікті болуы тиіс, себебі оның мөлшері аз болса реакция кезінде туындылайтын нейтрондар уран ядроларына жолықпай тысқары шығып кетеді. Тізбекті реакция басталатын ең аз массасын критикалық масса деп атайды. Мысалы 235 уран үшін оның мәні бірнеше ондаған килограмм. Тізбекті реакция кезінде орасан көп энергия бөлінеді. Уранның температурасы миллиондаған градусқа көтеріліп, пайда болған от шар маңындағының бәрін күйдіріп, қиратады.

Уранның бір ядросы бөлшектенген кезінде 200 МэВ-қа жуық энергия бөлінеді. Оның 165 МэВ-қа жуығы реакциядан шығатын бөлшектердің кинетикалық энергиясы түрінде болады да қалғаны таза гамма-кванттардың энергиясы болады. Осы энергияны біле отырып 1 кг уран бөлшектенгенде бөлінетін энергияны есептеп табуға болады, ол 80 миллиард джоулға тең. Ол 1 кг көмір немесе мұнай жаққан кезде бөлінетін энергиядан бірнеше миллион есе артық. Сондықтан ядролық энергияны пайдалану өте тиімді.

### **Бақылау сұрақтары**

1. Ядро құрамы неден тұрады?
2. Шартты түрде ядро қалай белгіленеді?
3. Заряд саны қалай анықталады?

### **Сабақ № 64**

#### **Тақырыбы: 5.2.2 Элементтердің ауысуы. Ядролық реактор.**

#### **Сабақ жоспары**

1. Ядролық реактор
2. Активті аймақ

Ядролық жарылыстың энергиясын бейбіт мақсатта қолдану мүмкін емес. Сондықтан ядролық реакция кезінде бөлінетін энергияны пайдалана алу үшін тізбекті реакцияны еркімізше басқара алатындай болуымыз қажет. Мұндай басқарылатын тізбекті реакцияны **ядролық реакторлар** немесе **атомдық қазандықтар** деп аталатын қондырғыда жүзеге асырады. Реактордың негізгі элементтері: ядролық отын, нейтрондарды шағылдырғыш және баяулатқыш, реакторда бөлінетін жылуды тасымалдағыш, тізбекті реакцияның жылдамдығын реттегіш. Реакторлар шабан және шапшаң нейтрондармен жұмыс істейтін реакторлар болып бөлінеді. Алғашқы жасалған реактор шабан нейтрондарды қолданатын реактор. Уран ядросы бөлшектенгенде бөлінетін нейтрондардың энергиясы шамамен 1-2 МэВ. Сәйкес олардың жылдамдықтары  $10^7$  м/с, сондықтан оларды **шапшаң нейтрондар** деп атайды. Мұндай энергиядағы нейтрондар  $^{235}\text{U}$  және  $^{238}\text{U}$  ядроларымен бірдей қарқындылықпен әсерлеседі. Ал табиғи уранда  $^{235}\text{U}$  уранның ара салмағы аз болғандықтан нейтрондар негізінен  $^{238}\text{U}$  уранмен әсерлеседі де тізбекті реакция жүзеге аспайды. Ал жылулық қозғалыстың жылдамдығындай (шамамен  $2 \cdot 10^3$  м/с) жылдамдықпен қозғалатын нейтрондар **шабан** немесе **жылулық** нейтрондар деп аталады. Жылулық нейтрондарды  $^{235}\text{U}$  ядросы шапшаң нейтрондарға қарағанда 500 есе қарқындырақ жұтады. Сондықтан табиғи уранды шабан нейтрондармен сәулелендіргенде оның көп бөлігі  $^{238}\text{U}$  ядросымен емес  $^{235}\text{U}$  ядросына жұтылады. Сондықтан тізбекті реакцияны жүзеге асыру үшін нейтрондарды баяулату қажет. Реактордағы нейтрондардың жылдамдығын төмендету үшін **баяулатқыштар** деп аталатын заттар

қолданылады. Нейтрондарды қарқынды баяулату үшін баяулатқыштың атомының массасы нейтрон массасымен шамалас болуы керек. Әдетте баяулатқыш ретінде кәдімгі немесе ауыр суды және графитті пайдаланады. Тізбекті реакция өтіп жатқан кеңістікті **активті аймақ** деп атайды. Активті аймақтан нейтрондардың шығып кетпеуін қамтамасыз ету үшін оны нейтрон шағылдырғыштармен қаптайды. Бериллий жақсы нейтрон шағылдырғыш болып табылады. Реакторды басқару арнайы жасалған **басқару біліктері** арқылы жүзеге асады. Басқару біліктері жылулық нейтрондарды қарқынды жұтатын бор мен кадмийдің қоспаларынан жасалады. Егер ядролық отын ретінде уранның  $^{235}\text{U}$  изотопымен едәуір байытылған отын пайдаланылатын болса, реактор шапшаң нейтрондармен де жұмыс істей алады. Бұл шапшаң нейтрондардың  $^{238}\text{U}$  ядросымен әсерлесуінің нәтижесінде мынадай реакция тізбегі жүзеге асады. Яғни уранның  $^{238}\text{U}$  изотопы шапшаң нейтрондарды жұтудың нәтижесінде плутонийдің  $^{239}\text{Pu}$  изотопына айналады. Ал бұл изотоп нейтрондармен әсерлесу тұрғысынан уранның  $^{235}\text{U}$  изотопына өте ұқсас. Сонымен шапшаң нейтрондарға арналған реактор тек  $^{235}\text{U}$  изотопымен тізбекті реакцияны жүргізіп қана қоймайды, сонымен қатар аса арзан және табиғатта кең тараған  $^{238}\text{U}$  изотопынан жаңа ядролық отын  $^{239}\text{Pu}$  алуға мүмкіндік береді. Энергия тек ауыр ядролар бөлінген кезде ғана емес, сонымен қатар аса жеңіл ядролар біріккен кезде де бөлінеді. Бұлай болуының принципияльды мүмкіндігі меншікті байланыс энергиясының жеңіл ядролар үшін артып, ауыр ядролар үшін кемуімен байланысады.

#### Бақылау сұрақтары

1. Ядролық реактор деген не?
2. Жылулық нейтрондар деген не?

#### Сабақ № 65

##### Тақырыбы: 5.2.3 Термоядролық энергия.

**Термоядролық реакция**, термоядролық синтез - миллиондаған градус температурада жүзеге асатын ядролық бірігу реакциясы деп аталады.

Жеңіл элементтерді (сутек, гелий, литий, т. б.) жүздеген миллион градусқа дейін қыздырғанда, олардың бейтарап атомдары тұтастығын жойып, ядролар мен электрондарға ыдырайды.

Нәтижесінде оң зарядты ядролардан, теріс зарядты электрондардан тұратын ерекше орта — *жоғарғы температуралық плазма* пайда болады. Мұндай плазмада ядролар кулондық тебіліс бөгетін (барьерін) жеңе алатын кинетикалық энергияға ие болады:

$$E_k = \frac{3}{2}kT = \frac{1}{2}mv^2$$

мұндағы  $k$ —Больцман тұрақтысы;  $T$ —плазманың температурасы;  $m$  және  $v$  — бөлшектің массасы мен жылдамдығы.

Температурасы жүздеген миллион градус болатын ыстық плазмадағы ядролар аса үлкен жылдамдықпен бір-біріне жақындап, ядролық күштердің әрекет аймағына енеді. Сол сәтте-ақ тегеурінді ядролық күш оларды біріктіріп, жаңа ядроны түзеді. Бұл кезде пайда болған  $m$  масса ақауы есебінен аса мол энергия босап шығады.

Жер бетінде алғаш рет термоядролық реакциялар 1950 жылдардың басында Қазақстанда (Семей полигоны) сутек бомбасын жару арқылы жүзеге асырылды. Қажетті жоғары температура атом бомбасын алдын ала жару үстінде алынды. Термоядролық бомбаның ішіне жоғары температура алу үшін атом бомбасының заряды және жеткілікті мөлшерде сутек изотоптары (мысалы, дейтерий) орналастырылады. Термоядролық жарылыста әуелі атом бомбасының заряды іске қосылады да, температура миллиондаған градусқа көтеріліп, сутек изотоптарының ядролары жаппай біріге бастайды. Осылайша эп-сәтте атом бомбасының жарылысы сутек бомбасының

жарылысына ұласады.

Қолдан басқарылатын термоядролық реакцияларды іске асыру зор қиындықтарға кезікті. Оларды жүзеге асыру үшін, негізінен, үш мәселені шешу керек.

*Біріншіден*, сутек газын қыздыру арқылы ыстық плазманың температурасын ондаған миллион градусқа көтеру қажет.

*Екіншіден*, термоядролық реакцияны тұтандыру үшін ыстық плазманы суытпай, белгілі бір көлемде кем дегенде  $10^{-1}$ - $10^{-2}$  с ұстап тұру қажет.

*Үшіншіден*, термоядролық реакция қарқынды жүріп, энергия шығыны қажетінше мол болуы үшін ыстық плазмадағы дейтерий ядроларының тығыздығы белгілі бір шамадан кем болмауы тиіс, яғни  $1 \text{ м}^3$  көлемде  $10^{22}$  бөлшек болуы керек.

Осы үш шарт қатарынан орындалса ғана басқарылатын термоядролық реакцияны іске асыруға болады. Алайда плазма заттың ең орнықсыз күйі болып табылады, сондықтан бұл шарттарды бір мезгілде орындау мәселесі әлі күнге шешуін таппай отыр

#### **Атом энергиясын боатудың (өндірудің) екі жолы бар:**

- 1) Ауыр элементтердің ядроларын бөлу арқылы
- 2) Жеңіл элементтердің ядроларын біріктіру (синтездеу) арқылы

Синтездеу реакциясы дегеніміз жеңіл ядроларды қосып, жаңа ядро пайда болғанда көп мөлшерде энергия бөлінетін процесс.

Жеңіл элементтерді жүздеген миллион градусқа дейін қыздырғанда, олардың бейтарап атомдары тұтастығын жойып, **ядролар мен электрондарға** ыдырайды. Нәтижесінде оң зарядты ядролардан, теріс зарядты электрондардан тұратын ерекше орта – **жоғары температуралық плазма пайда болады**. Мұндай плазмада ядролар кулондық тебіліс бөгетін жеңе алатын кинетикалық энергияға ие болады:

$$A_e = \frac{3}{2} kT = \frac{m g^2}{2}$$

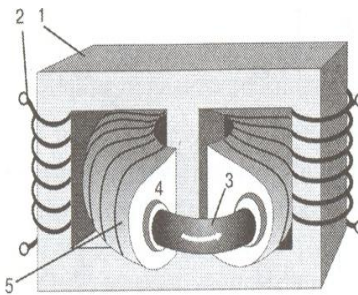
Миллиондаған градус температурада жүзеге асатын ядролық бірігу (синтездеу) реакциясы **термоядролық реакция немесе термоядролық синтез** деп аталады.

Жер бетінде алғаш рет термоядролық реакция 1950 жылы Қазақстанның Семей полигонында атом бомбасын жару арқылы жасалды. Бомбаның ішінде алдына ала жоғары температура лау үшін атом бомбасының зарядтарын және көп мөлшерде сутегі изотоптары орналыстырылды. Заряд іске қосылғанда температура жоғарлап, сутегі изотоптарының атомдары бірігіп, бөлшектер өте үлкен энергияға ие болып, соқтығысудың нәтижесінде бомба жарылады. Ол басқарылмайтын жолмен іске асырылды.

Басқарылатын жолмен термоядролық реакцияны іске асыру үшін үш мәселе шешу керек:

1. сутегі газын қыздыру арқылы ыстық плазманың температурасын ондаған миллион градусқа көтеру қажет.
2. термоядролық реакцияны тұтандыру үшін ыстық плазманы суытпай белгілі бір көлемде кем дегенде  $10^{-1}$  -  $10^{-2}$  с ұстап тұру қажет.
3. термоядролық реакция қарқынды жүріп, энергия шығыны қажетінше мол болуы үшін ыстық плазмадағы дейтерий ядроларының тығыздығы белгілі бір шамадан кем болмауы тиіс, яғни  $1 \text{ м}^3$  көлемде  $10^{22}$  бөлшек болуы керек.

**Термоядролық плазманы ұстап тұрудың бір тәсілін 1950 жылы А.Д. Сахаров пен И.Е. Тамм ұсынды.** Бұл тәсіл бойынша ыстық плазманы салқын қабырғаларға тигізбей магнит өрісінде ұстап тұруға болады. Бұл қондырғы **Токамак** деп аталды.



- 1-трансформатор
- 2-айнымалы магнит өрісі тудыратын орама
- 3-плазма
- 4-тороидальды вакуумдік камера
- 5-кума магнит өрісін тудыратын орама

Күн мен жұлдыздардағы энергияның негізгі көзі сутегі ядроларына айналдыратын термоядролық реакциялар болып табылады. Жұлдыздарда термоядролық реакциялар үшін қажетті жағдайлардың бәрі бар. Ғаламдағы заттардың 99%-ін сутегі құрайды. Сондықтан жұлдыздар қойнауындағы мол сутегі ядролары жоғары қысым мен температураның салдарынан бір-бірімен бірігіп, гелий ядросына айналады. Күн әрбір секунд сайын өзіндегі термоядролық реакцияға 564млн.т. сутек жұмсап, 560 млн.т. гелий өндіреді. Сондағы туындайтын 4млн.т масса ақауы есебінен күн энергиясы өндіріледі. Ол мына формула бойынша орындалады.

$$\Delta E = \Delta m \cdot 931 \text{ МэВ}$$

### Бақылау сұрақтары

1. Термоядролық реакция деген не?
2. Жоғарғы температуралық плазма қалай пайда болады?

## Бөлім 6. Астрономия бойынша жалпы мағлұматтар

### № 66 Сабақ.

#### Тақырыбы: 6.1 Астрономия. Аспан денелерінің қозғалу заңы.

#### Сабақ жоспары

1. Кіріспе.
2. Аспан денелерінің жылжу заңдары.

*Астрономия* грекше *острон* - жұлдыз, ал *номос* - заң деген ұғымды білдіреді. Астрономия да, физика сияқты табиғат, туралы көне ғылымдардың бірі. Оның дамуына ертедегі адамдардың тұрмыс-тіршілігіне байланысты қажеттілігі себеп болды. Ол кез де уақытты, бағыт-бағдарды дәл көрсететін құралдар мен жабдықтар болмаған. Сондықтан да адамдар Күн мен Айға, аспандағы жұлдыздарға (1-сурет) карап жыл мерзімі мен уақытты айыратын болған. Ал мұндай жұмыс аспан денелерінің қозғалысын үнемі бақылап отыруды талап етті. Аспан денелерінің қозғалысын бақылау қажеттігінен туындаған ежелгі құрылыстардың қорымы Қазақстанда көптеп кездеседі (2- сурет). суреттегі 1; 2; 3; 4 сандары тас қорымдарын, ал 5; 6; 7 сан- дары көкжиектегі «Күн көзінің» орналасуын бейнелейді. Сөйтіп практикалық қажеттілік астрономия ғылымының тууына ең басты түрткі болды.

қазіргі астрономияның зерттеу ауқымы кеңейіп, көп сала- лы ғылымға айналды. *Астрономия гарыш кеңістігіндегі* жекелеген денелерде немесе денелер жүйесінде болып жатқан құбылыстарды *зерттейді*. Аспан денелеріне жұлдыздар (соның бірі - Күн), планеталар (соның бірі - Жер), планеталардың серіктері; мысалы, Жер серігі - Ай, сондай-ак кометалар, метеориттер жатады.

Жұлдыздар жүйелері (3 және 4-сурет) мен олардың шоғырларығаламдарды (галактикаларды) құрайды. шексіз олемнің біздер орна ласқан бөлігін *біздің галам* деп атайды. Онда 150

миллиардтай жұлдыздар бар. 8-су- ретте вiздiң ғаламның кұрылымы корсетiлген. Кун - бiзге ең жақын катардағы орташа жұлдыз. Вiр секундта 300 000 шақырым жылдамдықпен iқозғалатын ясарық Куннен Жер бетiне 8 минутта, ал бiздiң галамның бiр шетiкeн екiншi шетше жүз мың жыл жүрiп жетедi.

Жер кұбидi айналып жүрген тоғыз планеталардык бiрi. Оны айналып жүрген серiгi — Ап. Баска планеталар- дың да серiктерi бар;-Була лығы Кун жүйесiне енедi.

**Бiздiң** ғаламның сыртында тағы да жүз миллиондай галамдай) бар екенi белгiлi болды. кейбiр ғаламдағы жұлдыздар күйын үйiрген шаң-тозаңдай, оралма (спираль) бойымен орналаскан. Аспандағы «күс жолы» - бiздiң ғаламдағы жұлдыздар жиi орналаскан сон- дай оралмалардын бiр бұтағы. Ға- ламдардың барлығы да козғалыс үстiнде дамиды, өзгередi, өшедi, кай- тадан түзiледi. Қазiргi астрономия жұлдыздар- дың, планеталардың және баска аспан денелерiнiң козғалысын да, он- дағы өзгерiстер мен процесстердi де зерттейдi.

Астрономиялык кұбылыстар катарына өлем кеңiстiгiндегi денелер- дiң козғалысы, сондай-ак ол денелерде жүрiп жаткан сан алуан процесстер жа- тады. Ал ондай процесстер физикалык, химиялык, биологиялык, геология- лык, т.с.с. кұбылыстармен тығыз бай- ланыста болады. Ендеше астрономия ғылымы да көптеген баска ғылымдар- мен астаса отырып дамиды.

Физика мен астрономия ғылым- дарының бiр-бiрiмен кiрiгуi кұбы- лыстардын сырын тереңiрек үғуға жәрдемдеседi. Бул екi ғылымның озара байланысы аркасында бүкiл өлемдегi кұбылыстардың табиғи бiрлiгi белгiлi болды. мысалы, денелердiң Жер бетiне кұлауы, планеталардың күндi айнала козғалуы бiр ғана күш арқылы сипатталады. Оларды сипаттайтын заң да бiреу ғана. Ол - И. Ньютон ашкан *Бүкiлөлемдiк тартылыс заңы*. Кептеген физикалык жаңалыктардың ашылуы аспан денелерiн зерттеумен тiкелей байланысты. мысалы, гелий газы әуелi Куннен табылды. Ол физиканың зерттеу әдiсiн қолдану арқылы анықтанды. Ен алғаш бұл газ Кун кұрамынан табылғандықтан, оны гелий (грекше *гелиос*- Кун) деп атаған. кейiнiрек ол Жердегi ауа кұрамында да бар болып шықты. Астрономия кұбылыстарын физикалык әдiстермен зерттейтiн ғылым саласы - *астрофизика* деп аталады.

Ғарыш кеңiстiгi, ондағы денелер физиктер уттiн тамаша зерт- хана болып табылады. мысалы. Жер бетiнде ауасыз кеңiстiк алу немесе денелердiң температура сын миллиондаған градустарға көтеру аса кийн жұмыс. Ал ғарышта бұл жағдайлар- дың барлығы да бар. мысалы, Ай бетiнде ауа мүлдем жоқ. Сондықтан онда жердегiдей терсң вакуум алатын курделi кондырғысыз-ак тәжiрибелер жүргiзiп, ғылыми-зерттеу жұмыстарын жасауға болады. Ай — Жердiң табиғи серiгi. Ол Жерге ен жақын турған аспан денесi. Оған бiрiншi рет адамзат ұрпағының табаны 1969 жылы тидi. Америка азаматтары Н.Армстронг пен э.Олдриннiң ғарыш кемесiнен шығып, Айға табан тiреген алғашкы сәтi 4-суретте көрсетiлген.

Ю. А. Гагариннiң түңғыш рет ғарышқа көтерiлуiнен бастап, астрономияның жаңа саласы — *космонавтика* (грекше *космос* — ғарыш және *наутик*- кеме жүргiзу) жедел дамып келедi. Космо- навтика өлем кеңiстiгiндегi ғарыш аппараттарының козғалысын талдап зерттейдi.

Қазiргi астрономия сонымен катар бiрнеше баска салаларды да камтиды. Аспан денелерiнiң пайда болуын және дамуын зерттейтiн астрономия тарамын *космогония* деп атайды. Космогония өлемдегi галамдар мен жұлдыздар және баска денелер кашан және калай пайда болды? Оларда кандай өзгерiстер жүрiп жатыр? деген сұрақ- тарға жауап бередi. Сондай-ак бүкiл өлем туралы, оның жалпы касиеттерi туралы астрономия iлiмiн *космология* дейдi.

Егер кұбылыстар арасындағы заңдылык олардың барлығы- на ортак болса, онда оқы *табиғат заңы*. түрiнде сипаттайды. Жекелеген заңдылықтар арасында *жүйелi байланыстар* табылатын болса, онда оларды *ғылыми теорияға* бiрiктiредi.

### **Бақылау сұрақтары**

1. Аспан денелерiнiң жылжу заңы қандай?
2. Кеплер заңы қандай?
3. Ньютонның аспан денелерiне арналған козғалыс тендеуi қандай?

## № 67 Сабақ.

### Тақырыбы: 6.2.1 Күн жүйесіндегі заңдылықтар

#### Сабақ жоспары

1. Күн жүйесіндегі негізгі заңдылықтары
2. Космология ғылымдары
3. Космостық материя жаратылысының жұлдыздық формасы
4. Күн жүйесі туралы тарихи мәлімет
5. Ғаламшар . Әлемнің қазіргі космологиялық жобалары

Табиғатты ғылыми танудағы ең қиын және жауапты ке- зед бақыланып отырған *құбылыстың мәнділігін* (эл-Фарабише айтсақ, *түпкі мәнін*) айқындау болып табылады. құбылыстың мәнділігін айқындау зерттеуші білімі мен ойының ауқымдылы- ғын, батылдығын, болжағыш көрегенділігін талап етеді. Адам- ның мұндай қасиеттері шешілуге тиіс проблеманың жауабы бо- латын *ғылыми болжам* жасауға мүмкіндік береді. Болжамда құбылыстың ту у себептері, әр түрлі құбылыстардың арасындағы байланыстар, жаңа құбылысты қалай алуға болатыны және одан қандай салдарлар туындайтыны түсіндіріледі.

Ғылыми деректермен негізденген жорамал - *болжам (гипотеза)* деп аталады.

Ғылымның даму тарихында шындықтан алыс жалған болжам- дар да, сондай-ак өркениетті өрге тартқан ақиқат ғылыми болжам- дар да болды. Мысал ретінде табиғи құбылыс - найзағайдың пай- да болуы туралы екі түрлі болжамды айта кетейік.

Ежелгі заманнан бастап біздің заманымыздан бұрын найзағайдың ойнауы, күннің күркіреуі адамдарға қорқыныш сезі- мін ұялатты. әсіресе домалақ найзағайдың кенеттен пайда болуы адамдардың зәре-құтын алатын. Ертедегі адамдардың жо- рамалы бойынша найзағайды Л^ерге ерекше бір күдіретті күш жібереді деп есептеген. Бундай болжам жалған гипотеза болып табылады.

Найзағайдың пайда болуы туралы шынайы ғылыми болжамды В. Франклин (1 706-1790) ұсынды. Оның болжамы бойынша *найзағай — әр түрлі зарядталған бұлттардың арасындағы немесе бұлт пен жердің арасындағы аса қуатты электр ұшқыны*. Ондай ұшқын ор түрлі электрленген (зарядталған) денелер дід араларында да байқалады өзінің болжамының дұрыстығын В. Франклин бұлтты күні аспанға ұшқыш сумандарды (змеевиктерді) көтеріп тексерді. Суманға байланған ұзын жібек баудың Жер бетіндегі ұшына темірден жасалған салмақты кілт ілінді. Аспанды қа- лың бұлт қаптаған күні ол кілтке саусағын жақындатып, күшті электр ұшқынынан есеңгіреп қалды. сөйтіп ол: «найзағай - электр ұшқыны» деген өзінің болжамын тәжірибе арқылы дәлелдеді.

Әлемді космология ғылымы зерттейді. Космология ғылымның қорытындылары әлемнің жаратылысы мен дамуының жобалары деп аталады. Ал, космос деп Жер атмосферасынан тыс орналасқан кеңістікті атайды. Ежелгі Грецияда бул термин «тәртіп», «гармония» деген мағынада қолданылды. Сонымен космология әлемнің реттілік жүйесін, оның өмір сүру заңдылықтарын қарастырады.

Космологиялық зерттеулер бірнеше алғышарттарға негізделеді. Біріншіден, дүниенің физика ғылымы қалыптастырған әмбебап заңдары барлық Әлем үшін негізгі заңдар болып табылады. Екіншіден, астрономдар жүргізген барлық бақылаулардың бүкіл Әлемге қатысы бар. Үшіншіден, нақты ақиқат ретінде бақылау жүргізуші адамзаттың өмір сүру мүмкіндігіне шек келтірмейтін қорытындылар саналады.

Космологияның жасаған қорытындылары сонымен әлем дамуы-ның және пайда болуының жобалары болып саналады.

Барлық заңдар мен ғылыми теориялар жобалар болып саналады, өйткені ғылымның даму процесінде олар басқа концепциялармен ауыстырылуы мүмкін.

Космологияда біртекті изотропты күйдегі кеңейе беретін Әлемнің жобасы қабылданған, ол 1916 жылы Альберт Эйнштейн жасаған салы-стырмалылық теориясы мен тартылыстың релятивистік теориясына негізделеді.

Бұл жобаның негізіне екі болжамды жатқызады: 1) Әлемнің касиеттері оның барлық нүктелерінде (біртектілік), барлық бағыттары бойынша (изотроптылық) бірдей; 2) гравитациялық өрістің ең негізгі сипаттамасын Эйнштейннің теңдеулері береді.

Бұл жобаның маңызды бір бөлігі - оның стационарлық еместігі. Бұл салыстырмалылық теориясының екі постулатымен анықталады: 1) салыстырмалық принципі - яғни барлық инерциялық жүйелерде олардың бір-біріне қатысты алғанда қандай жылдамдықпен қозғалғанына қарамастан барлық заңдар сақталады; 2) жарық жылдамдығының тұрақтылығының тәжірибе жүзінде анықталуы.

### КОСМОСТЫҚ МАТЕРИЯ ЖАРАТЫЛЫСЫНЫҢ ЖҰЛДЫЗДЫҚ ФОРМАСЫ.

Галактика дамуының қазіргі деңгейінде ондағы заттар көбінесе жұлдыздар түрінде қалыптасқан. Біздің галактиканы құрайтын заттардың 97%-ы жұлдыздарда, олар әр түрлі көлемдегі, әр түрлі температурадағы, әр түрлі қозғалыстағы плазма күйіндегі өте зор құрылымдар.

Жұлдыздарда 10 млн град. шамасындағы температурада және аса жоғары қысым жағдайында атомдар иондалған түрде кездеседі, электрондар толығымен өз атомдарынан ажыратылған.

Жұлдыздар жеке болмайды, олар үлкен жүйелер құрайды. Қарапайым жұлдыз жүйелері ортақ ауырлық нүктесін айнала қозғалатын 2, 3, 4, 5 және одан да көп жұлдыздардан тұрады. Мұндай жүйелер ортақ диффузиялық қабықпен қоршалған. Ал мұндай диффузиялық қабық жұлдыздар өздері бөліп шығаратын газдардан тұрады.

Аталған жұлдыздар жүйелері - Галактиканың бөлшектері болып табылады. Сыртқы белгісі бойынша галактикалар - эллипстік, спираль тәрізді және дұрыс емес формалы болып бөлінеді. Қазіргі кезде астрономдар 10 млрд-қа жуық галактикалар бар екенін есептеді.

Көптеген галактикалар спираль немесе эллипс тәрізді болып келеді. Ішінде Күн жүйесі орналасқан галактика спираль тәрізді, құрамында 120 млрд таяу жұлдыздар бар. Ең үлкенінің диаметрі 100 мың жарық жылға тең.

Біздің галактика жұлдыздар мен диффузиялық материядан тұрады.

Радиоастрономиялық бақылаулар арқылы біздің Галактиканың 4 спираль бұтақшасы бар екендігі анықталды. Бізге жақын галактика - Андромеда тұмандығы, бізден 2.700.000 жарық жыл қашықтықта. Біздің Галактика мен Андромеда тұмандығы бізге белгілі галактикалардың ішіндегі ең ірілері. Галактикалар орналасуы - олардың өзі бір реттелген жүйе - Метагалактикаға кіретінін білдіреді. Метагалактика -немесе галактикалар жүйесі бізге белгілі барлық космостық объектілерді қамтиды. Жұлдыздар газды-шанды бұлттардың ұзақ уақыт бойында гравитациялық күштің әсерімен түйдектеліп оралуынан пайда болады. Оларда бөлінетін орасан знергия - ядролық бомба жарылғандағы энергиямен бірдей. Бұл жұлдыздардың жарық пен жылу шашуымен анықталады. Бұл сутегінің одан әрі ауыр элементке - гелийге айналуы арқылы жүзеге асырады. Бірақ жұлдыздар мәңгі емес, миллиондаған жылдар өткен соң біртіндеп инертті денеге айналып, галактика айналымы нәтижесінде сейіліп кетеді.

Күн жердегі тіршіліктің көзі. Ол жарық, жылу береді және барлық өсімдік пен хайуанаттар әлемінің өмір сүруіне мүмкіндік жасайды.

Күн табиғатта бар сансыз көп жұлдыздардың бірі ғана. Күнге өзіміздің жақындығымыздың арқасында біз онда өтіп жатқан процестерді зерттей аламыз және сол бойынша аса қашықтығынан тікелей көрінбейтін жұлдыздардағы сондай процестерді біле аламыз. Шар тәрізді Күн бізге жарқыраған дөңгелек болып көрінеді. Радиусы Күн радиусы болып саналатын Күннің көрінетін бетін фотосфера дейді. Жерден Күнге дейінгі орташа ара қашықтық  $a=1, 496 \cdot 10^8$  км, фотосфераның бұрыштық радиусы  $P = A \sin 0^\circ 161 = 1, 496 \cdot 10^8 \cdot 0,004652 = 696000$  км немесе  $R_{Se} = 109$  жер радиусындай.

Демек, Күннің көлемі жердің көлемінен 1300000 есе асып түседі.

Күннің фототүсірімдерінде оның фотосферасында пайда болатын қара дақтар жиі көрінеді. Оларды телескоп арқылы да көруге болады, бірақ Күннің өткір жарлығынан көзді бүлдіріп алмау үшін, объектив алдына міндетті түрде тығыз қоңырқай жарық сүзгісін орнату керек.

Күн көкжиекке жақындап, айналасы қызара мунарланып тұрған кезде жай көзбен қорғаныш құралсыз-ақ қарауға болады және кейде жердің сызықтық өлшемдерінен біршама асып түсетін ірі

күн дақтарын көруге болады. Сондықтан да б.з. д. 28 жылдың өзінде-ақ Ертедегі Қытайда күн дақтарын бақылау жөніндегі жазбалардың болуына таң қалуға болмайды.

Итальян философы Дж. Бруно (1548-1600) Күн мен жұлдыздардың физикалық табиғатын теңестіре келіп, олардың барлығының шексіз кеңістікте қозғалатынын тұжырымдаған болатын.

Жұлдыздардың меншікті қозғалыстарын зерттеу Күн жүйесінің кеңістіктегі қозғалысын білуге көмек берді. Алғаш рет бұл есепті 1783 жылы бар болғаны 7 жұлдыздың, ал одан кейініректе 13 жұлдыздың меншікті қозғалыстарын пайдалана отырып шығарды. Ол Күн өзінің төңірегінде айналатын барлық көптеген денелермен бірге Геркулестегі жұлдыз бағытында қозғалып бара жатқанын ашты. Осы қозғалыстың бағытындағы аспан нүктесін Гершель Күн апексі (лат. apex - шық) деп атады. Одан әрі қарай астрономдар Күн апексінің орнын меншікті қозғалыстары көптеген белгілі жұлдыздар саны бойынша бірнеше рет анықтады: егер Күн жүйесі кеңістікте қозғалыссыз тұрған болса, онда аспанның барлық аймағындағы жұлдыздардың меншікті қозғалысы болар еді. Шынында да, Лира мен Геркулес шоқ жұлдыздар аймағындағы жұлдыздардың көпшілігінің меншікті қозғалыстары бағыттарынан олар жан-жаққа бытырап бара жатқандай көрінеді. Аспан аймағының диаметральды (шоқжұлдыздарындағы) қарама қарсы жағындағы Үлкен Арлан, Қоян және Көгершін шоқжұлдыздарындағы жұлдыздардың басым көпшілігінің меншікті қозғалыстары шамамен бір-біріне бағытталған, яғни жұлдыздар өзара жақындасып бара жатқан сияқтанады. Бұл құбылыстарды тек Күн жүйесінің кеңістікте Лира және Геркулес шоқжұлдыздарына қарайғы бағытта қозғалуымен түсіндіруге болады. Біздің ғасырдағы 20-шы жылдарында жұлдыздардың Күнмен салыстырғандағы сәулелік жылдамдығын жаппай есептеу басталды. Бұл Күн апексін анықтап қоймай, Күн жүйесінің кеңістіктегі қозғалу жылдамдығын білуге мүмкіндік берді. Осы бағыттағы ірі зерттеулер 1923-1936 жылдары бірнеше елдің астрономиялық обсерваторияларында, солардың ішінде 1923-1925 жылдары В.Г.Фесенковтың басқаруымен Мәскеу астрономдары жүргізді. Бақылау нәтижелері Күн апексі маңына орналасқан көптеген сәулелік жылдамдығы - 20 км/с-қа жуық, яғни, бұл жұлдыздардың Күнге жақындап келе жатқанын, ал аспанның қарама-қарсы аймағындағы жұлдыздардың Күннен +20 км/с жуық жылдамдықпен алыстап бара жатқанын көрсетті. Мұндай жылдамдықтың Күн жүйесіне тән екені анық. Қазіргі уақытта Күн жүйесінің айналасындағы жұлдыздармен салыстырғанда Геркулестегі көмескі жұлдызы  $\Upsilon$  маңында, осы шоқжұлдыз бен Лира шоқжұлдызының шекарасына жақын орналасқан Күн апексіне қарай 20 км/с жылдамдықпен қозғалатыны түбегейлі анықталды.

#### ҒАЛАМШАР. ӘЛЕМНІҢ ҚАЗІРГІ КОСМОЛОГИЯЛЫҚ ЖОБАЛАРЫ

Ғаламшар немесе космосты қазіргі ғылым өзара байланысқан, даму үстіндегі аспан денелерінің жүйесі ретінде қарастырады. Ғаламшар жұлдыздар маңында орналасқан планеталар жүйесін, жұлдыздар мен жұлдыздар жүйесі - галактиканы, галактикалық жүйесі – метагалактика құрайды. Ғаламшардағы материя топтасқан космостық денелер қозғалысын береді, Аралас материя жекелеген атомдар мен молекулалардан және орасан зор шаңдық бұлттар мен газды-шаңдық тұмандардан тұрады.

Жалпы, Күн жүйесінің пайда болуы Күннің газ-тозаңды ортадан түзілуімен байланысты. 5 млрд. жылға жуық бұрын Күн пайда болған газ-тозаңды бұлт баяу айналды деп саналады. Сығылуына қарай бұлттық айналуы артты және ол табақ тәрізді пішінге келді. Табақтың орталық бөлігінен Күн, ал сыртқы аймақтарынан ғаламшарлар түзіледі. Бұл сызбанұсқамен жер тобындағы және алып ғаламшарлардың химиялық құрылымдары мен массивтері анық түсіндіріледі. Шынында да, Күннің қызуына қарай жеңіл элементтер (гелий, сутек) сәуле қысымының әсерінен бұлттық орталық аймағын тастап, оның шет жағына кетіп отырды. Сондықтан, жер тобындағы ғаламшарлар жеңіл элементтердің аз қосындысы бар ауыр элементтерден түзілді және өлшемдері шағын болды.

Бұл ғаламтанулық болжам Күн жүйесінің басқа да бірқатар заңдылықтарын, атап айтқанда, оның массасының Күн және барлық ғаламшарлар арасында тарауын ғаламшарлардың Күннен қазіргі қашықтықтарын, олардың айналысын т.б. түсіндіреді. Оған 1944-1949 жылдары академик О.Ю. Шмидт (1891-1956) талдау жасады, кейін оның ізбасарлары ірі қарай дамытты.



Бұл болжам бойынша, ғаламшарлардың түзілуін былай түсіндіреді. Табақ тәрізді газ-тозаңды бұлттағы бөлшектердің өзара соқтығысы нәтижесінде көптеген жиынтықтар пайда болады. Көптеген майда жиынтықтар өзара соқтығыстан күйреді, ал басқалары ірі жиын-тықтарға түсіп жатты, нәтижесінде ол көлемі жағынан ұлғайды және бірте-бірте ғаламшарлардың бастамасын тудыра отырып, тығыздала берді. Жиынтықтардың соқтығысы кезіндегі жұмсақ соққылар ғаламшар бастамалары орбиталарының дөңгелек дерлік болып қалыптасуына әкеліп соқты. Келе-келе бір-бірінен қашық неғұрлым ірі бастамалар сақталып қалды және айтарлықтай өзаралық тартылыс болмады, сондықтан олардың Күн төңірегіндегі орбиталары тұрақтанды. Осы бастамалардан жүздеген млн жыл бойында ірі ғаламшарлар түзілді. Күн және оның ғаламшарлары 5 млрд жыл бұрын түзіле бастаған. Күн жүйесіндегі Айдың, Шолпанның, Марстың физика-лық табиғаты мен процесі жөніндегі біздің түсінігімізді жерден бақылаулар анықтап берді. Әзірге өмірдің, әсіресе саналы өмірдің қайда және қандай болып кездесетінін айту қиын, өйткені анық жалғыз белгілі мысалы - Жердегі өмір. Оның айрықшылығы мен Ғаламдағы басты орны, Жердің Күн жүйесіндегі орны, Күннің Галактикадағы, Галактиканың - басқа галактикалардағы орнынан Ғаламдағы жер өркениетінің қатардағы орнына дейін мегзейді.

Күн жүйесінің пайда болуы туралы теорияларды ұсынушылар - неміс философы И.Кант және француз математигі П.С.Лаплас. Олардың біріккен теорияларын Кант. Лаплас гипотезасы деп атады.

И.Канттың болжамы бойынша, Күн жүйесі мәңгілік өмір сүріп келе жатқан жүйе емес. Уақыт бойында тумандықтардың тартылыс күшінің әсерінен жеке аспан денелері пайда болады және олар бір жазықтың бойымен қозғала бастайды және олардың серіктері пайда болды.

Одан 50 жылдай уақыттан кейін П.С.Лаплас ез гипотезасын ұсынды. Лапластың космогониялық гипотезасы бойынша, Күн жүйесі айнала қозғалып тұрған газды тумандықтардан пайда болды.

Күн жүйесінің пайда болуы туралы келесі көзқарастар тобы ағылшын астрофизигі Дж.Х.Джинстің гипотезасынан басталды. Оның болжамы бойынша Күн басқа бір жұлдызбен соқтығысқаннан кейін бөлінген газ ағындарынан ғаламшарлар пайда болды. Бірақ, жұлдыздар арасындағы орасан үлкен қашықтықты есепке алсақ мұндай соқтығысу мүлдем мүмкін емес сияқты. Джинс теориясы бойынша Күн жүйесі өз қурылым заңдылықтарына бағынатыны белгілі бір реттелген жүйе деп қарастырылмайды.

Күн жүйесі пайда болуы туралы қазіргі кездің концепциялары тек қана механикалық емес, электромагниттік күштерді де есепке алуды қажет етеді. Мұндай идеяны ұсынушылар швед астрофизигі Х.Альфвен мен ағылшын астрофизигі Ф.Хойл. Күн жүйесі пайда болуында электромагниттік күштер ерекше рөл атқарғандығы шындыққа жанасымды.

Күн мен ғаламшарлар пайда болған газды бұлттар электромагниттік күштерге бағынатын иондалған газдардан куралды. Орасан үлкен газды бұлттың жинақталуынан Күн пайда болғаннан кейін, одан қалған газдың қалдықтарынан гравитациялық күштің әсерінен ғаламшарлар пайда болды. Оларды магниттік күштің әсерімен Күн әрқилы қашықтықта ұстап тұрады. Ең үлкен ғаламшарлар пайда болғаннан кейін осы процесс кішілеу масштабта қайталанады, яғни олар пайда болған газ қалдықтарынан олардың серіктері пайда болды.

Күн жүйесінің пайда болуы туралы теориялар гипотезалар деңгейінде ғана, олардың шындыққа жақындығын бір жақты қарастыруға болмайды. Әлі де қайшылықты және түсініксіз жағдайлар көп.

Классикалық ғылымда ғаламшардың стационарлық күй теориясы қарастырылған, яғни ғаламшар бұрын қандай күйде болса, қазір де сол күйде деп есептеледі.

Классикалық Ньютон космологиясында мынандай постулаттар бар:

- Ғаламшар мәңгілік тұтас дүние. Космология оны дәл қазіргі кездегі күйінде қарастырады.
- Ғаламшардағы уақыт пен кеңістік абсолютті, олар материалды объектілер мен процестерге қатысты емес.
- Уақыт пен кеңістік метрикалық түрде шексіз.
- Ғаламшар өзгермелі емес. Тек жеке космостық денелер өзгеруі мүмкін.

Ғаламшардың қазіргі космологиялық жобалары А.Эйнштейннің салыстырмалылық теориясына негізделеді. Алғашқы жобаны 1917 жылы А.Эйнштейннің өзі жасады. Оның жобасы бойынша

әлем кеңістігі шексіз, материя онда біркелкі орналасқан, денелердің тарты-лысы космологиялық тебілу күшті арқылы жүзеге асырылады.

### **Бақылау сұрақтары**

3. Күн жүйесі туралы не айталасыз?
4. Біздің Галактикадан басқа галактикалар бар ма?
5. Классикалық Ньютон космологиясының постулаттары?

### **№ 68 Сабақ.**

#### **Тақырыбы: 6.2.2 Күн жүйесіндегі кішкене денелер.**

##### **Сабақ жоспары**

3. Күн жүйесіндегі кішкене денелер.
4. Астероидтар
5. Кометалар

#### **Күн жүйесіндегі кішкене денелер.**

Найзағайдың пайда болу сырын үккан В. Франклин одан кор- ғану жолын да іздестірді. Ол найзағайдан сактандыратын *жайқай* - *таргышты* ойлап тапты.

В. франклиннің тәжірибесіне ұқсас, бірақ одан да күрделі тәжірибені жасау үстінде М. В. Ломоносовтың досы Г. В. Рихман күшті электр ұшқынының бір түрі - домалақ найзағайдан 1753 жылы қайтыс болды.

*Бұл мысалдардан мынадай қорытынды жасаймыз. Кез келген болжамның шынайылығын тек практикалық тәжірибе, яғни эксперимент қана дәлелдей алады.*

Эр түрлі эксперименттер жүргізуде адамдарға арнайы жасалған құралдар мен аспаптар үлкен көмек жасайды, кейбір физикалық аспаптар өте қарапайым болып келеді. Олардың қатарында *сызғышты(і), тіктеушіті (2), таразыны(3)* атауға болады. Сондай-ақ *термометр, секундомер*, әр түрлі ток көзі (*батарея* лар аккумуляторлар сияқты аспаптар тұрмыста да, эксперименттер де кең қолданылады. Соны- мен қатар ғылым мен техниканың дамуына аса қажетті күрделі аспаптар да бар. Ондай физи- калық құрылғылардың қатарында элементар бөлімдердің мысалы, электрондардың жылдамдығын аса үлкен шамаға (жарық жылдамдығына жуық) жеткізетін алып желдеткіштерді атауға болады. Физикалық эксперименттер жасауға арналған үдеткіштердің алғашқыларының бірі Мәскеуге жақын Дубна қаласында 1957 жылы салынды. Оның диаметрі 72 м болса, ал одан кейінірек Серпухов қаласында салынған үдеткіштің диаметрі 6 км жетті.

Астрономиялық бақылаулар үшін де әр түрлі құралдар мен аспаптар қолданылады. Астрономиядағы ең негізгі зерттеу құралы - телескоп. Оның жәрдемімен жақын тұрған аспан денелерінің (Айдың, күн жүйе- сіндегі планеталардың және олардың серікте- рінің) беткі бедерлерін көруге болады. Теле- скоптың арқасында көзге көрінбейтін басқа да аспан денелерін бақылап, ғылыми деректер жинақталады.

##### **Астероидтар**

Марс пен Юпитер орбиталарының арасында пішіні бұрыс аспан денелері бар. Олар планеталардың серіктері емес және Күнді айнала өз еркінше қозғалады. Бұл денелер астероидтар ("жұлдызға ұқсас") деп аталады. Суретте оларды жұлдыздардан тек баяу орын ауыстыруынан ғана ажыратуға болады. Бірінші астероидты 1801 жылы 1 қаңтарда Италия астрономы Джузеппе Пиацци ашты. Ол тура көтерілуі мен еңкеюі тәулік ішінде елеулі өзгертін жұлдызды бақылады. Неміс математигі Гаусс үлкен жарты осі 2,77 а. б. болатын бұл астрономиялық дененің орбитасын есептеп тапты. Сатурн мен Юпитердің арасынан планета табылды деп есептеп, оған ескі Римнің табыс әкелетін әйел құдайы *Церераның* есімі берілді. 1802 жылы астрономиямен айналысатын неміс дәрігері Ольберс Церераға жақын жерден жаңа астероидты ашып, оны *Паллада* деп атады. 1804 жылы Юноиа, 1807 жылы Веста табылды. Кішкентай планеталарды Гершель грекше "жұлдыз бейнелі" деген мағынаны беретін астероидтар деп атауды ұсынды.

Қазіргі кезде 12 000-нан астам астероидтар белгілі. Бастапқы кезде құдайлардың аттарымен аталған астероидтарға кейін ұлы адамдардың есімдері берілді. Астероид табылғанда оған ашылған жылы (*мысалы, 1937 DA*) көрсетілген белгі тағылады. Астероидтың орбитасы есептелген соң тұрақты номер және аты беріледі.

Астероидтар орбиталарының шеңберден өзгешілігі аз, сондықтан астероидтардың көпшілігі Күн жүйесінің ішіне кірмейді. Бірақ кейбір астероидтар Күнге жақын келіп немесе Сатурн орбитасының сыртына шығып кетеді. Юпитер орбитасы бойымен планетаның алдында және артында қозғалатын астероидтардың екі тобы бар. Олар "Гректер" және "Трояндықтар" деп аталады. Олардың айналу периоды Юпитердің айналу периодына дәл келеді және орбитадағы орны аспан механикасының теориясын құрушы Лагранждың тапқан заңы бойынша есептеп шығарған нәтижесінен ауытқымайды. Ол математикалық жолмен *A* денесінің айналысында (*біздің жағдайымызда Күн*) одан кіші *B* (*Юпитер*) денесі және оның орбитасында салмағы әлдеқайда жеңіл дене айналып жүрсе (астероидтар), онда бұл жүйе орнықты болады, егер астероидтар Лагранждың орнықтылық нүктелерінде, яғни теңқабырғалы үшбұрыштардың төбелерінде орналасса. Күн, Юпитер және астероидтар (*біздің жағдайымызда "Гректер" мен "Трояндықтар"*) шын мәнінде теңқабырғалы үшбұрыштарды, демек, шексіз ұзақ өмір сүретін орнықты жүйені құрайды. Сөйтіп, XX ғасырда математик Лагранждың теориялық болжамы космос кеңістігінде де шындыққа айналды.

Кейбір астероидтардың жарықтылығының периодты өзгеруі бұрыс пішінді, беткі қабаттарының тегіс емес екенін және өз остерінен айналатынын көрсетеді. Кейбір астероидтардың өз осінен айналу периоды — бірнеше сағатқа созылса, ал кейбірінде ол тәулікке жетеді. Астероидтардың беткі қабаттарының құрамындағы үлкен айырмашылық олардың жарықты шағылдыру қабілетімен анықталады: кейбір астероидтардың бетінен жарықтың шағылу коэффициенті бар болғаны 3%, ал кейбіреуінде ол 50%-ға жақындайды. Астероидтардың бетінде планеталар серіктерінің бетіндегі тәрізді уақ денелер соққыларының іздері болуы керек. Астероидтарда атмосфера жоқ.

Қазіргі кезде астероидтар деп өлшемдері бір километрден кіші болмайтын барлық денелерді айту қабылданған. Одан кіші денелер метеоридтер деп аталады. Астероидтардың жалпы саны 30—50 мың. Өлшемі 200 км-ден астам астероидтардың саны отызға жуық. Өлшемі 80 км-ден 200 км-ге дейінгі астероидтар шамамен мыңға тарта. Кейбір астероидтар жөніндегі қызықты мәліметтер:

1. астероидтардың ішіндегі ең ірісі **Церера**, оның радиусы 470 км;
2. астероидтардың тығыздықтары, әдетте, 2—8 г/см<sup>3</sup> шамасында болады;
3. ең кара астероидтар **'95 Арегуза мен Бамбергтің қаралығы көмірдей немесе күйедей**.
4. жерге ең жақын келгендері: 1991 ВА, 170 000 км.
5. Күнге ең жақын келгендері: **Икар** жөнө **Фазтон**. Екеуі де Күнге Меркурийден жақын келді.
6. Басты белдеудегі астероидтардың ішінде 1977 жылы ашылған **'Хирон** ең алыс астероид. Оның орбитасы Сатурн мен **Уран** орбиталарының ортасында жатыр, диаметрі 200 км. Оныкометаның тартып алуы немесе Сатурн серігінің тартылыс өрісінен босап шыққан болуы мүмкін.
7. **Гаспра** астероидының магнит өрісі тіркелді.

Қандай да бір апатқа ұшырағаннан кейін астероидтар планета ретінде еш уақытта бірікпеген секілді. Юпитердің қуатты тарту күші жарықшақтардың бірігіп планета құруына жол бермейді. Олар біріксе көлемі Айдың үштен біріндей ғана болар еді.

Кометалар

---



Хейл — Бопп кометасы

Күн жүйесінің перифериясында шамамен 100 000 а.б. қашықтықта Оорта бұлттыңда кометалар тобы шоғырланған. Мұндай бұлт 100 млрд кометалар ядросына ие болуы мүмкін. Планеталардың, Күннің тіпті жақын жұлдыздардың тартылыс күштерінің әсерінен кейде олардың кейбіреулері Күн жүйесінің ішіне кіріп кетіп, Күнге қарай қозғала бастайды. Олардың аспан механикасының заңына бағынатын қозғалыстары өздеріне тән әр түрлі болады. Барлық планеталар Күнді айнала бір бағытта дөңгелек орбита бойымен (*тік бағытта*) шамамен бір жазықтықта (*эклиптикада*) айналады. Ал кометалар тіке бағытта да, яғни қарсы бағытта да өте созылыңқы орбита (эксцентрлі) бойымен эклиптикаға әр түрлі көлбеу бұрыш жасай айналады. Оның қозғалыс сипатынан құйрықты жұлдыз екенін айыруға болады.

Кометаның негізгі салмағы оның ядросында жинақталған. Ол ядро кәдімгі мұздан, қатып қалған газдардан, қатты бөлшектерден, көмір қышқылының қоспасы бар су мұзынан, аммиактан және тозаннан тұрады. Ядроның ұзындығы бірнеше ондаған километрге жетеді, ал салмағы 1022 гр-ға дейін барады.

Күнге жақындаған сайын Күн сәулесінің әсерінен мұз еріп булана бастайды да ядроның жанында газ-тозаңды бұлт пайда болады. Ол Күн сәулесін шағылдырады (*кома*) және қайта сәулелендіреді. Сондықтан біз құйрықты жұлдызды қатты жарқырайтын дене түрінде көреміз. Кометаның соңынан Күн сәулесінің қысымынан әр уақытта Күнге қарсы бағытталған газ бен тозаңнан тұратын бөлшектер ілеседі. Оның ұзындығы жүздеген миллион километрден астам. Құйрықты жұлдыз массасының миллионнан бір бөлігінен де аз шамасы оның құйрығында жинақталғанына қарамастан, ол жарықтың 99%-ын, ал ядро 0,1%-ын ғана шығарады. Мәселе мынада: ядро өте жинақы, оның үстіне оның шағылдыру коэффициенті төмен (*альбедо*).

Ұзақ периодты құйрықты жұлдыз (*орбиталық периодтары 200 жылдан астам*) ең алыс орналасқан планеталардан мыңдаған есе әрі шалғай аймақтардан ұшып келеді. Олардың орбиталары эклиптикамен барлық мүмкін болатын бұрыштар жасайды. Қысқа периодты құйрықты жұлдыздар (периодтары 200 жылдан аз) сыртқы планеталар аймақтарынан эклиптикадан алыс емес орбиталар бойымен тура бағытта қозғалып келеді.

Жай көзге жақсы көрінетін жарықтығы күшті құйрықты жұлдыздар сирек, жүз жылда оншақтысы кездеседі. Бақыланатын әйгілі кометалардың бірі Галлей. Адамзат оны екі ғасыр бойы бақылап келеді. 1995 жылдың тамыз айында Хейл-Бопп кометасы (*оларды тапқан әуесқой астрономдар Хейл және Бопп есімдерімен аталған*) көрінді. Оның ядросының диаметрі шамамен 40 км-ге тең. Түнгі аспандағы ең жарық жұлдыз Сүмбіледен де жарық болып көрінген комета жерден 200 млн км қашықтықта өтті.

Кометалардың жарқырауын, қозғалыс ерекшеліктерін зерттеп және сырларын аша отырып әлем құрылысының құпиясын білеміз.

Бірінші рет 1986—1999 жылдары кометалардың ядросы зерттелді. Галлей кометасының ядросына жіберілген зонд 600 км қашықтыққа жақындады. Ядроның өлшемі 8 x 13 км шамасындай, қара

түсті, бетінде кратерлер болды және құрылымы әр түрлі.

Күн жүйесінің ішкі аймағына енген Құйрықты жұлдыз уақыт өткен сайын бірте-бірте Күн жылуының әсерінен ыдырайды да ядроның газы планетааралық газға айналады, ал қатты бөліктері көптеген ұсақ метеорлық бөлшектерге бөлініп кетеді, олар бірте-бірте құйрықты жұлдыз орбитасы бойымен жалпақ ағын ретінде шашылады. Жер осындай ағынмен қиылысқанда ұсақ бөлшектер 11 км/с жылдамдықпен атмосфераға кіреді де тез қызып балқиды, сөйтіп, бірнеше километр биіктікте ұсақ бөлшектерге жарылып шашырап кетеді. Олардың тежелуі кезінде бөлініп шыққан энергия ауаның жарқырауын арттырады, осылайша түнгі аспанда Жерден бөлшектің жарық ізі көрінеді, бұл құбылысты метеорлар дейді. Ол заттың жерге жеткен бөлшектерін метеориттер деп атайды.

Метеориттер ғарыш денелерінің үлгілері. Оны зерттеу ғылымға үлкен үлес қосады. Сондықтан метеоритті көрген, оны тапқан әрбір адам ол жөнінде ғылыми орындарға хабарлауы керек. Ірі метеориттер барлық планеталар мен олардың серіктерінің беткі қатты қабаттарына құлағанда із қалдырады. Жерде көптеген ірі кратерлер сақталған. Бірақ уақыт өткен сайын жер атмосферасының әсерлері (жел, жаңбырлар) олардың іздерін жасырады. Жерге күн сайын ұсақ метеориттер түсіп жатады. Жер бетіне ғарыш кеңістігінен бір тәулік ішінде жауатын заттардың толық массасы бірнеше жүз тоннаға жетеді (*негізінен, өте кішкене бөлшектер*)

### **Бақылау сұрақтары**

1. Астероид деген не?
2. Метеорит деген ?
3. Комета деген не?
4. Тоғыз планетаны ата?

### **№ 69 Сабақ.**

**Тақырыбы: 6.3 Жұлдыздар табиғаты. Галактика.**

#### **Сабақ жоспары**

1. Планета түрлеріне жалпы сипаттамалары
2. Жұлдыздардың жалпы жүйесі
3. Жер тобының планеталары
4. Алып планеталар

*Планеталардың түрлеріне жалпы сипаттама.*

Күннің төңірегінде оның тарту күшінің әсерінен жерді қоса есептегенде 9 ірі аспан денелері болған. Олар: Меркурий, Шолпан, Жер, Марс, Плутон айналып жүреді. Олар – планеталар (грекше – кезбе деген сөз)

Планетаның Күн төңірегіндегі жолы орбита деп аталады (латынша – із, жол). Күнге ең жақын орналасқан Меркурий, одан кейін Шолпан, Жер, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун, ең қашықтығы Плутон. Олардың өлшемі де түрліше – жерден үлкен, кішісі, сонымен шамаластары бар.

Планета – өзінен жарық шығармайтын салқын дене. Дегенмен, түнгі аспанда олар да жұлдыз сияқты жылтырап, көрінеді. Олай көрінетін себебі: планетаның бетіне күннен түскен сәуленің шағылысуына байланысты екен. Планета – «кезбе жұлдыз» деген мағынаны беретін грек сөзі. Жұлдыздар сияқты планеталар да белгілі бір орында тұрмайды, үздіксіз қозғалып аспан әлемінде жүреді. Себебі олар күнді айнала қозғалады. Планетаның пішіні шар тәріздес келеді және барлығы да осінен айналады. Күн шығар алдында және кешке күн батқаннан кейін Шолпан жарқырап ерекше көзге түседі. Күн жүйесіндегі аспан денелері топтасқан – «Құс жолы» галактикадағы

шокжұлдыздардың бірі. Құс жолы көзге қарай аспан әлемінде айқын көрінеді. Құс жолы қазіргі телескоптармен байқағанда көмескі жарқыл шығаратын аса көп жұлдыздар шоғырын көреміз, ал жай көзге ол тұтасқан шұғыла болып көрінеді. Құс жолы орасан зор жұлдыздар жүйесі. Галактика құрамына кіретін жұлдыздардың негізгі бөлігі. Галактикаға сонымен қоса жер аспанда байқалатын басқа да жұлдыздар мен өз жұлдызы күн де жатады. Галактикадағы жұлдыздардың жалпы саны орасан көп – шамамен 100 миллиардтай. Күн – Галактиканың қарапайым жұлдыздарының бірі.

*Жұлдыздардың планеталық жүйесі.*

Жұлдыздардың пайда болуы және олардың эволюциясы жөнінде жұлдыз эволюциясы туралы теория жасауға қажет бақылау нәтижесінің дәлелдері жеткілікті. Өкінішке орай жұлдыздың планеталық жүйесі, оның пайда болуы және эволюциясы жөнінде жоғарыдағыдай сеніммен айта аламыз. ХҮІ ғасырда Джордано Бруноның ұйғарымы бойынша жұлдыздар Күн сияқты планеталар тобымен қоршалған, ол планеталар үздіксіз пайда болады, өмір сүреді және өледі. Бірақ біз тікелей Күн жүйесіндегі планеталарды ғана зерттей аламыз. Соңғы он жылда жұлдыздар мыңнан 100-ден астам планеталар жүйесі ашылды. Бақылау құралдарының көмегімен жұлдыздардың планеталық жүйелерін іздеп табудың екі үлкен қиыншылығы бар. Біріншіден планетаның массасы, орталық жұлдыздың массасынан әлдеқайда кіші, екіншіден оның жарқырауы орталық жұлдыздың жарқырауына қарағанда ескерусіз. Егер бізге жақын жұлдыз маңында физикалық сипаттамасы Юпитер планетасына ұқсас планета болса, онда оның көрінерлік жұлдыздық шамасы +23m болып және одан доғаның 40 қашықтығында орналасар еді.

Планеталардың гравитациялық күшінің орталық жұлдыздың әрекетін бақылау арқылы планеталар жүйесін іздеу әлдеқайда ұтымды. Планета жүйесі массасының 99%-ы орталық жұлдызға тиісті болса да (мысалы Күн жүйесіндегі тәрізді), оның массалар центрі жұлдыздың центріне сәйкес келмейді және оның ауытқуын Жерден бірнеше жыл бойы бақылаулар нәтижесінде осы жұлдыздардың бірі – “Барнарданың ұшып бара жатқан жұлдызының” (өзіндік қозғалысы жылында доғаның 10,270-ын құрайды, қашықтығы 6 жарық жылына тең) кеңістіктегі өзіне тән траекториялардан шын мәнінде де периодты түрде ауытқып отыратыны байқалды. Осы ауытқулар арқылы жұлдыздың күнгірт серіктерінің ме-ры анықталды. Ол массалар (Ван де Калеп бойынша) 0,0058 және 0,0030 Күн массасына тең. Планеталар жүйесін спектроскопиялық әдіспен іздеудің болашағы зор. 1983 жылы Вега жұлдызы (қашықтығы 26 жарық жылы) 60 мкм-мк инфрақызыл диапазонда 10 есе артық, ал 100 мкм-де 20 есе артық энергия шығаратыны белгілі болды. Салқын денелерден тұратын осындай дөңгелектер басқа да кейбір жұлдыздардан табылды. Басқа жұлдыздардың маңында да планеталық жүйелер бер. Жерге ұқсас планетаны ашу болашақтың ісі. Күн жүйесі. Күн жүйесінің пайда болуын табиғи жолмен түсіндіруге тырысу әрекеті ХҮІІ ғасырда басталды. ХҮІІІ ғасырда философ И.Кант пен математик П.Лаплас Күн жүйесінің пайда болуының үйлесімді теориясын құрды. Бірақ ол теория өкінішке орай, көптеген бақылау деректерін түсіндірмеді.

Күн жүйесінің де осындай кезеңдерді басынан өткізгені ықтимал. Аса жаңа жұлдыздар жарылғаннан кейін, ауыр элементтер бүкіл әлемге шашылып кетеді де жаңа жұлдыздарды құрайтын материалға айналады. Ондай жарылыс жақын жатқан газ бен тозаңның өзгеруіне, осылайша Күннің пайда болуына әсер еткен. Аса жаңа жұлдыз жарылғаннан кейін, соққы тасқыны гравитация заңы бойынша бұлтты сияқты да центр қызып, жана бастайды. Сөйтіп, Күн пайда болады. Күн магнит өрісі арқылы өзін қоршаған заттармен байланысын сақтады. Күн магнит өрісі арқылы өзін қоршаған ортаға дөңгелек түрінде қозғалыс моментінің барлық шамасын бере алады. Дөңгелектерден планеталар пайда болады. Күнді қоршаған планеталарға дейінгі бұлттарда кездесетін бөлшектер мен салқын денелердің бірігуі нәтижесінде планета түзіледі. Оның үстіне Күннің сәуле шығаруындағы ыстық жел Күннің маңынан жеңіл ұшатын заттарды ала кетеді. Заттардың бір-біріне жабысуының нәтижесінде Күннің жанынан кішкене тығыз кремнийлік планеталар, ал Марс орбитасынан әрі қарай сутегі мен гелийден тұратын алып планеталар пайда болады.

*Жер тобының планеталары.*

Күн жүйесіндегі планеталар өздерінің физикалық қасиеттеріне қарай екі топқа бөлінеді – жер

тобындағы планеталар және алып планеталар. Жер тобындағы планеталарға: Меркурий, Шолпан, Жер, Марс, Плутон да жатады. Жер тобының планеталары, негізінен табиғи тұздар мен темірден тұрады. Жер тобындағы планеталардың атмосфералары өте күрделі эволюцияны бастарынан өткізді: біртіндеп және апатты түрде газсыздану (вулкандар), басыпқы аккреция (бөлініп шығу, өсу) периодында әр түрлі бөлінулер, бірінші планеталық тұмандықтардан газдарды қармап алу. Жер тобындағы планеталарда серіктер аз (Меркурий мен Шолпанда олар тіпті жоқ, Марста – екі кішкене серік, Жерде – біреу). Физикалық сипаттамалар бойынша бұл топтағы планеталарға алыстағы Плутон да жататын болар

**Меркурий.** Меркурийдің бетінде оған құлаған метеориттердің салдарынан шұңқырлар пайда болған (түрлі-түсті қосымшадағы). Оның ең үлкені Калорис деп аталады. Диаметрі 1300 км болатын осы үлкен шұңқырдың бүйірлерінде метеориттің соқтығысу күшінен тау үйінділері пайда болған. Меркурийдің Күнге жақын орналасуы оны бақылауға кедергі келтіреді. Аспан аясында оның Күнне ең алыс кету бұрышы 29°. Сондықтан ол күн шығар алдында (ертеңгі көрінуі) немесе кешке күн батқанда (кешкі көрінуі) көрінеді. Меркурий орбитасының эклиптикаға көлбеулігі үлкен болғандықтан оны әр уақытта көру мүмкін емес. Планета құралсыз көзге анық көрінеді. Ең жақсы көріну периодындағы жылтыруы –1m-ге тең. Меркурийдің магнит өрісі Жердікінен 100 есе әлсіз. Планетаның шамамен төрттен үш бөлігін құрайтын ядросы темірден тұрады. Меркурийдің диаметрі Жерден 3 есе, массасы 20 есе аз, ал тығыздығы Жердің тығыздығымен шамалас (5,43 г/см<sup>3</sup>). Меркурий Юпитер мен Сатурнның кейбір серіктерінен кіші. Планета сфера түріне ие. Меркурийдің серіктері жоқ. Егер олар болған жағдайда да планетаның алғашқы пайда болуы кезінде планетаның бетіне құлаған болуы керек.

**Шолпан планетасы.** Шолпанды Жердің «сіңлісі» деп те атайды, өйткені олардың массалары және өлшемдері шамалас. Шолпан өзінің Күнді айнала қозғалысына кері бағытта және Жерге қарағанда 243 есе баяу қозғалатынымен басқа планеталардан өзгешеленеді. Жас Меркурий мен Шолпан өз осьтерінен 10 сағат периодпен айналған болатын. Бұл планеталардың денелері алыс дәуірде (матия) қатып қалғандай әсер қалдырады. Егер Шолпанда магнит өрісі болса, ол өте әлсіз, оның полярлығы жердегі сияқты ғана. Шолпанның массасы Жер массасының 0,815 бөлігін құрайды, тығыздығы 3,24 г/см<sup>3</sup>-қа тең. Шолпанның орбитасын дөңгелек деуге болады, оның эксцентриситеті 0,0068-ге тең. Шолпан Күн жүйесіндегі Жерге ең жақын планета, оған дейінгі қашықтық 40-тан 259 млн километрге дейін өзгереді. Шолпан планетасының серіктері жоқ. Атмосферасы, негізінен, көмір қышқыл газынан тұрады және тығыздығы жердегіден тоқсан есе артық. Планетаның бетіндегі атмосфералық қысымды жер бетіндегі мұхиттың бір километр тереңдігіндегі қысымымен салыстыруға болады. Планетаны үнемі тығыз бұлттар жауып тұрады да, планетада «парникті эффект» байқалады. Күннің жарық сәулелері қайта сәулеленіп, жылу сәулелерін шығарады. «Магеллан» зонды Шолпанда вулкандар тапты. Олардан бөлінетін қос тотықты күкірт тығыз қызғылт-сары бұлт құрайды. 50-100 км биіктікте одан күкірт қышқылы немесе тұз қышқылы тамшыларынан тұратын жаңбыр жаууы мүмкін. Шолпанның бетінде таулар, вулкандар (әдеттегідей емес, дөңгелек пішінді келеді), аңғарлар бар. Жалпы алғанда, бұл жер тобындағы планеталар ішіндегі ең бір тегістеу планета.

**Жер планетасы.** Меркурий мен Шолпаннан кейінгі тұрған біздің көгілдір планета Жер. Жердің гидросферасы жылуды сақтайды. Жердің ішкі құрылысы өте күрделі. Қатты планеталар арасынан Жер ең активті болып есептеледі. Беткі қабаты үнемі өзгерістерге ұшырап тұрады. Жер залалинның теориясы бойынша жердің сұйық және қатты ядросы анықталады. Жердің магнит өрісі өте күшті. Оның магнит осінің өз кіндігінен айналу осіне көлбеулігі 11°, 50 бұрыш жасайды. Жер көкшіл көгілдір, Ай қызғылт сары түсті. Ай Жерге тек бір жақ бетімен көрінеді. Айдың Жерді айналып шығу уақыты оның өз осімен айналып шығу уақытына тең. Меркурийдің тәрізді Айда да атмосфера жоқ.

**Марс планетасы.** «Қызыл жұлдыз» планетасы Жерден әлде қайда кіші. Ол, бір жағынан, Меркурий мен Айдың арасындағы, екінші жағынан, Жер мен Шолпанның арасындағы аралық планета тәрізді, оның атмосферасының тығыздығы Жер атмосферасының тығыздығынан 10 есе аз. Марстың атмосферасы Шолпандағы тәрізді көмір қышқыл газынан тұрады. Марс планетасының екі серігі бар. Олар өлшемдері шағын, шамамен 20 км болатын Фобос және Деймос. Марс Күн жүйесіндегі Жерден адам баласының онда детілген жердегідей тіршілік бар деген

үмітпен қарап, ерекше қызығушылық тудырған бірінші планета. XIX ғасырда негізгі пікірталастар мен айтыстар тудырған Марстан басқа бірде-бір планета болған емес. Қазіргі кезде Марста өсімдіктер мен органикалық өмірдің бар болуы жөнінде талас жүріп жатыр. XXI ғасырда бұл пікірталастың жұмбағы азайған жоқ

Плутон. Енді Жер тобындағы Плутон планетасын, оның серігі Харонды қарастырамыз. Бұл Күн жүйесіндегі ең салқын ең кішкене планета. Оның диаметрі 2260 км, ал бетінің орташа температурасы  $-230^{\circ}\text{C}$ . Ғалымдар планетада өте сирек азот пен метаннан тұратын салқын атмосфера бар болар деп жобалайды. Плутонның түнгі аспанында Күн тек жарық жұлдыз тәрізді көрінеді. Оның серігі Харон планетадан екі есе кіші. Күн жүйесінің соңғы планетасы 1930 жылы табылды, оған әлі ешқандай ғарыш аппараттары ұшып барған жоқ. Соңғы кезде Плутонды Күн жүйесіне кіретін тең құқықты планета арасына жатқызуға бола ма деген пікірталас та қызу жүріп жатыр. Ал Жерден алынған фотосуреттермен оның қандай да бір ерекшеліктерін анықтауға әлі мүмкіндік болмай тұр. Плутон мен Харонды зерттеу дәуірі әлі алда

### *Алып планеталар*

Алып планеталардың (Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун) өлшемдері мен массалары үлкен, ал орташа тығыздығы аз (ең аз Сатурнда –  $0,7\text{г/см}^3$ ). Барлық алып планеталардың құрылымдары ұқсас. Алып планеталар Күннен өте алыс қашықтықта жатыр. Барлық алып планеталар серіктерімен қоршалған. Отыз жыл бұрын белгілі серіктердің саны отыздан аспап еді. Қазір олардың алпысы белгілі. Серіктердің бір-біріне ұқсамайтындығы таңдандырады. Қазіргі кезде Юпитерде 16, Сатурнда 17, Уранда 15, тек Нептунда ғана 8 серік бар. Юпитер Күн жүйесіндегі ең үлкен және ең ауыр планета, түрлі түсті. Юпитердің көлемі Жерден 1320 есе, ал салмағы 315 есе артық. Юпитер кішкентай жұлдыз болып қалар еді. Әйтсе де өзінің жеке жылу көзі бар, ол заттың радиоактивті ыдырауы және сығылуы кезінде бөлініп шығаратын энергия. Юпитердің орталық ауданындағы ток өткізетін метанды сутектің өте аз айналуының нәтижесінде қуатты магнит өрісінің өндірілуі мүмкін. Юпитердің магнит өрісінің Күн желімен өзара әсерлесуінен атмосферада полюстік шұғыла мен найзағай құбылыстары байқалады. Юпитердің үлкен қызыл дағы – өлшемі жерден екі есе үлкен болатын циклон. Үлкен қызыл дақ осінен 6 күнде бір толық айналып шығады. Сыртқы серіктері планетадан құралсыз көзбен көрінбейтін қашықтықта орналасқан, ал ең алыс серіктің бетінен қарағанда Юпитер Айдан да кіші болып көрінеді.

Сатурн Күн жүйесіндегі құралсыз көзбен бақылауға болатын соңғы планета. Оның тығыздығы Күн жүйесіндегі планеталар тығыздығының бәрінен де, тіпті қарапайым судың тығыздығынан да аз. Егер Сатурн сиятын мұхит табу мүмкін болса, онда ол мұхитта қалқып жүрер еді. Сатурн ені 275 000 км, ал қалыңдығы бір километрден артық емес, өзінің қуатты сақиналар жүйесімен ерекшеленеді. 5 млрд жыл бұрын Күннің айналасында да көптеген ұсақ денелер мен бөлшектерден тұратын осындай сақинаның бірігуі нәтижесінде планеталар пайда болады. Яғни, осы сақиналар планетаның пайда болу механизмін түсінуге көмектеседі. Уран. Уран да барлық алып планеталар тәрізді жартылай сұйық, жартылай газ күйінде тұрады. Планетаның ішінде елеулі ірі ақтты ядросы бар. Газ қабығының астында қалыңдығы планетаның радиусының үштен біріндей жерде су, амиак және метаннан тұратын, температурасы бірнеше жүз градус болатын тғыыз мұхит орналасқан. Ондағы атмосфераның қысымы 200 мың жер атмосферасы қысымнан кем емес. Басқа алып планеталарға ұқсас Уранның атмосферасы, негізінен, сутегінен, гелийден және метаннан тұрады және олардың салыстырмалы қатынасы Юпитер мен Сатурнға қарағанда төмен. Уранның ту көгілдір, өйткені оның атмосферасының жоғарғы қабатында сутегі мен гелийдің түтіні бар. Уранның магнит өрісі жердікі сияқты күшті, бірақ магниттік полюс географиялық полюстан шамалы 500 – қа ауытқыған. Уранда 9 сақина бар. Олар: тығыз, жіңішке, сатурынның сақина – карина мың есе жіңішке, түстері көмірдей қара. Нептун. Күннен 4,5 млрд км қашықтықта жатыр, бұл жерден 30 есе алыс деген сөз. Нептуннің өлшемі Ураннан аз ғана кіші және ал газды алып планеталар ішіндегі ең кішісі болып есептеледі. Оның жарықтануы жер бетінен 900 есе Юпитерден 30 есе кем. Нептун атмосферасының құрамы алып планеталарға ұқсас екенін өлеулер көрсетті: 13% гелий, 85% сутегі және басқа заттар мен метанның қапасы бар. Нептун атмосфераның жоғары қабаттарының қозғалысы әдеттегіден өзгеше



жүреді. Планетаның өз өсінен шығысқа қарай айналуына қатысты алғанда атмосфералардың қозғалысы батысқа қарай бағытталған, оның үстіне экватордағы бұлт баяу қозғалады. Күн жүйесіндегі жерлердің күштісі Нептунда соғады, оның жылдамдылығы дыбыстың жылдамдығына жетеді.

Жер тобының планеталары және алып планеталар туралы қорытынды.

Жер тобындағы планеталар жөніндегі негізгі мәліметтер XX ғасырда алынады. Планетаның бетін тікелей жанама әдістерімен зерттеулер негізінде планеталардың атластары құрастырылады. Олардың бетінде планеталар белгіленеді. Алып планеталар жөніндегі негізгі мәліметтерді ғалымдар XX ғасырда 70-80 жылдарында олардың американың ғарыш кемелері, Ваяджерлер ұшып өткеннен кейін ғана алды. Ол арқылы жерге жіберілген тамаша суреттер теориялық есептеулер нәтижесін растады және жаңа жаңалықтарды ашты.

### Бақылау сұрақтары

1. Жұлдыздар құрлысы қандай?
2. Жұлдыздар жарықтылығы деген не?
3. Жер тобының планеталары ?
4. Алып планета деген не?

### Қолданған әдебиеттер

1. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б., Физика-11, Алматы "мектеп" 2010 ж.
2. Жданов Л.С. Физика. Учебник для средних специальных учебных заведений. М. 1987 г.
3. Рымкевич А.П. Физика есептер жинағы. М. 1990ж.
4. Сборник задач и вопросов по физике. Учебное пособие для ССУЗов. Под редакцией Р.А.Гладковой М. 1988г.