



# ЭЛЕКТР ЖӘНЕ МАГНЕТИЗМ, АТОМДЫҚ ФИЗИКАНЫҢ АРНАЙЫ ТАРАУЛАРЫ

---

Лектор: ф.-м.ғ.к., профессор Қоданова Сандуғаш  
Құлмағамбетқызы



## Электромагнетизм. Электр және магнит өрістері

**Эксперимент арқылы** электромагнит тарапынан  $v$  жылдамдығымен қозғалатын  $q$  зарядына әсер ететін күш

$$F = q \left( E + [vB] \right)$$

қатынасымен анықталатынын дәлелденген.

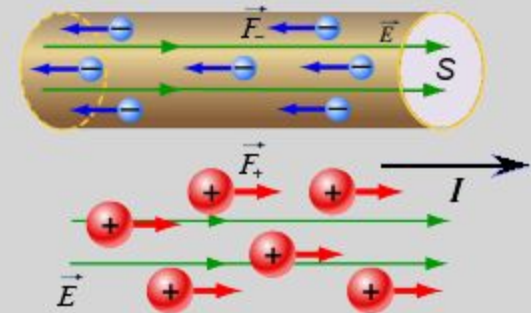
Егер электромагниттік өрісті **зарядтар жиыны** тудырса,  $E$  және  $B$  шамалары жекелеген зарядтардың электр және магниттік өрістерінің қосындысымен анықталады.

$$E = \sum_i E_i$$

$$B = \sum_i B_i$$

Зарядта қозғалыста болса, олардың әсерлесу күшін Кулон заңы толық алмайды. Себебі, қозғалыстағы зарядтар бір-бірімен тек Кулон заңымен анықталатын күшпен ғана әсерлесіп қоймай, олардың қозғалысы нәтижесінде пайда болатын магнит күшімен де өзара әсерлеседі.

## Электр тогы. Ток күші және ТОКТЫҢ ТЫҒЫЗДЫҒЫ.



**Электр тогы** дегеніміз зарядтардың кеңістіктегі реттелген қозғалысын айтады. Заряды бар, қозғала алатын бөлшектерді **заряд тасушылар** дейді. Өткізгіштерде электр өрісінің әсерінен пайда болатын тоқты **өткізгіш токтары** дейді.

*Электр тогы пайда болу үшін төмендегі шарттар орындалу керек:*

- ортада ілгерлемелі қозғала алатын еркін зарядтар болу керек;
- зарядтарды бағытталған қозғалысқа келтіріп жұмыс істейтін электр өрісі болуы қажет. Өрістің энергиясы жұмыс істеу нәтижесінде таусылғанда ток нөлге айналады.

Ток ұзақ уақыт жүру үшін электр өрісінің энергиясы үздіксіз толықтырып отырылуы керек. Өрістің энергиясын уақыт бойынша толықтырып отыратын энергия көзі **электр қозғаушы күші (ЭҚК)**, не **ток көзі** дейді.

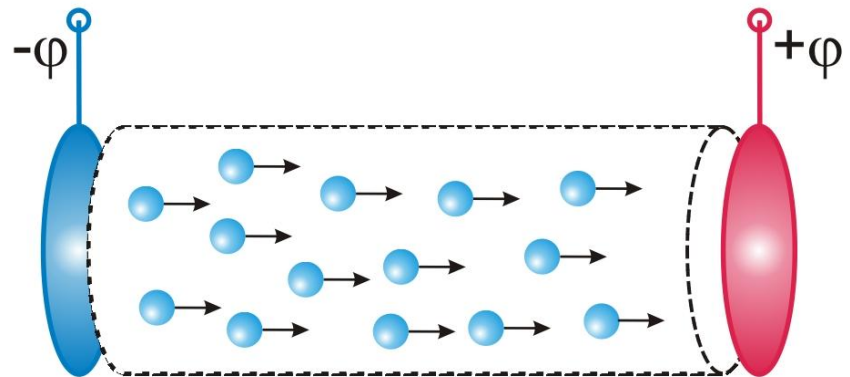
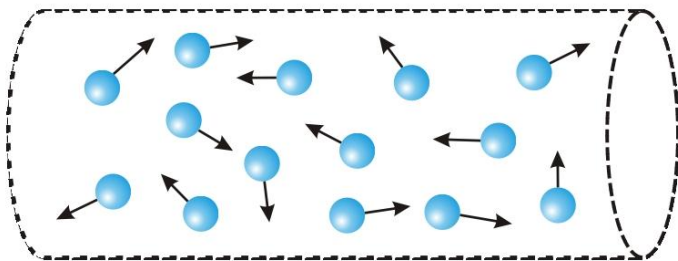
**Электр тогының бағыты** үшін оң зарядтың қозғалу бағыты алынады. Электр тогын сипаттау үшін **ток күші** деген шама ендіреді. **Ток күші** дегеніміз өткізгіштің көлденең қимасы арқылы бір өлшем уақытта тасылып өтетін заряд шамасына тең.

Ток тұрақты болу үшін өткізгіштің еш жерінде заряд не шоғырланбау керек, не азаймау керек. Ол үшін, біріншіден, тұрақты ток тізбегі **тұйық**, екіншіден, өткізгіштің кез-келген элементар көлеміне бір өлшем уақытта **қанша заряд кірсе, сонша заряд одан шығу керек.**

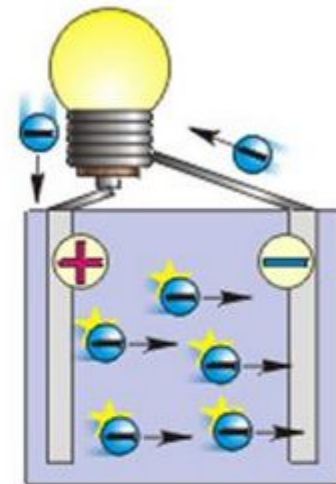
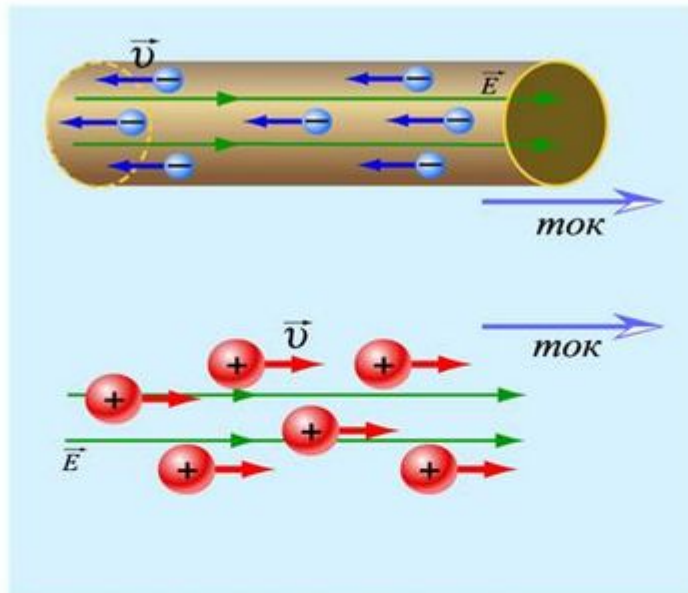
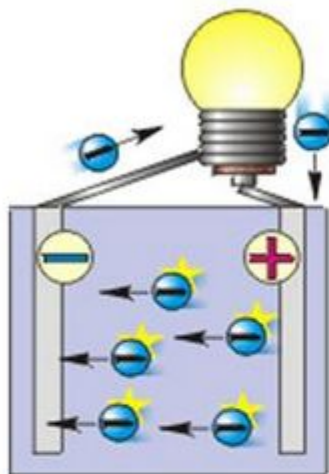
## Электр тогы

Зарядталған денелер тек электр өрісін ғана емес сонымен қатар электр тогын да тудырады

- Электр өрісін тудыру үшін кеңістікте қозғалыссыз, байланған зарядтар керек
- Электр тогын электростатикалық өрісте қозғалатын бос зарядтар тудырады



**Электр тогы** дегеніміз электр зарядтарының реттелген (бағытталған) қозғалысы



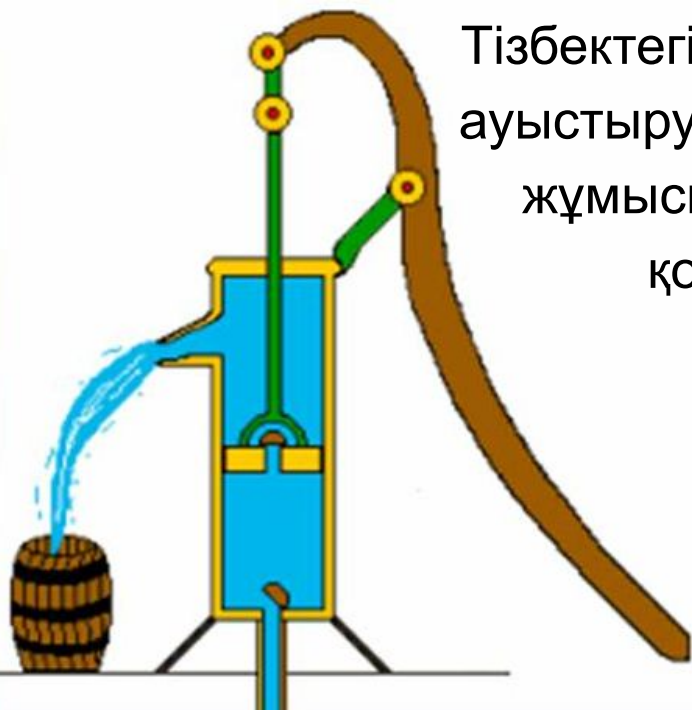
## Электрический ток – упорядоченное движение заряженных частиц.

Для существования электрического тока необходимы следующие условия:

1. Наличие свободных электрических зарядов в проводнике;
2. Наличие внешнего электрического поля для проводника.

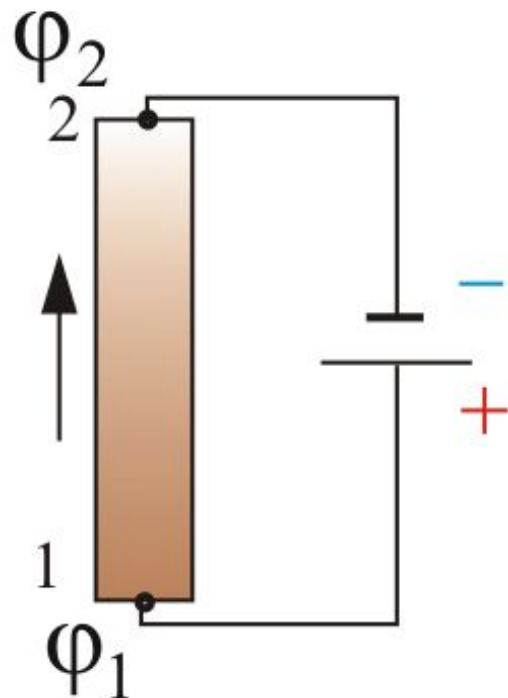
## ЭҚК (электр қозғаушы күш)

Электр тогы нөлге айналмас үшін электр өрісінің энергиясы белгілі бір энергия көзінің энергиясының есебінен толықтырылып отырылуы керек. Бұл энергия көзін **кернеу көзі**, не **ток көзі** дейді.



Тізбектегі бірлік оң зарядтың орнын ауыстыруға кететін бөгде күштердің жұмысына тең шаманы электр қозғаушы күш дейміз:

$$\varepsilon = \frac{A}{q} \left[ \frac{\text{Дж}}{\text{Кл}} \right] = [V]$$



*Ампер – өткізгіштің кез-келген көлденең қимасы арқылы " секнд ішінде 1 кулон зарядтың тасылуын қамтамасыз ететін ток күші*

## Электр тогы

Токтың  $I$  сандық шамасын қарастырылып отырған қима ауданы  $S$  арқылы қандай да бір уақыт мезетінде өтетін заряд береді, яғни

$$I = \frac{dq}{dt} \left[ 1A \frac{\text{Кл}}{c} \right]$$

Егер, бос зарядтардың қозғалысы кеңістікте қайта үлеспейтін болса, яғни, уақыт бойынша заряд тығыздығы өзгеріссіз қалса, онды бұл жекеленген жағдайда электр өрісі тағы статикалық болады. Бұл тұрақты ток кезіндегі жағдай. Уақыт бойынша бағыты мен шамасын өзгертпейтін ток, **тұрақты ток** деп аталады.



## Ток тығыздығы

Өткізгіштің көлденең қимасы арқылы тасылатын заряд шамалары қиманың беті бойынша біртекті болмай әр түрлі болуы мүмкін.

Электр тогының өткізгіштің қима бетімен таралуын сипаттау үшін **ТОК ТЫҒЫЗДЫҒЫНЫҢ ВЕКТОРЫ** шама ендіріледі.

Электр тогының  
негізгі сипаттамалары

Күші (скаляр шама) (int.)

Тығыздығы (векторлық шама) (dif.)

$$I = \int_S (j, dS)$$

немесе керісінше

Ток тығыздығы модулінің векторы сандық түрде ток күші мен ол перпендикуляр өтетін ауданның қатынасымен анықталады

$$j = \frac{dI}{dS_{\perp}}$$



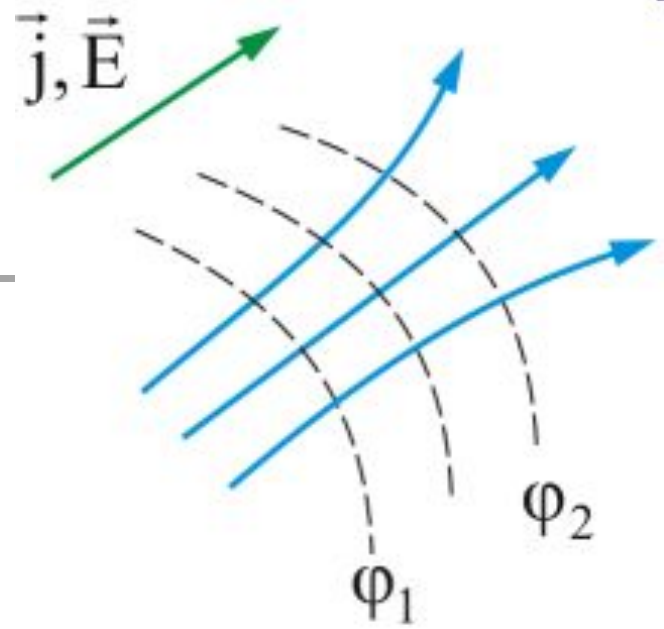


$$\vec{j} = \rho \vec{v}$$

$\vec{j}$  векторының бағыты  $v$  (зарядтардың қозғалыс (жылдамдығы) бағытымен алынады)

$$\vec{j} = q_+ n_+ \vec{v}_+ + q_- n_- \vec{v}_-$$

$$\vec{j} = en\vec{v}$$



$$I = jS$$

Біртекті өткізгіш үшін

$$\frac{j_2}{j_1} = \frac{S_1}{S_2}$$



## Өткізгіш бойымен зарядтардың таралуы

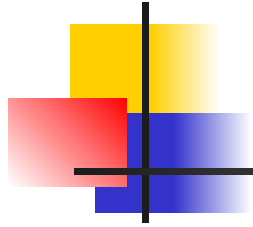
---

Электростатикалық өріс кернеулігі  $E$  мен потенциалы  $\varphi$  кеңістіктегі зарядтардың тығыздықтарының  $\rho$  таралуына байланысты, яғни Пуассон теңдеуі.



$$\nabla E = \frac{1}{\varepsilon} \rho \quad \text{және} \quad \Delta \varphi = \frac{1}{\varepsilon} \rho$$

$$\rho = \frac{\partial q}{\partial V} \quad \text{зарядтың көлемдік тығыздығы}$$



Егер зарядтар қозғалыссыз болса, онда кеңістіктегі зарядтардың таралуы стационар болады, демек  $\rho$  уақытқа тәуелсіз болады, нәтижесінде  $E$  және  $\phi$  тек координаттың функциясы болады. Осы себепті өріс **электростатикалық** деп аталады.

Ал бос зарядтардың бар болуы  $\rho$  уақыттың функциясы болуына әкеледі, демек электр өрісінің сипаты мен уақыт бойынша өзгерісін тудырады осылайша электр тогы пайда болады.



## Қорытынды

---

**Электр тогы** дегеніміз зарядтардың кеңістіктегі реттелген қозғалысын айтады. Заряды бар, қозғала алатын бөлшектерді **заряд тасушылар** дейді. Өткізгіштерде электр өрісінің әсерінен пайда болатын тоқты **өткізгіш токтары** дейді.

Электр тогы пайда болу үшін төмендегі шарттар орындалу керек:

- ортада ілгерлемелі қозғала алатын еркін зарядтар болу керек;
- зарядтарды бағытталған қозғалысқа келтіріп жұмыс істейтін электр өрісі болуы қажет. Өрістің энергиясы жұмыс істеу нәтижесінде таусылғанда ток нөлге айналады.

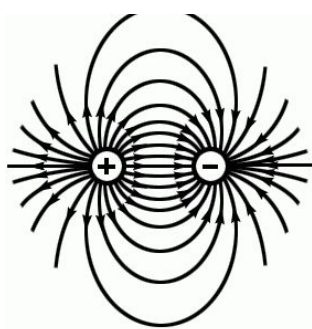
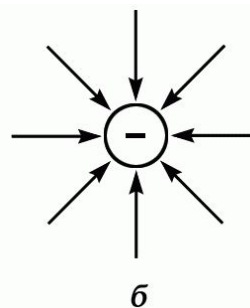
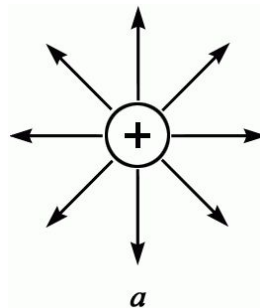
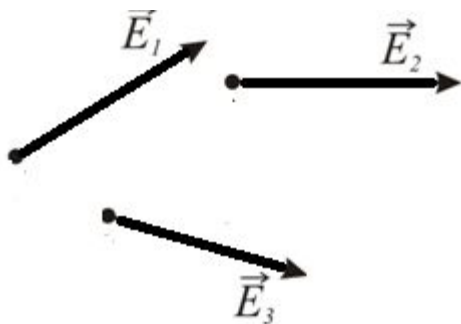
Ток ұзақ уақыт жүру үшін электр өрісінің энергиясы үздіксіз толықтырып отырылуы керек. Өрістің энергиясын уақыт бойынша толықтырып отыратын энергия көзі **электр қозғаушы күші (ЭҚК)**, не **ток көзі** дейді.

**Электр тогының бағыты** үшін оң зарядтың қозғалу бағыты алынады. Электр тогын сипаттау үшін **ток күші** деген шама ендіреді. **Ток күші** дегеніміз өткізгіштің көлденең қимасы арқылы бір өлшем уақытта тасылып өтетін заряд шамасына тең.

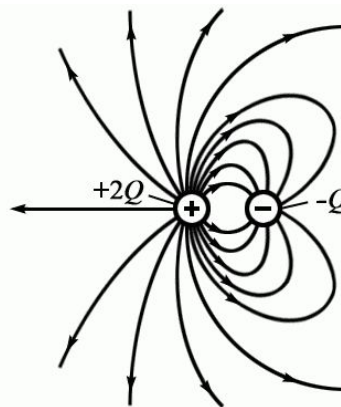
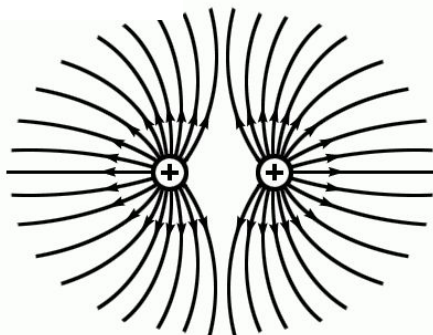
Ток тұрақты болу үшін иөткізгіштің еш жерінде заряд не шоғырланбау керек, не азаймау керек. Ол үшін, біріншіден, тұрақты ток тізбегі **тұйық**, екіншіден, өткізгіштің кез-келген элементар көлеміне бір өлшем уақытта **қанша заряд кірсе, сонша заряд одан шығу керек.**

Егер кеңістіктің әр нүктесіне кез-келген  $f(x,y,z)$  физикалық шамасының белгілі бір мәні сәйкес қойылса, онда осы кеңістікте қарастырылып отырған физикалық шаманың өрісі берілді деп есептеледі. Егер физикалық шама скаляр болса, өріс **скалярлық өріс**, ал **вектор** болса **векторлық өріс** болады.

## $\vec{E}$ векторының бағыты (графикалық кескінделуі)

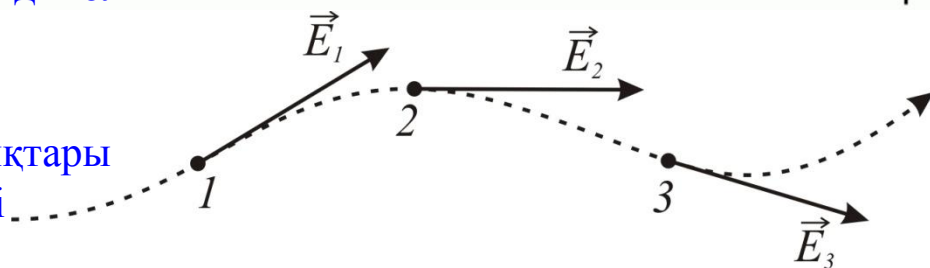


ДИПОЛЬ



Фарадей

Күш сызықтары әдісі





## Тогы бар өткізгіштердің өзара әсері. Электромагниттік өлшем бірліктер жүйесі (МӨЖ)

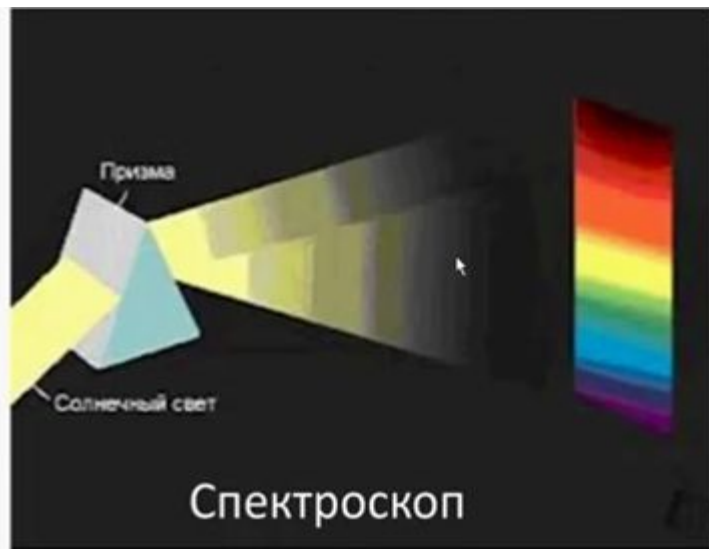
---

Дискретті зарядтар жүйесінің өрісін, Кулон заңын және тәуелсіздік принципін қолдану арқылы қалай анықтауға болатындығын көрдік. Енді үздіксіз орналасқан зарядтардың Электростатикалық өріснің кернеулігін есептеудің ерекшеліктеріне тоқталыңыз.

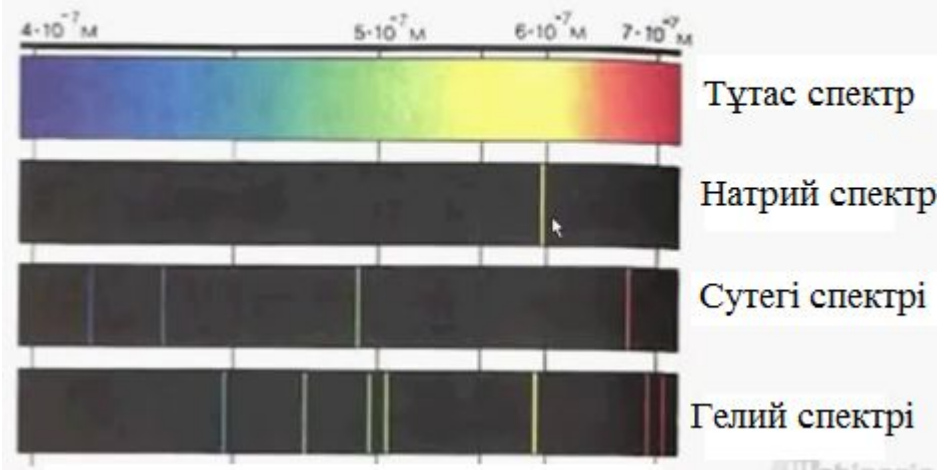
# Атомдық спектрлер

Берілген дене шығаратын (немесе жұтатын) электромагниттік сәуле жиіліктерінің (немесе толқын ұзындықтарының) жиыны шығару (немесе жұтылу) спектрі деп аталады.

- Қыздырылған қатты денелер, сұйықтықтар, тығыз газдар **тұтас спектр** шығарады
- Өзара бірімен-бірі әсерлеспейтін, еркін атомдардың спектрі жеке спектрлік сызықтардың белгілі жиындықтарынан тұратын **сызықтық спектр** болады.

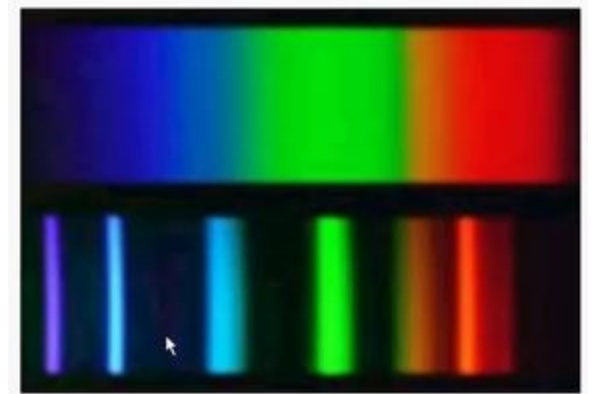


## Сызықтық спектр

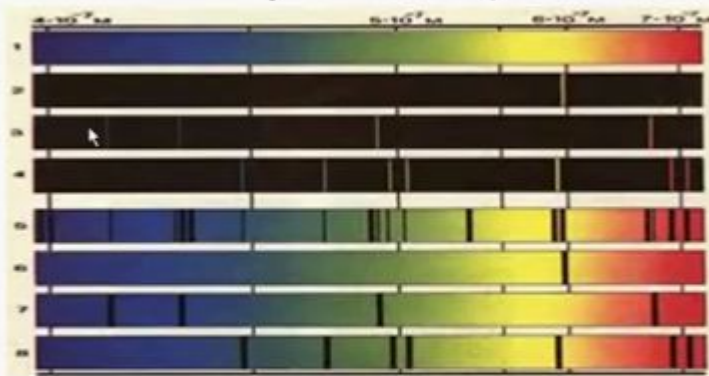


# Атомдық спектрлер

- Молекулалар жолақ спектр шығарады

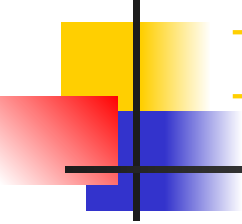


Жұтылу спектрі



Жұтылу спектрі шығару спектрімен сәйкес келеді





**Бордың квантық теориясы.** Бор постулаттары. Франк-Герц тәжірибелері. Сутегі атомының Бор ұсынған моделі. Бор теориясының кемістіктері.

---

## ■ Бордың постулаттары.

1. Классикалық механика тұрғысынан атомда мүмкін болатын шексіз көп электрон орбиталары ішінен, шындығында  $mvr=n$  ( $n=1,2,\dots$ ) белгілі кванттық шарттарды қанағаттандыратын тек кейбір дискретті орбиталар іске асады. Электрон осы стационарлық орбиталардың біреуінің бойымен үдей қозғалғанмен ешбір электромагнит-тік толқын (жарық) шығармайды. Осындай орбиталарға сай атомның стационарлық (орнықты) күйдегі энергиясының дискретті мәндері ( $E_1, E_2, E_3,\dots$ ) болады.
2. Электрон бір стационарлық күйден екінші стационарлық күйге көшкенде ғана жарық энергиясы кванттары түрінде шығарылады немесе жұтылады.

Жарық квантының шамасы араларында электрон кванттық көшу жасайтын стационарлық күйлер энергияларының айырмасына тең:

$$\hbar \omega = E_n - E_m$$

Ридберг-Ритцтің комбинациялық принципі

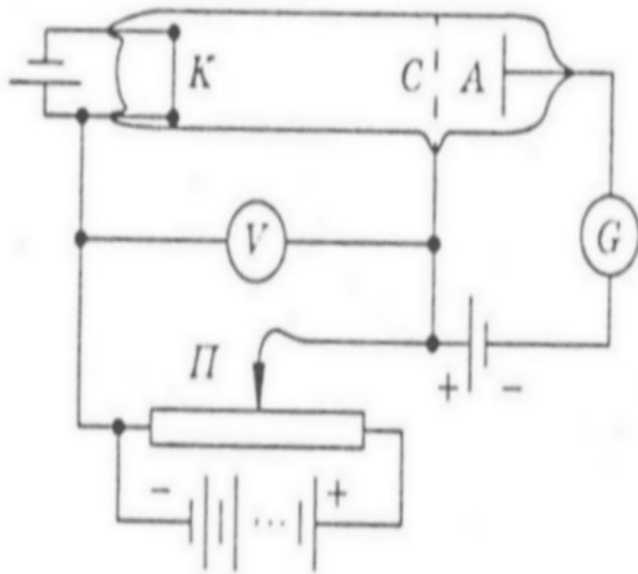
$$\tilde{\nu} = \frac{1}{\lambda} = T(m) - T(n) \quad , n > m$$

Спектроскопиялық толқындық саны үшін Бордың жиіліктер ережесі мына түрде жазылады:

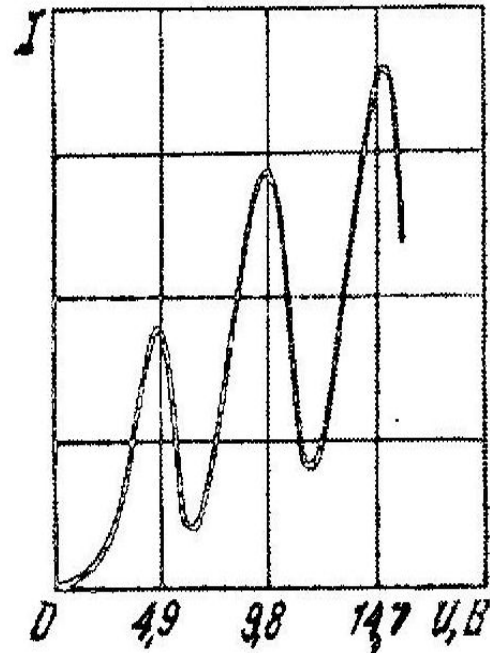
$$\tilde{\nu} = \frac{\omega}{2\pi \cdot c} = \frac{E_m - E_n}{2\pi \cdot c \hbar} = \left( -\frac{E_m}{2\pi \cdot c \hbar} \right) - \left( -\frac{E_n}{2\pi \cdot c \hbar} \right)$$

$$T(m) = -\frac{E_m}{2\pi \cdot c \hbar}, T(n) = -\frac{E_n}{2\pi \cdot c \hbar}$$

# Франк-Герц тэжірибелері.



3.1-сурет



3.2-сурет

# Сутегі атомының энергетикалық күйлері

$$r = r_n = 4\pi\epsilon_0 \hbar^2 n^2 / (me^2 Z) = \epsilon_0 h^2 n^2 / (\pi m e^2 Z)$$

$$v = v_n = \frac{n\hbar}{mr} = \frac{e^2 Z}{4\pi\epsilon_0 n\hbar} = \frac{e^2 Z}{2\epsilon_0 h n} \quad v_n = \frac{me^4 Z^2}{4\pi\epsilon_0^2 n^3 h^3}$$

$n=1$  мәніне сәйкес келетін, энергиясы ең аз күй, **негізгі** немесе **қалыпты күй** деп аталады, өйткені осы төменгі энергетикалық күйде атом уақыттың көп бөлігін өткізеді.  $n=2, 3, 4, \dots$  мәндерге сәйкес күйлер **қозған күйлер** деп аталады, өйткені осы күйлердің кез-келгенінде атом негізгі күйге қарағанда көбірек энергия қабылдайды.

$$E = E_k + E_{\Pi} = -\frac{me^4 Z^2}{8\epsilon_0^2 h^2} \frac{1}{n^2} = -\frac{me^4 Z^2}{32\pi^2 \epsilon_0^2 \hbar^2} \cdot \frac{1}{n^2}$$

# Сутегі атомының спектрі

$$\hbar\omega = E_k - E_i = \frac{me^4 Z^2}{32\pi^2 \varepsilon_0^2 \hbar^2} \left( \frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_k^2} \right)$$

$$\tilde{\nu} = \frac{\omega}{2\pi \cdot c} = \frac{E_k - E_i}{2\pi \cdot c \hbar} = \frac{me^4 Z^2}{64\pi^3 \varepsilon_0^2 \hbar^3 c} \left( \frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_k^2} \right)$$

$$R_\infty = \frac{me^4}{8\varepsilon_0^2 h^3 c} = \frac{me^4}{64\pi^3 \varepsilon_0^2 \hbar^3 c}, \text{ м}^{-1}, \quad R_\infty = \frac{me^4}{64\pi^3 \varepsilon_0^2 \hbar^3 c}, \text{ с}^{-1}$$

$$\mu = \frac{mM}{m + M}$$

$$R = \frac{\mu e^4}{64\pi^3 \varepsilon_0^2 \hbar^3 c}$$

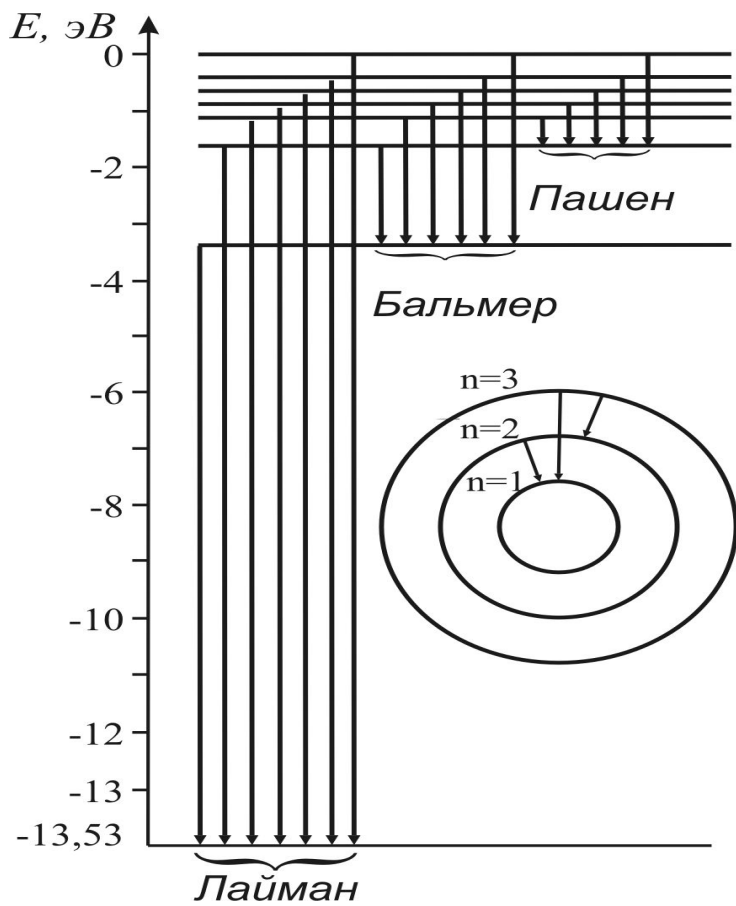
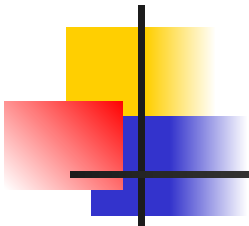
$$R = 109677,6 \text{ см}^{-1}$$

# Спектрлік сызықтардың ИЗОТОПТЫҚ ҮҒЫСУЫ

- Сутегі атомы мен сутегі тәрізді иондардың жиіліктері үшін формулалар мына түрге келеді

$$\omega_{nk} = \frac{R_{\infty}}{1 + \frac{m}{M_H}} \left( \frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2} \right), \quad \omega_{nk} = Z^2 \frac{R_{\infty}}{1 + \frac{m}{M_Z}} \left( \frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

Әр түрлі изотоптар ядроларының массаларындағы айырмашылық бұлардың шығару спектрлеріндегі сызықтардың бір-біріне қатысты үғысуын туғызады. Сызықтардың осы үғысуы **ИЗОТОПТЫҚ ҮҒЫСУ** деп аталады.



3.3-сурет