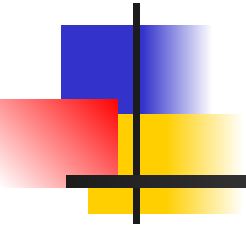


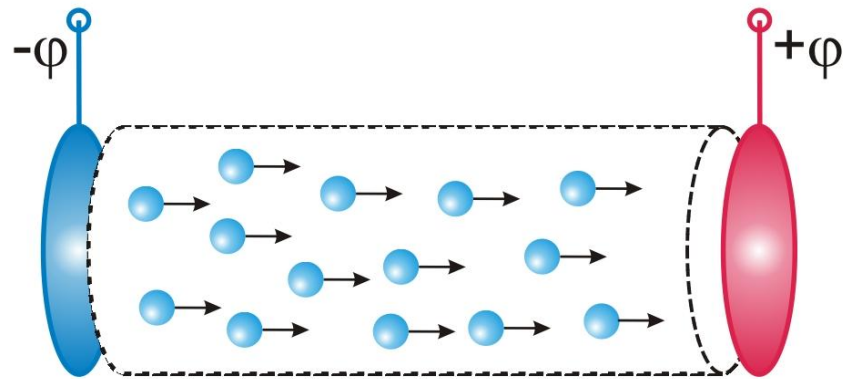
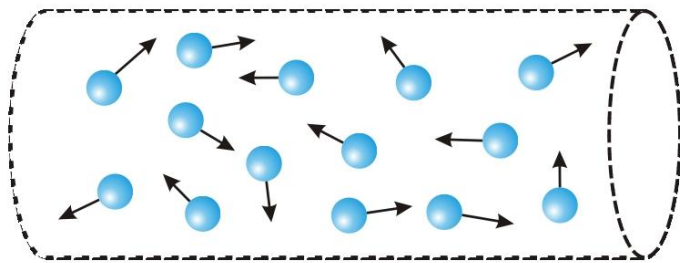
ЭЛЕКТР ЖӘНЕ МАГНЕТИЗМ,
АТОМДЫҚ ФИЗИКАНЫҢ
АРНАЙЫ ТАРАУЛАРЫ



Электр тогы және оның тығыздығы

Өткізгіштегі заряд тасушылар екі түрлі қозғалыста болады:

- Ретсіз орташа жылулық қозғалыс
- Реттелген, бағытталған қозғалыс



Егер өткізгіштегі зарядталған бөлшектердің реттелген қозғалысы, яғни электр тогы, электр өрісінің әсерінен пайда болса, ондай электр тогын өткізгіш тогы дейді.

Тұрақты электр тогы

Зарядтардың бағытталған қозғалысының әсерінен туатын өрістердің ерекшеліктерін зерттейтін физиканың саласын *электродинамика* дейді.

$$\Delta q = \rho v n \Delta S \Delta t$$

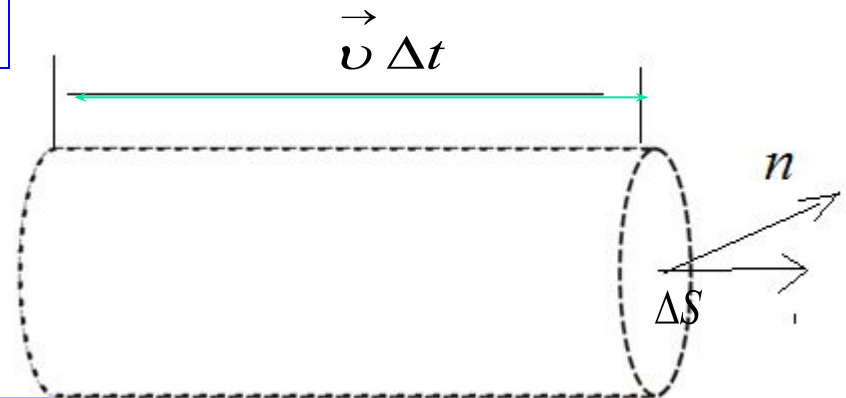
Бір өлшем уақытта, бір өлшем аудан арқылы ағып өтетін зарядтар ағыны

$$j = \rho v$$

Кез-келген S беті арқылы бір өлшем уақытта ағып өтетін заряд саны, яғни ток шамасы

$$I = \int_S j n dS$$

$$j n \Delta S$$

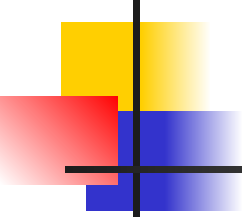


Заряд ешқайда жоғалмаса, ешқайдан пайда болмаса, яғни зарядтың сақталу заңы орындалса, S беті арқылы бір өлшем уақытта, сыртқа шығатын заряд шамасы

$$\int_S j n dS$$

$$\nabla j = - \frac{\partial \rho}{\partial t}$$

Зарядтың сақталу заңының дифференциалдық түрі.

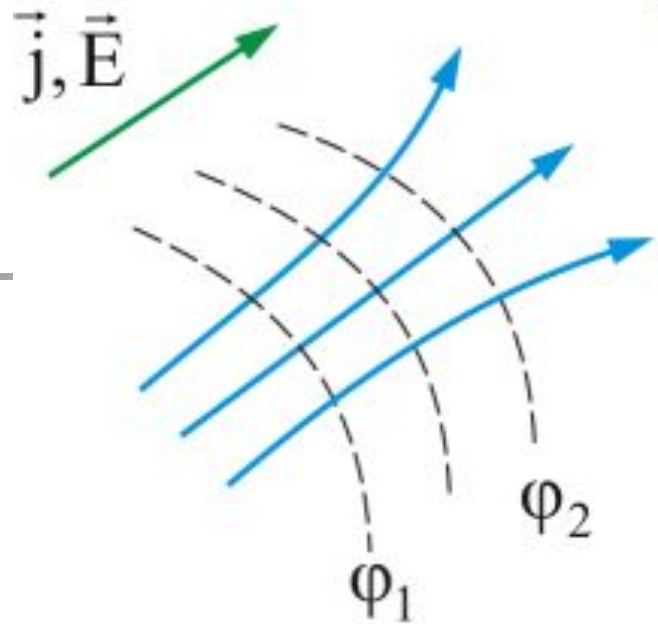


$$\vec{j} = \rho \vec{v}$$

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

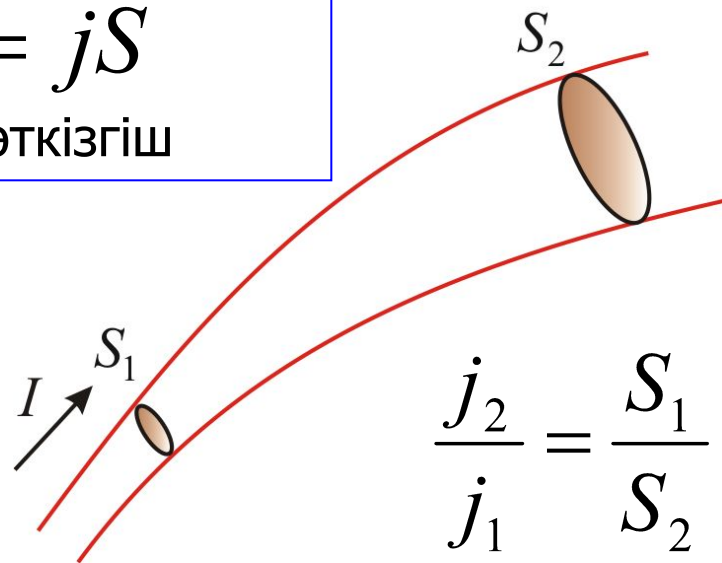
$$\vec{j} = q_+ n_+ \vec{v}_+ + q_- n_- \vec{v}_-$$

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



$$I = jS$$

Біртекті өткізгіш үшін



Электр тогы

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

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

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.



Қорытынды

- 
- Тыныштықтағы зарядтар мен қозғалыстағы зарядтардың электр өрістері бір-бірінен өзгеше.
 - Қозғалыстағы зарядқа электромагниттік өріс тарапынан әсер ететін күш екі құраушыдан тұрады; бірінші, Кулон заңымен анықталатын күштен, екінші, зарядтың қозғалу жылдамдығына тәуелді күштен тұрады;
 - Кеңістікте зарядтардың бағытталған ағынын электр тогы дейді;
 - Кез-келген көлденең қима арқылы бір өлшем уақытта тасылып өтетін заряд мөлшері электр тоғының күшін анықтайды. Ал, бір өлшем уақытта тасылып өтетін заряд мөлшерін тоқтың тығыздығы дейді.
 - Тоқтың бағыты оң зарядтың қозғалу бағытымен анықталады;
 - Электр тізбегінде тоқ пайда болу үшін, бірінші, заряд тасуға қатынаса алатын еркін зарядталған бөлшектер болу керек, екінші, зарядталған бөлшектерді ұмтылмалыбағытталған қозғалысқа қатынасуға мәжбүр ететін, потенциал айырымын тудыратын, сыртқы энергия көзі қажет.
 - Егер ток күшінің тығыздығының бағыты және шамасы уақытқа тәуелсіз болса, ондай токты *тұрақты тоқ*, ал егер олардың ең болмағанда біреуі уақыт бойынша өзгермелі болса, онда ондай токты *айнымалы тоқ* дейді

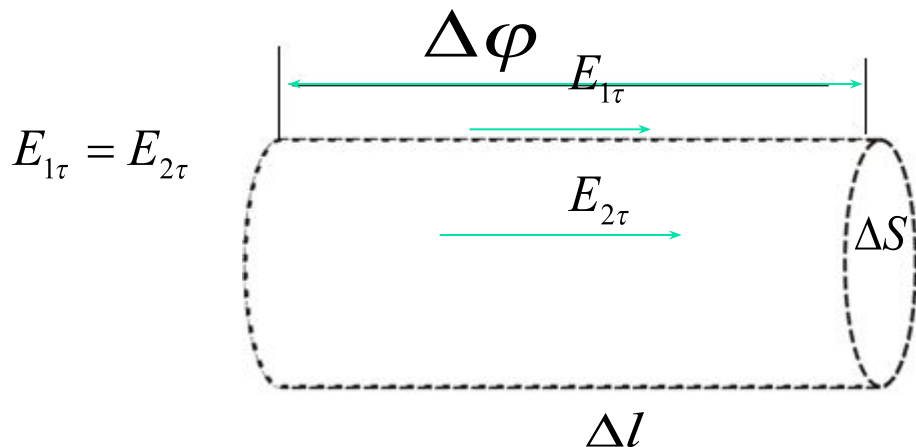
Ом заңы

$$I = \frac{U}{R}$$

Егер меншікті электр өткізгіштігін σ , көлденең қимасын S , ал ұзындығын Δl арқылы белгілесек, өткізгіштің кедергісі үшін өрнек былай жазылады

$$R = \frac{1}{\sigma} \frac{\Delta l}{\Delta S}$$

$$I_{\tau} = j_{\tau} \Delta S$$

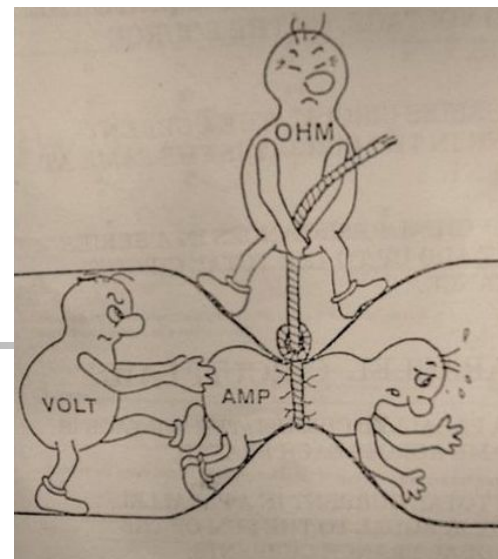


$$E_{\tau} = \left| \frac{\Delta\varphi}{\Delta l} \right|$$

$$\Delta\varphi = j_{\tau} \Delta S \frac{1}{\sigma} \frac{\Delta l}{\Delta S}$$

$$j_{\tau} = \sigma E_{\tau}$$

$$\vec{j} = \sigma \vec{E}$$

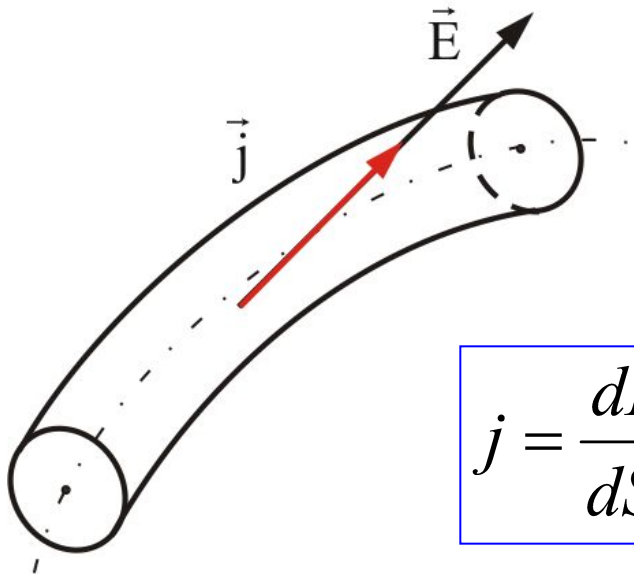


Дифференциалдық формадағы Ом заңы

$$I = \frac{U}{R} \text{ интегралдық түрі}$$

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

j және E векторлары коллинеарлы



$$I = \frac{U}{R} = \frac{Edl}{\rho \frac{dl}{dS}} = \frac{EdS}{\rho}$$

$$j = \frac{dI}{dS} = \frac{1}{\rho} E$$

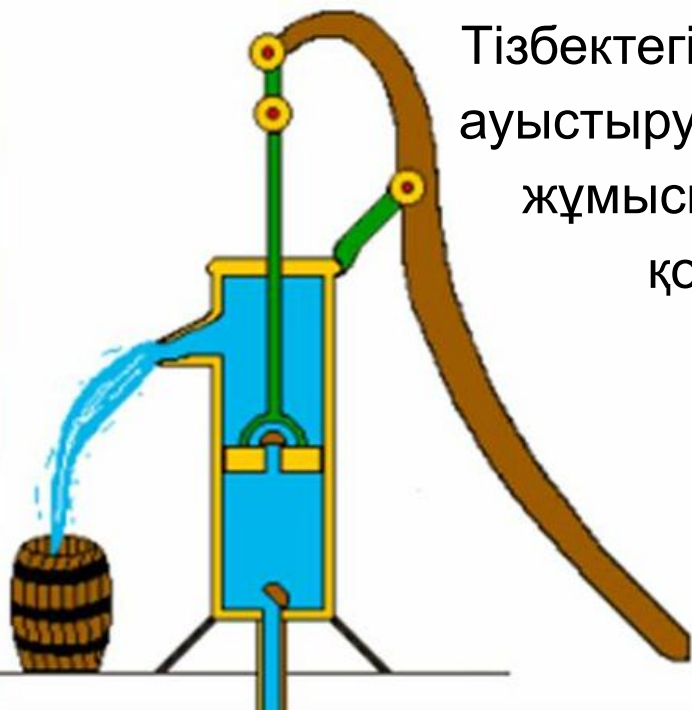
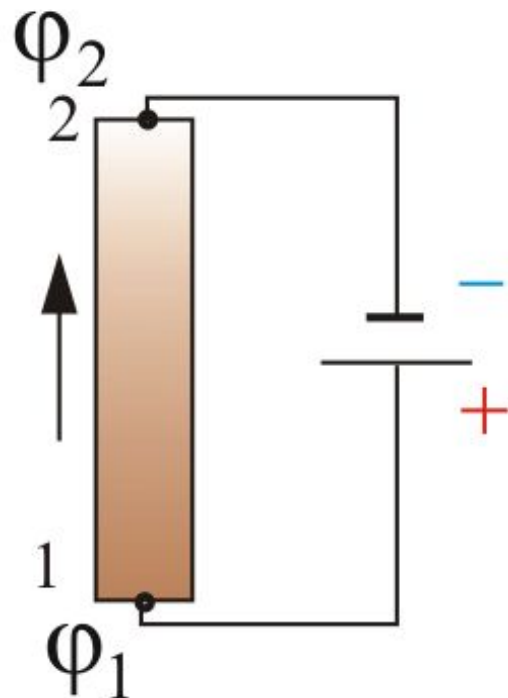
$$\vec{j} = \sigma \vec{E}$$

ЭҚК (электр қозғаушы күш)

Электр тізбегіне жалғанған ЭҚК-нің негізгі әрекеті-оның ішіндегі бейтарап бөлшектерді оң және теріс зарядталған бөлшектерге ажырату.

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

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

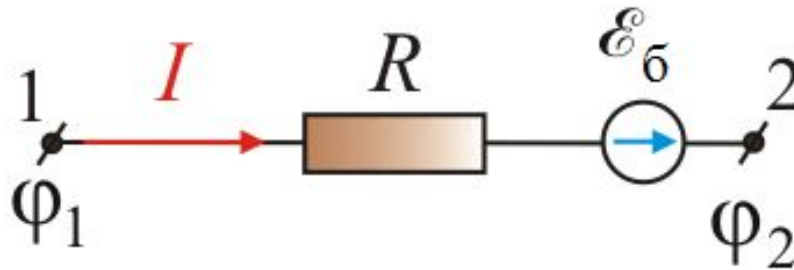




Қорытынды

- Тұрақты тоқ тізбегіндегі тоқтың шамасы Ом заңымен анықталады: тоқтың шамасы потенциал айырымына тура, ал кедергіге кері пропорционал;
- Тоқ өтіп тұрған өткізгіш бетінің маңындағы өрістің кернеулігі өткізгіш бетіне жанама бойымен бағытталған және өткізгіш бетінің ішкі және сыртқы жақтарда орналасқан құраушылары өзара тең болады;
- Тізбекте ток үздіксіз өту үшін оған энергия көзін-ЭҚК-ін жалғайды;
- Электр тізбегіне жалғанған ЭҚК-ің негізгі әрекеті- оның ішіндегі **бейтарап бөлшектерді оң және теріс зарядталған бөлшектерге ыдырату.**
- Зарядталған бөлшектердің бір-біріне тізбектеле әсер етулері салдарынан олардың өткізгіште таралып орналасулары өзгеріп, өткізгіштің ішкі қабатында зарядтарды бағытталған қозғалысқа келтіретін электр өрісі пайда болады;

Тізбектің біртекті емес бөлігі үшін Ом заңы



Тізбектің кез-келген нүктесіндегі электр өрісінің кернеулігі осы жердегі кулондық күші өрісі мен бөгде күштер өрісінің векторлық қосындысына тең

$$\vec{E} = \vec{E}_q + \vec{E}_б.$$

Тізбектің (1-2) бөлігіндегі бірлік оң зарядтың орнын ауыстыруға кеткен кулондық және бөгде өріс күштері қосындысының жұмысына тең шаманы, осы бөліктегі кернеу деп атаймыз

$$U_{12} = \int_1^2 \vec{E}_q d\vec{l} + \int_1^2 \vec{E}_б d\vec{l}$$



Тізбектің біртекті емес бөлігі үшін Ом заңы

$$\int_1^2 \vec{E}_q d\vec{l} = \varphi_1 - \varphi_2$$

онда

$$U_{12} = (\varphi_1 - \varphi_2) + E_{12}$$

немесе

$$IR_{12} = (\varphi_1 - \varphi_2) + E_{12}$$

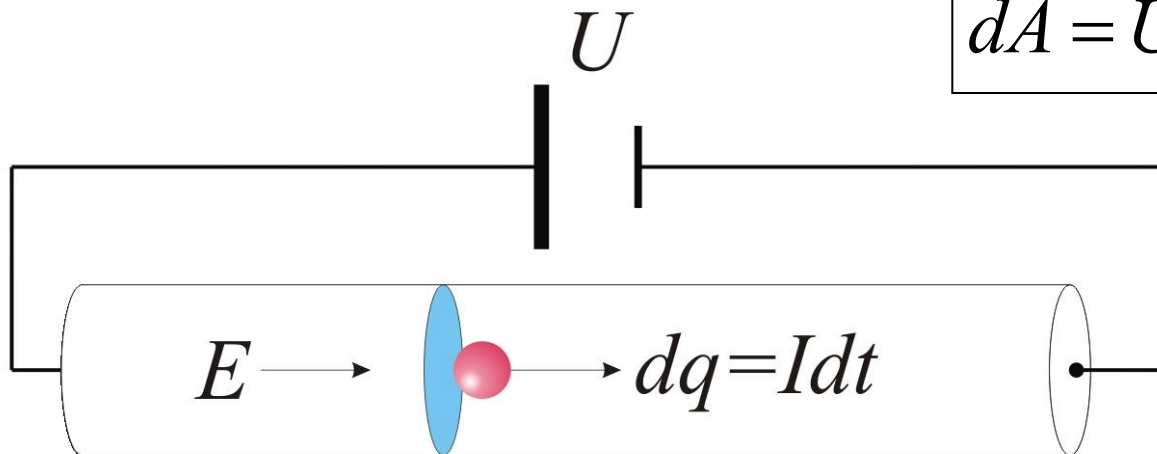
ЭҚК бар тізбектің бөлігі үшін Ом заңының жалпылама түрі

Тізбек бөлігінің екі шетіндегі кернеу, егер бұл бөлікте ЭҚК жоқ болса ғана потенциалдар айырымымен тең болады, яғни, тізбектің біртекті бөлігінде.

Электр тогының жұмысы

Электр тізбегі арқылы ток өткенде энергия көзі тарапынан жұмыс істелінеді. Потенциалдар айырымы U болатын тізбектің нүктелерінің арасында dt уақыт арасында dq заряды тасылғанда істелетін жұмыс

$$dA = Udq$$



$$dA = Udq = UI dt$$

$$A = UI t$$

Электр тізбегі арқылы ток өткенде энергия көзі тарапынан жұмыс істеледі.

Электр тогының қуаты

Тізбектің қарастырылып отырған бөлігінде бөлінетін қуат, яғни бір өлшем уақытта істелінетін жұмыс

$$P = \frac{dA}{dt} = UI.$$

Егер тізбектің кедергісі тек омдық кедергі болса, онда оның бөлігіндегі потенциалдың төмендеуі, Ом заңы бойынша

$$U = IR$$

Осы бөлікте жылу энергиясы ретінде бөлінетін қуат

$$P = IU = I^2 R$$

Джоуль-Ленц заңының аналитикалық түрі.



$$A = RI^2 t$$



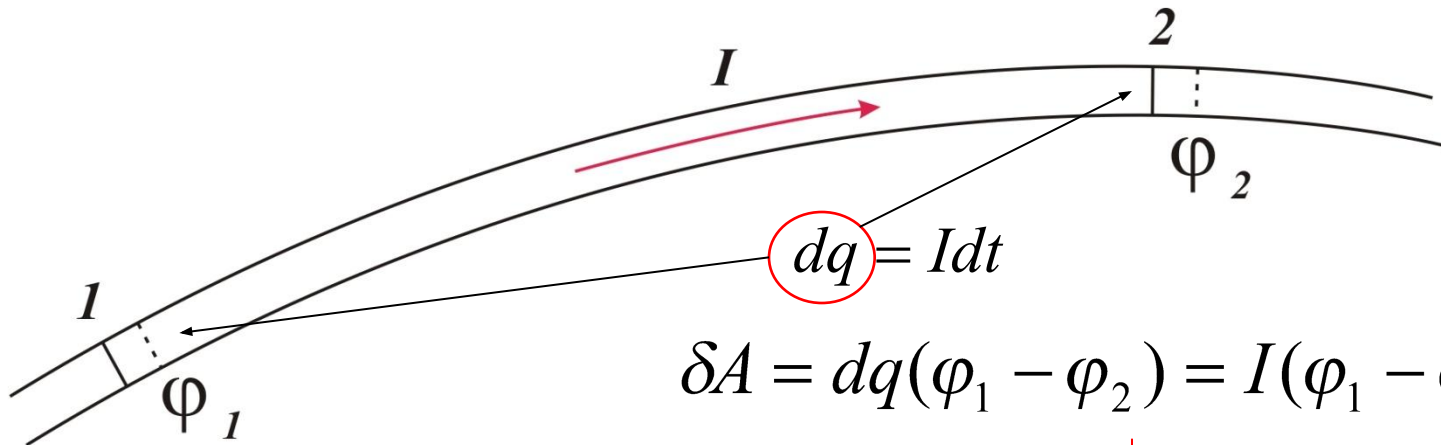
Джоуль-Ленц заңы

Электр тогының жылулық әсері заңын анықтаған



Джоуль-Ленц заңы

Өткізгіш бойымен электр тогы жүргенде жылу бөлінеді



$$\delta A = \dot{Q} dt$$

бірлік уақытта бөлінетін жылу

$$\dot{Q} = I(\varphi_1 - \varphi_2)$$

Ом заңы

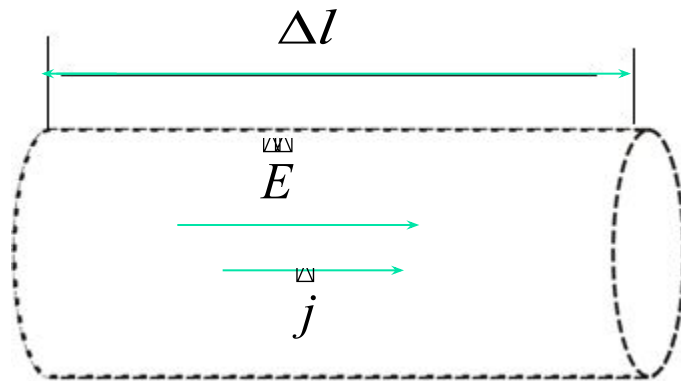
$$\dot{Q}_{мен} = \rho j^2$$

ТОКТЫҢ МЕНШІКТІ ЖЫЛУ
ҚУАТЫ

$$\dot{Q} = RI^2$$

Джоуль-Ленц заңының дифференциалдық түрі

Өте кішкене цилиндр бойында бөлінетін жылу қуатын есептейік.



$$I = j\Delta S$$

$$R = \rho \frac{\Delta l}{\Delta S}$$

$$\Delta P = I^2 R = (j\Delta S)^2 \cdot (\rho \Delta l / \Delta S)$$

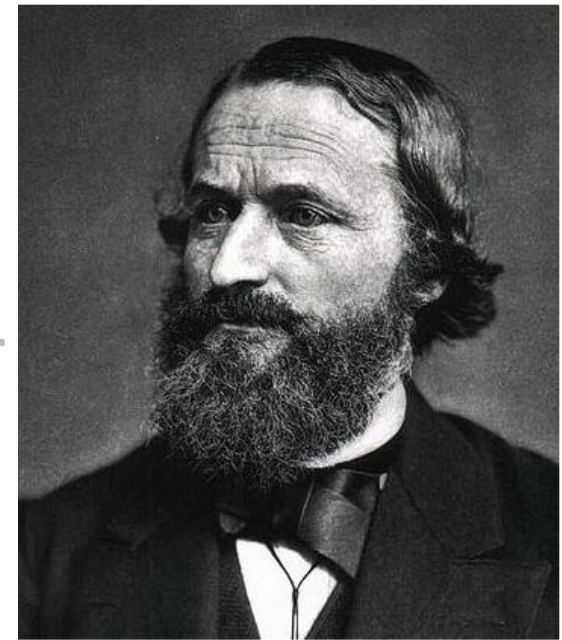
Бір өлшем көлемде бір өлшем уақытта бөлінетін жылу мөлшері

$$P_v = \frac{\Delta P}{\Delta l \Delta S} = \rho j^2$$

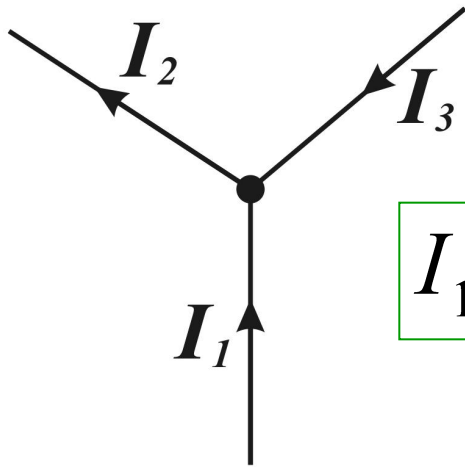
$$\sigma = \frac{1}{\rho}; \quad j = \sigma E = \frac{1}{\rho} E$$

$$P_v = \rho j^2 = \frac{E^2}{\rho} = \sigma E^2 = j \cdot E$$

Кирхгоф ережелері



1



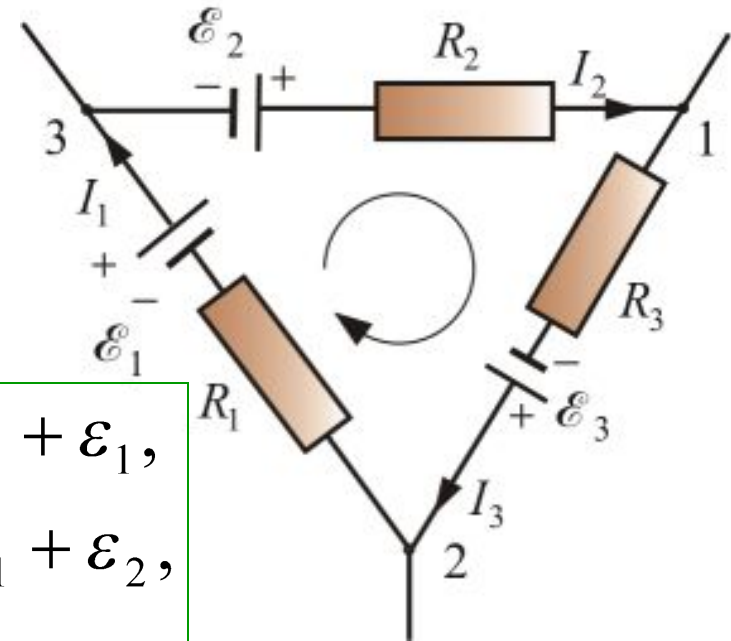
$$\sum I_k = 0$$

$$I_1 - I_2 + I_3 = 0$$

2

$$\sum I_k R_k = \sum \mathcal{E}_k$$

$$\begin{aligned} I_1 R_1 &= \varphi_2 - \varphi_3 + \mathcal{E}_1, \\ I_2 R_2 &= \varphi_3 - \varphi_1 + \mathcal{E}_2, \\ I_3 R_3 &= \varphi_1 - \varphi_2 + \mathcal{E}_3. \end{aligned}$$



Кирхгофтың I ережесі- зарядтың сақталу заңының салдары, ол тізбектің түйіндеріне арналған ереже

- Тізбектің екіден артық тармақтары түйісетін нүктелерін – түйіндерін анықтайды.
- Тармақтардағы токтардың бағытын тағайындап, оларды белгілейді.
- Токтардың оң және теріс бағыттарын тағайындайды.
- Мысалы, түйінге қарай бағытталған ток күштерінің алдына оң, ал түйіннен сыртқа қарай бағытталған ток күштерінің алдына теріс таңба қояды.
- Сонда электр тізбегінің кез-келген түйіні үшін зарядтың сақталу заңы орындалу керек.
- Сонда электр тізбегінің кез-келген түйіні үшін зарядтың сақталу заңы орындалу керек. Яғни түйінде бір өлшем уақытта қанша заряд құйылса, сонша заряд сол уақытта шығу керек. Түйінге бағытталған токтар түйінге зарядтарды тасиды, ал одан сыртқа бағытталған токтар түйіннен зарядтарды сыртқа қарай ағызады.

$$\sum_k (\pm) I_k = 0$$

Кирхгофтың II ережесі- энергияның сақталу заңы

- Тізбектегі тұйық контурларды анықтаймыз. Егер тізбекте n контур болса, олардың тек $(n-1)$ -і ғана бір-біріне тәуелсіз болады.
- Контурларды айналып өту бағыттарын еркімізше тағайындаймыз.
- Контурдың тармақтарындағы ток күштерінің бағыттарын еркімізше тағайындаймыз.
- Таңдап алған әр тәуелсіз контуры үшін зарядтың сақталу заңы бойынша

$$\sum I_k R_k = \sum \varepsilon_k$$

- Қосылғыштардың таңбаларын анықтағанда келесі ережені пайдаланамыз: егер ЭҚК-нің, ток күштерінің бағыттары контурды айналып өту бағытымен бағыттас болса, онда олардың алдына – оң, ал қарама қарсы болса, теріс таңба қойылады.

Сілтілік металл атомдарының энергия деңгейлері және спектрі. Сілтілік металдар спектрі. Кванттық ақау. Сұрыптау ережесі. Спектрлік сериялар. Спектрлік сызықтардың нәзік түзілісі.

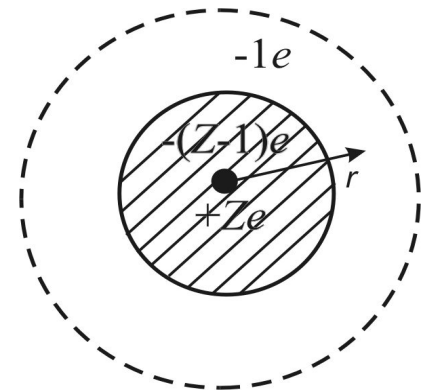
Сілтілік металл атомдары энергиясының меншікті мәндері.

Сілтілік металдар *Li, Na, K, Rb, Cs, Fr* атомдарының толған электрондық қабықтарынан тыс бір оптикалық электроны болады.

Инертті газ атомдарының өте орнықты (берік) болатындығы белгілі, ал сілтілік металдар болса өте оңай иондалады да, химиялық реакцияларға да оңай түседі. Мысалы, *He* атомының иондалу потенциалы едәуір жоғары: 24,6 В, ал бұдан кейінгі элемент *Li*-де 5,4 В, неондікі - 21,6 В, ал натрийдікі – 5,1 В.

Z электроны бар сілтілік металл атомын қарастырайық.

Атомның $(Z-1)$ электроны алдыңғы инертті газ атомының орнықты (берік) электрондық қабатын құрап тұрады.



8.1-сурет

Валенттік электрон орналасқан тиімді өріс орталық-симметриялы, өйткені атомдық қалдықтың (яғни ядро мен ішкі электрондардың) толық импульс моменті әрқашан нөлге тең. Бұл өрісті өріс орталығына дейінгі r қашықтыққа тәуелді $Z_{\gamma}(r)e$ тиімді зарядты енгізу арқылы бейнелеуге болады. Өріс симметриялы болғандықтан сілтілік метал атомына сутегі атомы тәрізді атомдар үшін алынған нәтижелерді қолдануға болады. Сондықтан валенттік электронның күйін (атомның бүтіндей күйін де) анықтайтын кванттық сандардың толық жиыны n, l, m , үш кванттық саннан тұратын болады. Сілтілік металдар атомдарының энергетикалық деңгейлері Ридберг ұсынған мына формуламен өрнектеледі:

$$E_{nl} = -\frac{R_y}{n^{*2}} = -\frac{2\pi R h c}{n^{*2}}, \quad (8.1)$$

мұндағы n^* – тиімді бас кванттық сан, бұл әрбір атом үшін тәжірибелік деректерге сәйкестендіру жолымен таңдалып алынды. (8.1) өрнегін тәжірибемен салыстыру n^* мына айырма түрінде жазуға болатынын көрсетеді

$$n^* = n - \Delta_l, \quad (8.2)$$

мұндағы Δ_l – кванттық дефект (ақау) деп аталады,

l мәні тұрақты, n өзгеше күйлер үшін Δ_l түзетулері тұрақты болады. Әр түрлі сілтілік металдар үшін Δ_l түзетулерінің сандық мәндері әртүрлі болады. 8.2-кестедеде натрий атомы үшін Δ_l мәндері келтірілген.

l	Δl		
	$n=3$	$n=4$	$n=5$
0	1,37	1,36	1,35
1	0,88	0,87	0,86
2	0,11	0,013	0,011
3	–	0	0
4	–	–	0

Сілтілік металл атомы стационарлық күйлерінің Шредингер теңдеуі көмегімен табуға болады. Валенттік электрон қозғалатын поляризацияланған атомдық қалдықтың өрісін нүктелік заряд өрісіне диполь өрісі қабаттасқан өріс деп есептеп, жуық түрде былай өрнектеуге болады:

$$U(r) = -\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r} + \frac{C_1}{r^2} \right)$$

мұндағы – сілтілік металл атомдары өрісінің сутегі атомы өрісінен айырмашылығы ескерілетін түзету. $U(r)$ мәнін осылай алғанда Шредингер теңдеуі полярлық (сфералық) координаттарда мына түрде жазылады

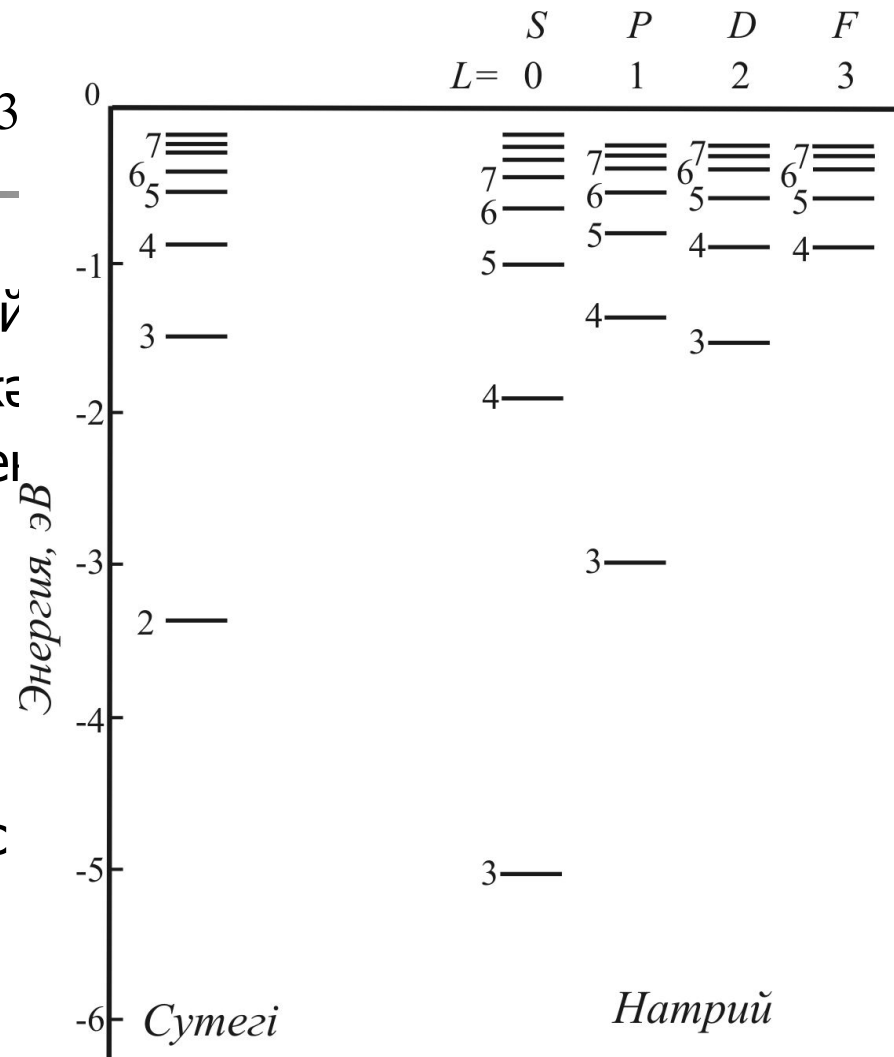
$$\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial \psi}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2 \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\sin \theta \frac{\partial \psi}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} \times$$

$$\times \frac{\partial^2 \psi}{\partial \phi^2} + \frac{2m_0}{\hbar^2} \left(E + \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r} + C_1 \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \right) \psi = 0 \quad (8.3)$$

E энергия үшін сутегі есебіндегідей бірақ l кванттық саны l' санына және Z саны Z_T -ге алмастырылған өрнегі алынады ($Z_T \approx 1$):

$$E_{nl} = - \frac{m_0 e^4}{32\pi^2 \epsilon_0^2 \hbar^2 (n' + l' + 1)^2}$$

(8.4) формуласында $n = n' + l + 1$ бас кванттық сан орнына $n^* = n' + l' + 1$ саны (тиімді кванттық сан) тұр.



8.2-сурет

(8.3) бойынша l мәнін пайдаланғанда n^* тиімді кванттық сан үшін мына өрнек алынады

$$n^* = n - C_1 \frac{m_0 e^2}{4\pi\epsilon_0 h^2 (l + 1/2)}.$$

~~(8.4) формуласына n^* мәнін және R Ридберг тұрақтысын ендіреміз, сонда~~

(8.5)
$$E_{nl} = - \frac{2\pi R h c}{(n - \Delta_l)^2},$$

мұндағы
$$\Delta_l = C_1 \frac{m_0 e^2}{4\pi\epsilon_0 h^2 (l + 1/2)}. \quad (8.6)$$

Сілтілік металл атомдары стационарлық күйлерінің энергиясы үшін Ридберг ұсынған формула мына түрде жазылады:

$$E_{nl} = - \frac{2\pi R h c}{(n + \alpha)^2}$$

мұндағы α – түзету, ол l кванттық санына тәуелді.

$L=l$. $L=0, 1, 2, \dots$ әр түрлі күйлер үшін бізге белгілі спектроскопиялық белгілеулер S, P, D қолданылады.

Шығару спектріндегі бас серияның аяққы күйі s -күй болатындықтан және де $\Delta L = \pm 1$ ($\Delta l = \pm 1$) сұрыптау ережесінен сызықтардың бас сериясы P -және S -күйлер арасындағы көшулерден пайда болатыны айқын.

Бордың жиіліктер шартына, (8.4) және (8.5) өрнектеріне сәйкес **бас серия** сызықтарының жиіліктері (толқындық сандары) үшін мына формуланы аламыз:

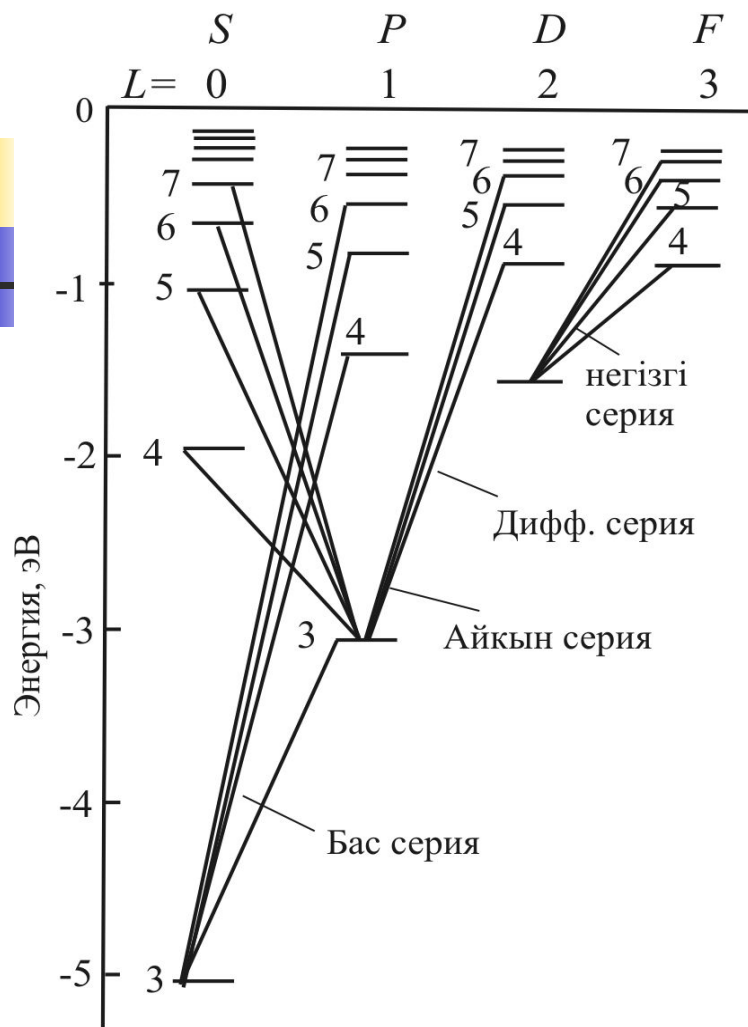
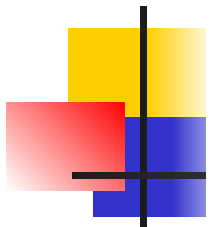
$$\tilde{\nu} = \frac{R}{(3 - \Delta_s)^2} - \frac{R}{(n - \Delta_p)^2}, \quad \tilde{\nu} = 3S - nP \quad (n = 3, 4, 5, \dots). \quad (8.7)$$

Айқын серия сызықтарының жиіліктері мына формуламен өрнектеледі

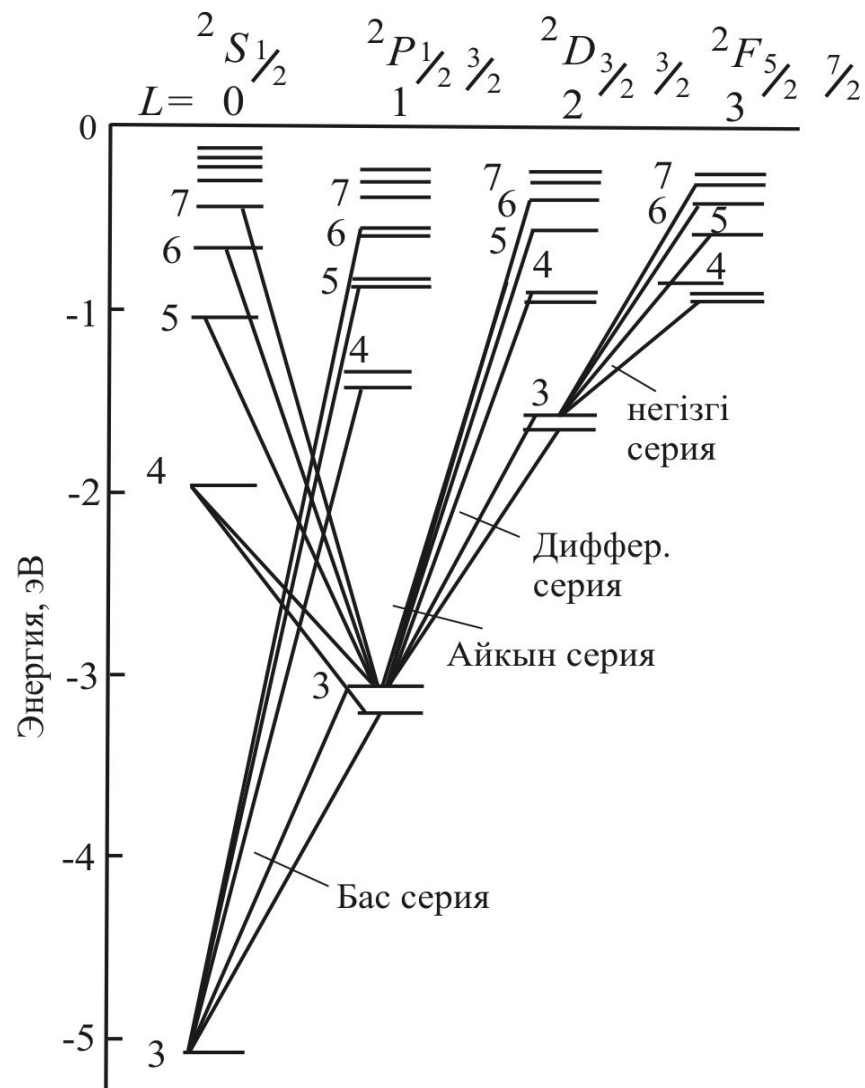
$$\tilde{\nu} = \frac{R}{(3 - \Delta_p)^2} - \frac{R}{(n - \Delta_s)^2}, \quad \tilde{\nu} = 3m - nD \quad (n = 4, 5, \dots). \quad (8.8)$$

nD -деңгейлерден ($n=3, 4, 5, \dots$) $3P$ -деңгейге көшулерден $nD \rightarrow 3P$ **диффузиялық серия** сызықтарының жиіліктері үшін өрнекті аламыз:

$$\tilde{\nu} = \frac{R}{(3 - \Delta_p)^2} - \frac{R}{(n - \Delta_D)^2}, \quad \tilde{\nu} = 3P - nD \quad (n = 3, 4, \dots). \quad (8.9)$$



а



б

8.3-сурет