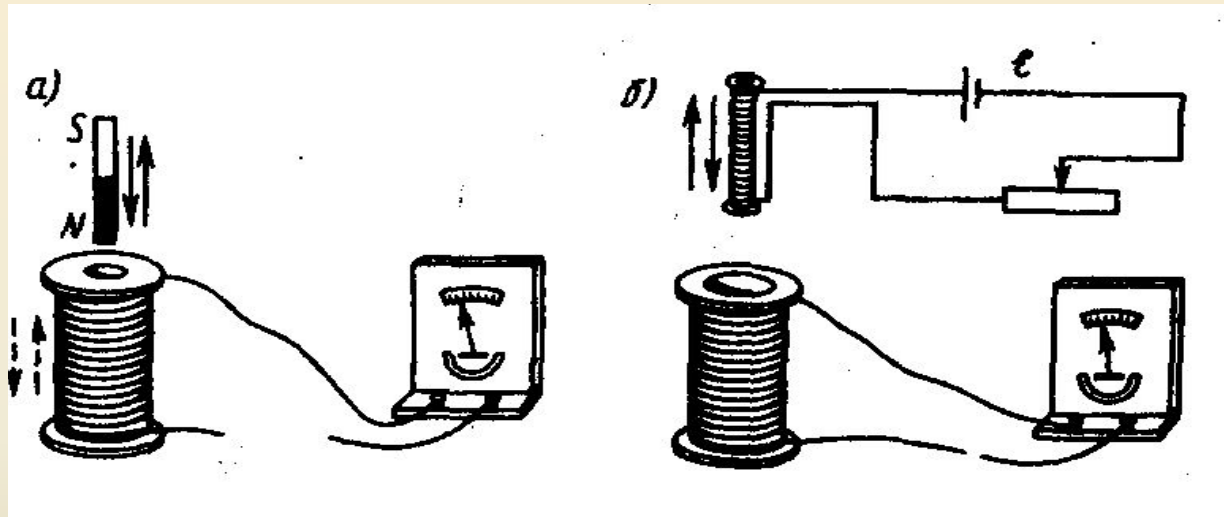


ЭЛЕКТРОМАГНИТТІК ИНДУКЦИЯ

ЭЛЕКТРОМАГНИТТІК ИНДУКЦИЯ ҚҰБЫЛЫСЫ (ФАРАДЕЙ ТӘЖІРИБЕЛЕРІ)

Тұйық өткізгіш контурда, осы контурды қамтитын магнит индукциясының ағыны өзгерген кезде, индукциялық токтың пайда болуын *электромагниттік индукция құбылысы* дейді.



Электромагниттік индукция құбылысын ағылшын физигі М. Фарадей 1831 жылы ашты.

ФАРАДЕЙ ЗАҢЫ ЖӘНЕ ОНЫҢ ЭНЕРГИЯНЫҢ САҚТАЛУ ЗАҢЫ АРҚЫЛЫ ҚОРЫТЫЛУУЫ

$$\varepsilon_i \sim \frac{d\Phi}{dt}$$

Электромагниттік индукция заңы: өткізгіш тұйық контур қамтитын магнит индукциясының ағынының өзгеру себебі қандай болғанымен, контурда пайда болатын э.қ.к-і:

$$\varepsilon_i = -\frac{d\Phi}{dt}$$

Ленц ережесі: тұйық контурда пайда болған индукциялық ток өзінің магнит өрісімен өзін тудырған магнит ағынының өзгерісіне қарсы әсер етеді.

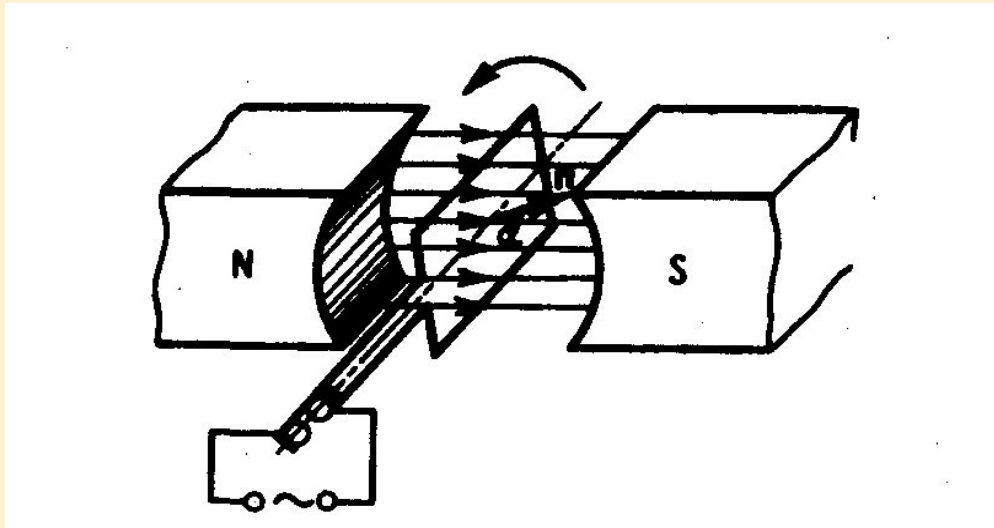
Энергияның сақталу заңы бойынша: $\varepsilon I dt = I^2 R dt + I d\Phi$

$$I = \left(\varepsilon - \frac{d\Phi}{dt} \right) / R$$

$$-\frac{d\Phi}{dt} = \varepsilon_i$$

ӨТКІЗГІШ КОНТУРДЫҢ МАГНИТ ӨРІСІНДЕ АЙНАЛУЫ

$$\Phi = B_n S = BS \cos \alpha = BS \cos \omega t$$



$$\alpha = \omega t - t$$

$$\varepsilon_i = -\frac{d\Phi}{dt} = BS\omega \sin \omega t$$

$$\varepsilon_{\max} = BS\omega$$

$$\varepsilon_i = \varepsilon_{\max} \sin \omega t$$

Механикалық энергияның электр энергиясына айналу процесі қайтымды процесс болып табылады. Егер магнит өрісінде орналасқан рама арқылы ток өткізсе, оған айналу моменті әсер етіп, рама айнала бастайды. Электр энергиясын механикалық энергияға айналдыруға арналған **электр қозғалтқыштарының жұмысы** осыған негізделген.

КОНТУРДЫҢ ИНДУКТИВТІЛІГІ. ӨЗДІК ИНДУКЦИЯ

$$\Phi = LI$$

L – контурдың индуктивтілігі

Контурдағы ток күші өзгерген кезде, онымен ілескен магнит ағыны да өзгереді; демек, контурда э.қ.к.-і индукцияланады. Өткізгіш контурдағы ток күші өзгерген кезде пайда болатын индукциялық э.қ.к.-ң пайда болуын өздік индукция деп атайды.

$$1 \text{ Гн} = 1 \text{ Вб} / \text{А} = 1 \text{ В} \cdot \text{с} / \text{А}.$$

$$L = \mu_0 \mu \frac{N^2 S}{l} \quad \text{– соленоидтың индуктивтілігі}$$

$$\varepsilon_s = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d}{dt}(LI) = -\left(L \frac{dI}{dt} + I \frac{dL}{dt} \right)$$

$$\varepsilon_s = -L \frac{dI}{dt}$$

ТІЗБЕКТІ ҚОСУ ЖӘНЕ АЖЫРАТУ КЕЗІНДЕГІ ТОКТАР

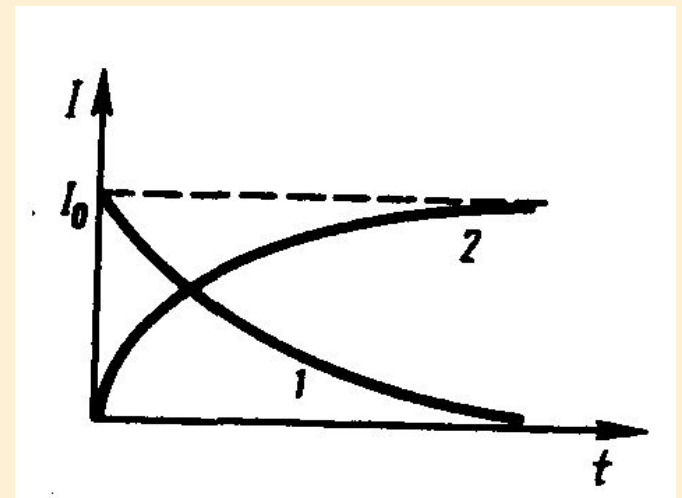
Өткізгіш контурдағы токтың кез келген өзгерісі кезінде өздік индукцияның Э.қ.к.-і пайда болады, нәтижесінде, контурда **өздік индукцияның экстратоктары** деп аталатын қосымша ток пайда болады.

- Э.қ.к.-і ε ток көзінен, кедергісі R резистордан және индуктивтілігі L катушкадан тұратын тізбектегі токты ажырату процессін қарастырайық.

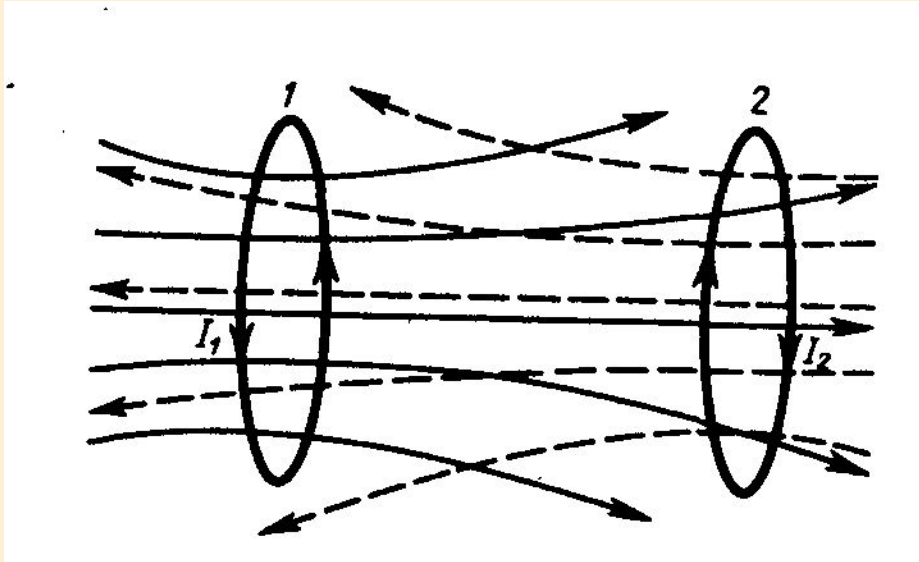
$$IR = -L \frac{dI}{dt} \quad \frac{dI}{I} = -\frac{R}{L} dt. \quad I = I_0 e^{-t/\tau}$$

- Тізбектің тұйықталу процесі.

$$IR = \varepsilon + \varepsilon_s \quad IR = \varepsilon - L \frac{dI}{dt}$$
$$u = IR - \varepsilon \quad I = I_0 (1 - e^{-t/\tau})$$



ӨЗАРА ИНДУКЦИЯ



$$\Phi = L_{21} I_1$$

$$\varepsilon_s = -\frac{d\Phi_{21}}{dt} = -L_{21} \frac{dI_1}{dt}$$

$$\Phi_{12} = L_{12} I_2$$

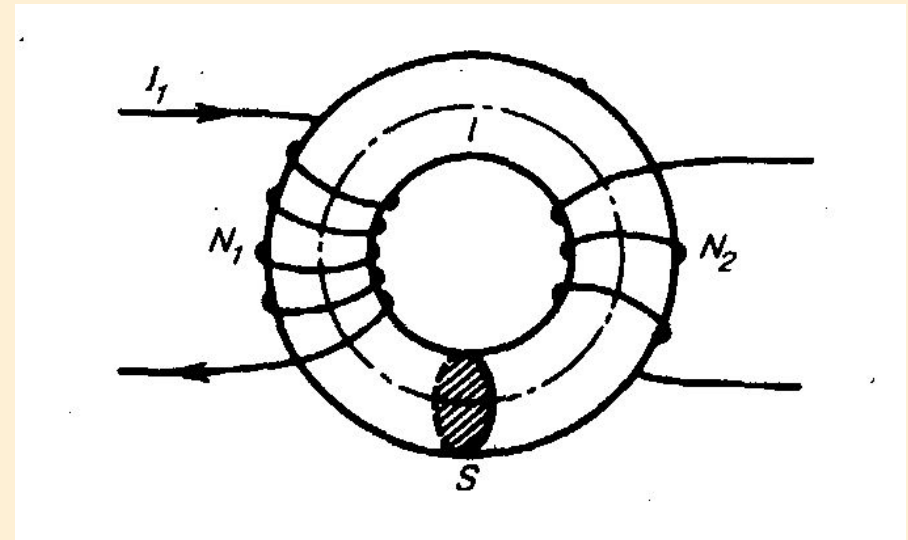
$$\varepsilon_{i1} = -\frac{d\Phi_{12}}{dt} = -L_{12} \frac{dI_2}{dt}$$

$$L_{12} = L_{21}$$

$$\psi = \Phi_2 N_2 = \mu_0 \mu \frac{N_1 N_2}{l} S I_1$$

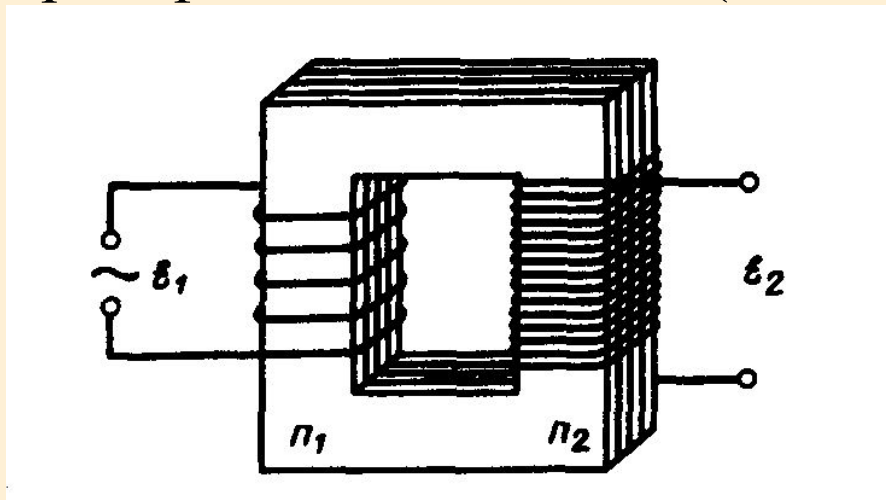
$$L_{21} = \frac{\psi}{I_1} = \mu_0 \mu \frac{N_1 N_2}{l} S$$

$$L_{12} = L_{21} = \mu_0 \mu \frac{N_1 N_2}{l} S$$



ТРАНСФОРМАТОРЛАР

Трансформаторларды алғаш рет құрастырырып және тәжірибеге енгізген орыс электротехнигі П.Н. Яблочков (1847—1894) және орыс физигі И.Ф. Усагин (1855—1919).



$$\varepsilon_1 - \frac{d}{dt}(N_1\Phi) = I_1 R_1$$

$$\varepsilon_1 \approx N_1 \frac{d\Phi}{dt}$$

$$\varepsilon_2 = -\frac{d(N_2\Phi)}{dt} = -N_2 \frac{d\Phi}{dt}$$

$$\varepsilon_2 = -\frac{N_2}{N_1} \varepsilon_1$$

$$k = \frac{N_2}{N_1}$$

– трансформация коэффициенті

$$k = \frac{N_2}{N_1} = \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} = \frac{I_1}{I_2}$$

МАГНИТ ӨРІСІНІҢ ЭНЕРГИЯСЫ

$$A = \int_0^I LI dI = LI^2 / 2$$

$$W = LI^2 / 2$$

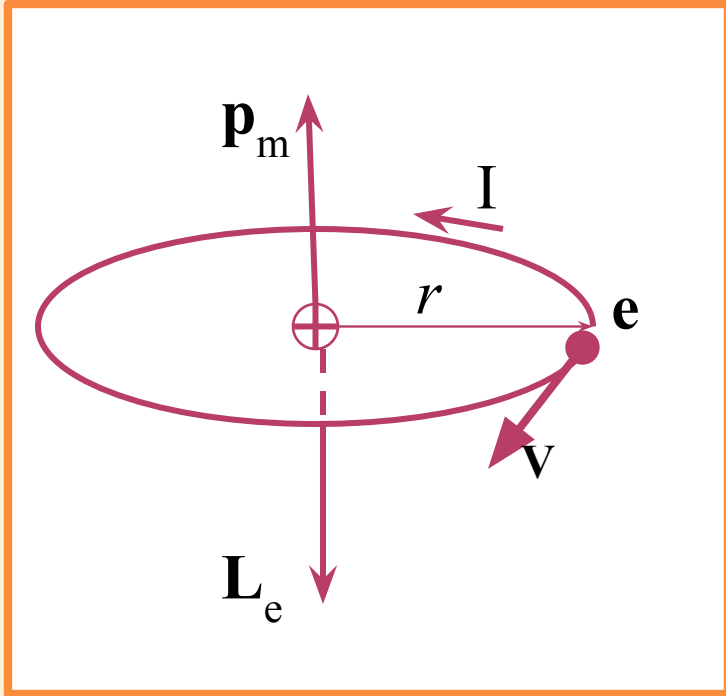
$$W = \frac{1}{2} \mu_0 \mu \frac{N^2 I^2}{l} S$$

$I = Bl / (\mu_0 \mu N)$ және $B = \mu_0 \mu H$ болғандықтан

$$W = \frac{B^2}{2 \mu_0 \mu} V = \frac{BH}{2} V$$

$$w = \frac{W}{V} = \frac{B^2}{2 \mu_0 \mu} = \frac{\mu_0 \mu H^2}{2} = \frac{BH}{2} \quad \text{— магнит өрісінің энергиясының көлемдік тығыздығы}$$

ЗАТТАРДЫҢ МАГНИТТІК ҚАСИЕТТЕРІ



$$p_m = IS = evS$$

$L_e = mvr = 2m v S$ - электронның
орбиталық
механикалық
моменті

мұндағы $v = 2\pi \nu r$, $\pi r^2 = S$.

$$p_m = -\frac{e}{2m} L_e = g L_e$$

$g = -\frac{e}{2m}$ – орбиталық моменттердің гироманниттік
қатынасы

Электронның орбиталық моментінен басқа, **меншікті механикалық импульс моменті** L_{es} бар және ол **спин** деп аталады. Спин масса мен заряд сияқты, электронның қасиеті болып табылады. Электронның L_{es} спиніне p_{ms} меншікті магниттік момент (спин) сәйкес келеді, ол L_{es} пропорционал және қарама-қарсы бағытта болады:

$$p_{ms} = g_s L_{es}$$

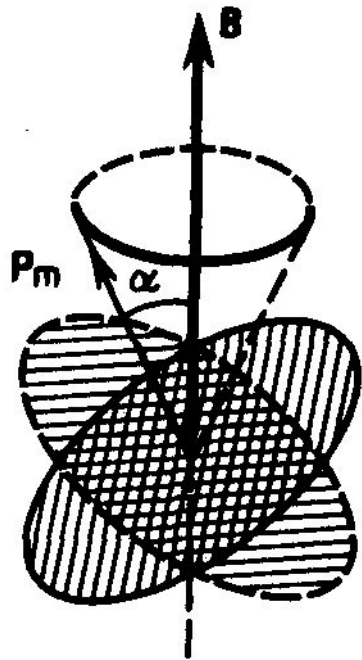
g_s – спиндік моменттердің гиромагниттік қатынасы

$$p_{msB} = \pm \frac{e\hbar}{2m} = \pm \mu_B$$

μ_B — Бор магнетоны

$$p_a = \sum p_m + \sum p_{ms} \quad \text{— атомның (молекуланың) жалпы магниттік моменті}$$

ДИА- ЖӘНЕ ПАРАМАГНЕТИЗМ



Сыртқы магнит өрісінің әсерінен, атомның электрондық орбиталары дөңгелек токқа эквивалентті прецессиялық қозғалыс жасайды.

Сыртқы магнит өрісінде өріске қарсы магниттелетін заттар **диамагнетиктер** деп аталады. Диамагнетиктерге көптеген металдар (мысалы, Bi , Ag , Au , Cu), көміртегі, смоланың көптеген органикалық қоспалары және т.б. жатады.

Сыртқы магнит өрісінде, өрістің бағымен магниттелетін заттарды **парамагнетиктер** деп атайды. Парамагнетиктерге Pt , Al және т.б. жатады.

МАГНИТТЕЛУ. ЗАТТАРДАҒЫ МАГНИТ ӨРІСІ

$$\vec{J} = \frac{\vec{P}_m}{V} = \frac{\sum \vec{p}_a}{V}$$

– магниттелу векторы

$$\vec{P}_m = \sum \vec{p}_a$$

$$\vec{B} = \vec{B}_0 + \vec{B}'$$

$$p = \frac{I' l S}{l} = \frac{I' V}{l}$$

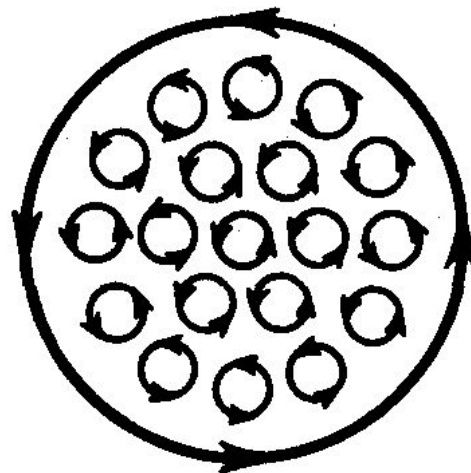
$$\vec{B}' = \mu_0 \vec{J}$$

$$\vec{J} = \chi \vec{H}$$

$$B' = \frac{\mu_0 I'}{l}$$
$$J = \frac{P}{V} = \frac{I'}{l}$$

$$\vec{B} = \mu_0 \vec{H} + \mu_0 \vec{J} = \mu_0 (\vec{H} + \vec{J})$$

$$\vec{B} = \mu_0 (1 + \chi) \vec{H}$$



$$\mu = 1 + \chi$$

заттың магнит өтімділігі

Диамагнетиктер үшін $\chi < 0$ және $\mu < 1$, парамагнетиктер үшін $\chi > 0$ және $\mu > 1$.

Заттағы магнит өрісі үшін толық ток заңы (B векторының циркуляциясы туралы теорема):

$$\oint_L \vec{B} d\vec{l} = \oint_L B_l dl = \mu_0 (I + I')$$

$$\oint_L \left(\frac{\vec{B}}{\mu_0} - \vec{J} \right) d\vec{l} = I$$

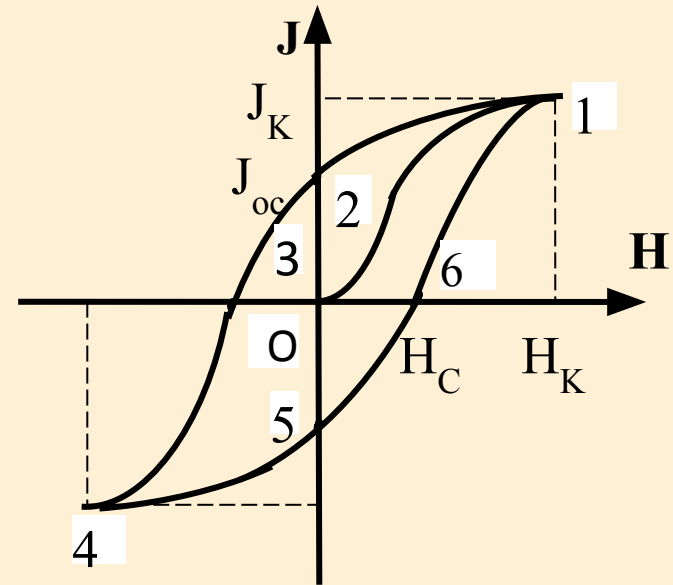
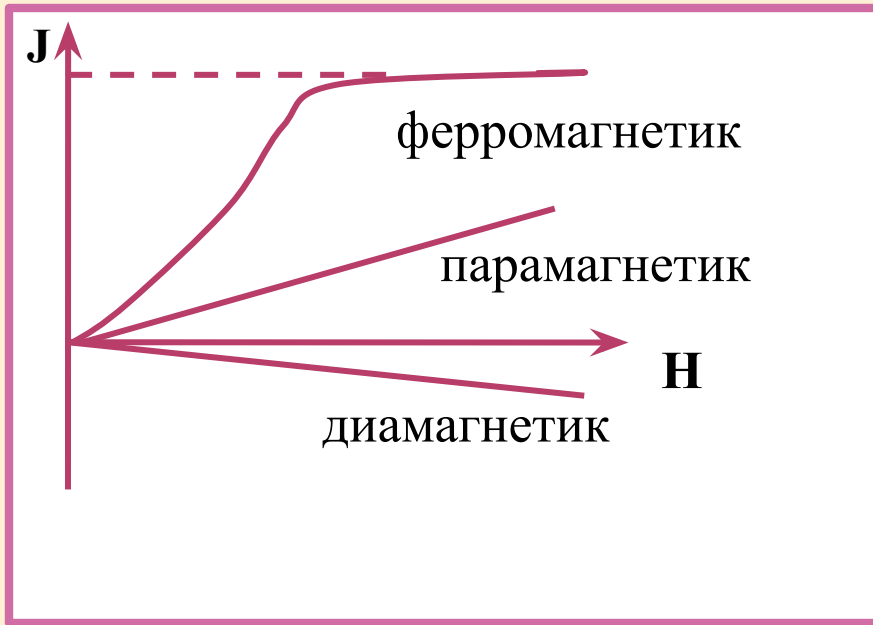
$$\oint_L H d\vec{l} = I$$

— H векторының циркуляциясы туралы теорема

Ферромагнетиктер және олардың қасиеттері

Әлсіз магниттік заттар деп аталатын диа- және парамагнетиктерден басқа, өте тез магниттелетін қасиеті бар, **күшті магниттік заттар — ферромагниттер** де бар, олар сыртқы магнит өрісі болмаса да магниттеледі.

Ферромагнетиктерге — темірден басқа, («ферромагниттік» сөзі осыдан шыққан) кобальт, никель, гадолиний, олардың құймалары мен қоспалары жатады.



Ферромагнетиктер **Кюри нүктесі** деп аталатын белгілі бір температурада өзінің магниттік қасиетін жоғалтады. Кюри нүктесінен жоғары температурада ферромагнетик қарапайым парамагнетикке айналады.