

# 7-ДӘРІС



---

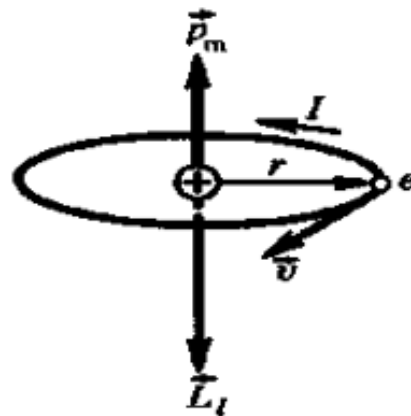
Асқарұлы Қыдыр  
PhD., қауымдастырылған профессор

## ***ЗАТТАРДАҒЫ МАГНИТ ӨРІСІ***

Магнетиктер деп магниттік қасиеттері қарастырылатын кез-келген денелерді айтады. Магнетиктер магнит өрісін қоздыруға не өзгертуге қабілетті. Магнетиктерді сыртқы магнит өрісіне енгізгенде магнетиктердің магниттелуі өз кезегінде осы өрісті өзгертеді. Әртүрлі магнетиктердің қасиеттерін, олардың магнит өрісінің индукциясының шамасына әсерін түсіндіру үшін, магнит өрісінің заттардың атомдары мен молекулаларына әсерін зерттеу қажет.

## 2.1 Электрондар мен атомдардың магнит моменттері

Магнит өрісіне енгізілген кез келген зат ерекше күйге келеді – ол магниттелінеді. Бұл құбылысты Ампер гипотезасы негізінде түсіндіруге болады: кез келген денедегі атомдар мен молекулалардағы электрондардың қозғалысы нәтижесінде микроскопиялық токтар пайда болады. Классикалық физиканың



қағидаларына байланысты атомдағы электрондар оң зарядты ядро маңында тұйық орбиталармен қозғалады (2-1.Сурет). Әр электронның мұндай қозғалысы тұйық контурда ағатын токқа эквивалентті. Сондықтан, кез келген атомды не молекуланы олардың магниттік қасиеттері жөнінен магнит өрісі кеңістігіндегі электрондық микротоктардың қайсыбір жиынтығы ретінде қарауға болады.

2.1-сурет. Электронның тұйық орбита бойымен қозғалысы.

Жаңа физикалық шамалар ұғымын енгізейік. Электронның *орбиталық магнит моменті* деп тұйық орбитада электрондардың қозғалысынан пайда болатын электр тогының магнит моменті  $\vec{p}_m$  айтылады. Электронның орбиталық магнит моменті мынаған тең:

$$p_m = IS = evs, \quad (2.1)$$

мұндағы  $S$  – электрон орбитасымен шектелген аудан;  $I$  – ток күші;  $v$  – электронның орбитадағы айналу жиілігі;  $e$  – электрон зарядының абсолют мәні. Ток күші ( $I$ ) бірлік уақытта тасымалданатын зарядқа тең болғандықтан, орбита бойымен айналатын электрон мынадай ток күшін тасымалдайды:

$$I = ev. \quad (2.2)$$

Жиілік  $\nu = \frac{v}{2\pi r}$ , мұндағы  $v$  – электрон жылдамдығы;  $r$  – орбита радиусы. Онда

ток күші:

$$I = \frac{e\nu}{2\pi}. \quad (2.3)$$

Электронның магнит моменті:

$$p_m = \frac{e\hbar}{2}. \quad (2.4)$$

Бұл формула атомдағы кез келген электрон үшін дұрыс. Магнит моменті  $\vec{p}_m$  – векторлық шама, оның бағыты тогы бар орамның магнит өрісінің индукциясы бағытымен бірдей болады. Магнит моментінің бағыты оң бұранда ережесімен анықталады.  $\vec{p}_m$  векторының ұшынан орамдағы ток сағат тілі қозғалысына қарсы бағытпен айналатын болып көрінеді.

Молекуланың не атомның орбиталық магнит моментінің векторы  $\vec{P}_m$  деп осы молекулалардағы не атомдардағы барлық электрондардың орбиталық магнит моменттерінің векторлық қосындысын айтамыз:

$$\vec{P}_m = \sum_{i=1}^Z \vec{P}_{m_i} , \quad (2.5)$$

мұндағы  $Z$  – Д.И. Менделеевтің периодтық жүйесіндегі элементтердің реттік нөмірі, ол әр элементтердегі жалпы электрон санын береді. Орбитамен қозғалатын электрон механикалық импульс моменттеріне де ие, оның модулі:

$$L_e = m v r , \quad (2.6)$$

мұндағы  $v = 2\pi\nu r$ ,  $v$  – жылдамдық,  $S = \pi r^2$  – ауданы десек, онда

$$L_e = 2m v S . \quad (2.7)$$

Электронның орбиталық механикалық моменті  $\vec{L}_e$  векторының бағыты оң бұранда ережесімен анықталады:

$$\frac{p_m}{L_e} = -\frac{e}{2m}, \quad (2.8)$$

(2.8) қатынас *гиромагниттік қатынас* деп аталады. Мұндағы минус таңбасы  $\vec{p}_m$  және  $\vec{L}_e$  векторларының қарама-қарсы бағытталғанын көрсетеді. Атомдағы әртүрлі орбиталар үшін электронның жылдамдығы мен орбита радиустары  $r$  бірдей емес, олай болса  $\vec{p}_m$  мен  $\vec{L}_e$  векторлары да әртүрлі болады, бірақ гиромагниттік қатынас тұрақты шамалармен анықталатындықтан кез-келген орбиталар үшін бір мәнді болады.

## 2.2 Магниттелу. Заттағы магнит өрісі

Магнетиктердің магниттелу дәрежесі *магниттеліну* деп аталатын векторлық шамамен сипатталады. Магнетиктің бірлік көлеміндегі магнит моментін- магниттеліну деп атаймыз

$$\vec{j} = \frac{\vec{P}_m}{V} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{m_i}}{V}, \quad (2.9)$$

мұндағы  $\vec{P}_m$  – магнетиктің магнит моменті, ол сан жағынан жеке молекулалардың магнит моменттерінің қосындысына тең. Магнетиктер токтардың магнит өрісінде магниттеледі де өзінің меншікті магнит өрісі пайда болады. Нәтижесінде өрістің магнит индукциясының векторы

$$\vec{B} = \vec{B}_0 + \vec{B}', \quad (2.10)$$

мұндағы  $\vec{B}_0$  – сыртқы өрістің вакуумдегі магнит индукциясы;  $\vec{B}'$  – молекулалық токтардың беретін магнит индукциясы.



Вакуумдегі токтың туғызған магнит өрісінің индукция векторы макротоктардың магнит өрісін сипаттайтын кернеулікпен  $\vec{H}$  былай байланысады:

$$\vec{B}_0 = \mu_0 \vec{H},$$

мұндағы  $\mu_0$  – магнит тұрақтысы. Тәжірибеден кеңістікті толығымен толтырып тұрған біртекті нөлден өзгеше өрістегі магнетикте  $\vec{B}'$  - индукция  $\vec{B}_0$  (парамагнетиктер) векторымен бағыттас немесе қарама-қарсы (диамагнетиктер) болуы мүмкін.  $\vec{B}'$  векторын  $\vec{j}$  магниттелумен байланыстырайық. Бұл байланысты қарапайым дербес жағдай үшін орындайық. Көлденең қимасы  $S$ , ұзындығы  $l$ , цилиндр тәрізді біртекті магнетикті қарастырайық, ол индукциясы  $B_0$  біртекті магнит өрісінде орналассын. Магнетик реттелген молекулалық токтардың болуынан магниттеледі.  $B'$  пен  $j$  арасындағы байланыс:

$$B' = \mu_0 j,$$

немесе векторлық түрде

$$\vec{B}' = \mu_0 \vec{j}. \quad (2.11)$$

Қорытқы өрістің магнит индукциясын табамыз:

$$\vec{B} = \vec{B}_0 + \vec{B}' = \mu_0 \vec{H} + \mu_0 \vec{j} \quad (2.12)$$

немесе

$$\frac{\vec{B}}{\mu_0} = \vec{H} + \vec{j}.$$

Әлсіз өрістерде магниттелу берілген сыртқы токтардың өрістерінің (магниттейтін өрістің) кернеулігіне тура пропорционал екені тәжірибеден

белгілі:  $\vec{j} = \chi \vec{H}, \quad (2.13)$

мұндағы  $\chi$  – заттың магнит сезімталдығы деп аталатын, қарастырылатын магнетикті сипаттайтын өлшемсіз шама. Сонымен,

$$\vec{B} = \mu_0(1 + \chi) \vec{H}, \quad (2.14)$$

Бұдан

$$H = \frac{\vec{B}}{\mu_0(1 + \chi)}. \quad (2.15)$$

$(1 + \chi)$  өлшемсіз шаманы  $\mu$  әрпімен белгілеу қабылданған,

$$1 + \chi = \mu, \quad (2.16)$$

оны ортаның магнит өтімділігі деп атайды. Осы айтылғандарды ескерсек:

$$\vec{B} = \mu\mu_0 \vec{H}. \quad (2.17)$$

Алынған өрнектер тек біртекті магнетиктер үшін ғана орынды. Магнит сезімталдылығы  $\chi$  – заттардың сыртқы магнит өрісінің әсерінен магнит моментін өзгерте алу қабілеттілігін сипаттайтын физикалық шама. Егер магнит өрісінде зат болмаса, онда  $j = 0$ , яғни вакуум үшін  $\chi = 0$ . Вакуум үшін  $\mu = 1$  болғандықтан, магнит тұрақтысы  $\mu_0$  вакуумның магнит өтімділігі деп аталады. Магнит сезімталдылығы  $\chi < 0$  және абсолют шамасы жағынан аз магнетиктер *диамагнетиктер* деп аталады.

Диамагнетиктер үшін  $\mu < 1$ . Магнит сезімталдылығы  $\chi > 0$  ( $\mu > 1$ ) және шама жағынан аз болатын магнетиктер *парамагнетиктер* деп аталады. Магнетиктердің тағы бір түрі бар – олар ферромагнетиктер, олар үшін  $\chi > 0$  және өте үлкен мәнге ие бола алады. Егер диа- және парамагнетиктерде  $\chi = \text{const}$  болса, ферромагнетиктерде магниттік сезімталдылығы магнит өріс кернеулігінің функциясы болып табылады:

$\chi = f(H)$ . Магниттелу векторы  $j$  парамагнетиктерде бағыты жағынан сыртқы магнит өрісінің бағытымен бағыттас болса, ал диамагнетиктерде қарсы бағытталған болып келеді.

**Бақылау сұрақтары:**

1. Электромагниттік индукция заңы мен энергияның сақталу заңының арасында қандай байланыс бар?
2. Өткізгіш контурының индуктивтігі және екі контурдың өзара индуктивтігінің физикалық мәні қандай?

---

Назарларыңызға рахмет!!!

