



ӘЛ-ФАРАБИ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

Физика-техникалық факультеті

Плазма физикасы, нанотехнология және компьютерлік физика кафедрасы



ЭЛЕКТР ЖӘНЕ МАГНЕТИЗМ

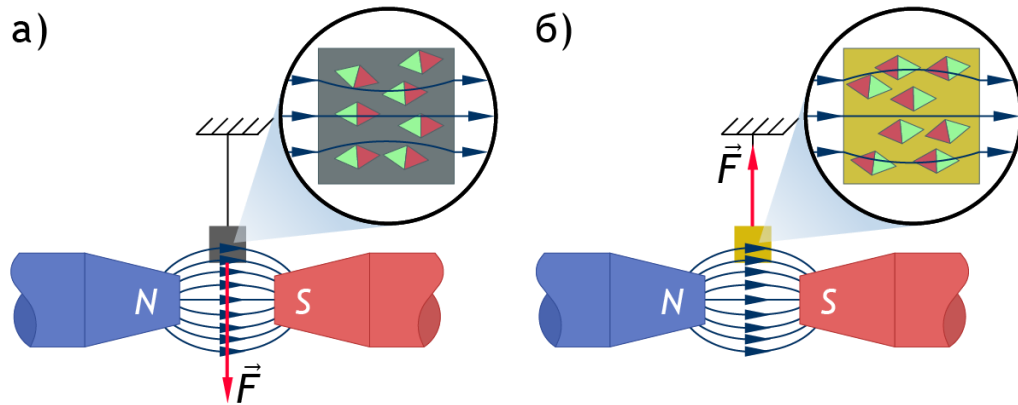
Дәріс 9.

Заттағы магнит өрісі. Магниттердің жіктелуі.

Магниттер.

қауымдастырылған профессор: Туреханова К.М.

e-mail: turekhanova.kunduz@kaznu.kz



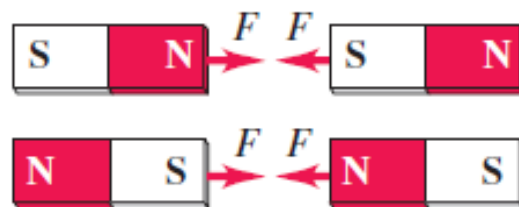
Дәрістің мақсаты: Заттағы магнит өрісінің ерекшеліктерін, магниттелу ұғымын, заттардың магниттік қасиеттеріне қарай (диамагнетик, парамагнетик, ферромагнетик) жіктелуін және тұрақты магниттердің физикалық негіздерін меңгерту.

Қарастырылатын мәселелер: Заттағы магнит өрісі және магниттелу ұғымы; Заттардың магниттік қасиеттері бойынша жіктелуі: диамагнетиктер, парамагнетиктер және ферромагнетиктер

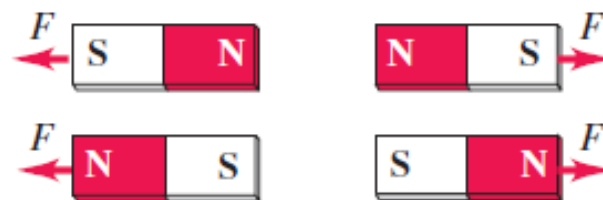
Қозғалыстағы бөлшектерге магниттік әсерлесуді байланыстырмай тұрып, тұрақты магниттердің әсерлесуі және компас тілдері *магниттік полюстармен* түсіндірілген. Егер өшіргіш пішіндес тұрақты магнит айналуға еркін болса, онда оның бір шеті солтүстікті көрсетеді. Осы шеті солтүстік полюс деп аталады немесе *N полюс*; басқа шеті оңтүстік полюс немесе *S pole*. Әр аттас полюстар бір-бірін тартады, ал аттас полюстар бір-бірін тебеді.

Магниттелу

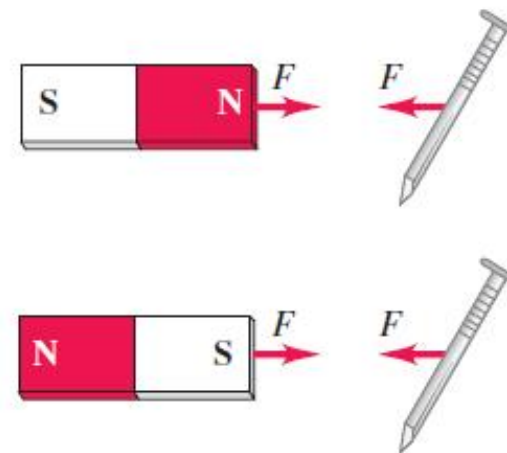
Әр аттас полюстар



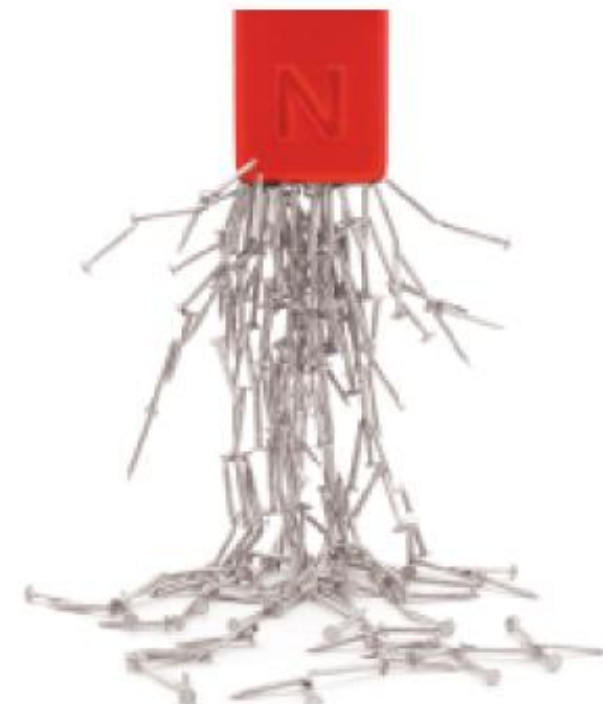
Аттас полюстар



(a)

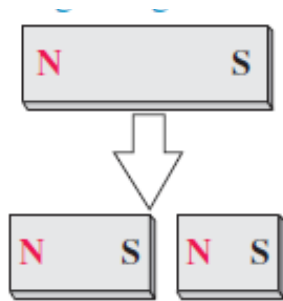


(b)



Магнит өрістері электр зарядтары секілді

Өшіргіш пішіндес магнит бөлінгенуі
әртүрлі өлшемде болса да, олардың
оңтүстік және солтүстік полюстары бар



Осы уақыта дейін оқшауланған магнитік
полюс немесе **магниттік монополь**
табылмаған.



BIO Тікенді шаян мен магниттік
компас

Вакуумда магнит өрісі **токтармен және қозғалыстағы зарядтармен** туындайды. Заттың ішінде магнит өрісіне **атомдардың мен молекулалардың меншікті магнит моменттері** де қосылады.

Заттағы магнит өрісін сипаттау үшін үш вектор қолданылады:

1.

Магнит индукциясы $\vec{B}$ – өрістің «күшін» сипаттайтын негізгі өлшенетін шама (Тесла).

2.

Магнит өрісінің кернеулігі $\vec{H}$ – «сыртқы» өріс, токтармен байланысқан:

$$\oint \vec{H} \cdot d\vec{l} = I_{\text{еркін}}$$

3.

Магниттелу (намагниченность) векторы $\vec{M}$ – бірлік көлемге келетін **меншікті магнит моменттердің** векторы:

$$\vec{M} = \frac{d\vec{p}_m}{dV}$$

Заттың ішіндегі толық магнит өрісі:

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

Егер орта **сызықты, изотропты** болса (көп металдар, ферромагниттер қанықпаған аймақта):

$$\vec{M} = \chi_m \vec{H}$$

онда:

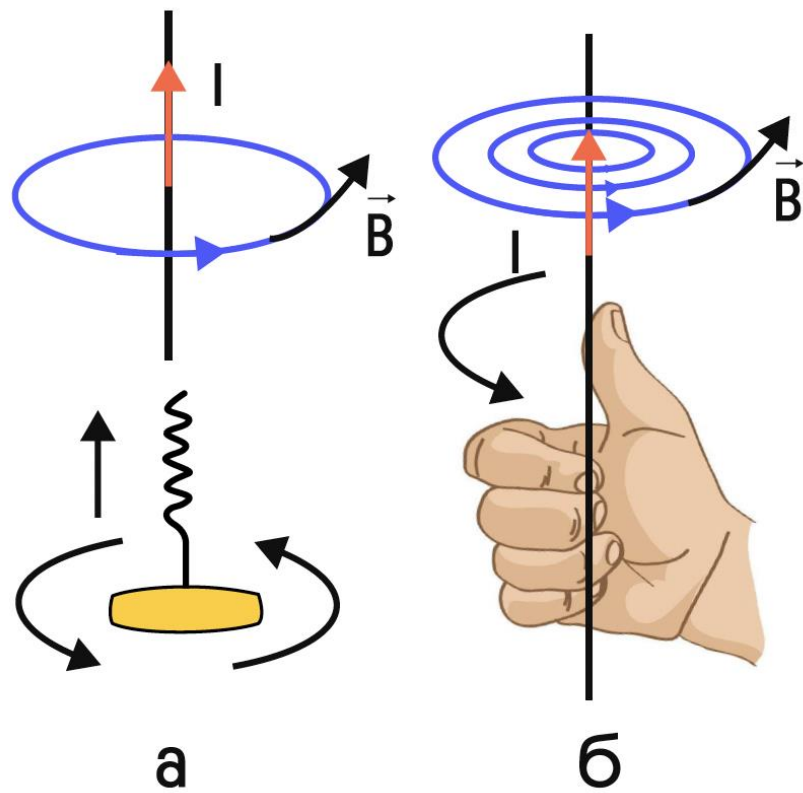
$$\vec{B} = \mu_0(1 + \chi_m)\vec{H} = \mu_0\mu_r\vec{H}$$

мұнда:

- χ_m – **магниттік осалғыштық** (susceptibility),
- $\mu_r = 1 + \chi_m$ – **салыстырмалы магниттік өтімділік**,
- $\mu = \mu_0\mu_r$ – **заттың магниттік өтімділігі**.

Физикалық мағынасы:

- $\chi_m > 0$ болса – зат сыртқы өрісті «күшейтеді»,
- $\chi_m < 0$ болса – зат өрісті «әлсіретеді».



Заттар магниттік қасиеттеріне қарай негізгі үш топқа бөлінеді:

1) Диаманиттер

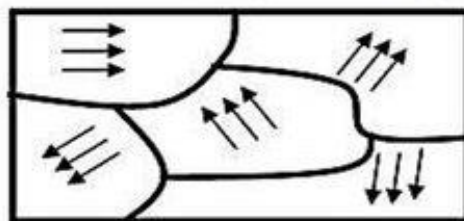
- $\chi_m < 0, |\chi_m| \ll 1$ (өте кіші теріс шама).
- Сыртқы магнит өрісі түскенде, заттың ішінде пайда болатын токтар (орбиталдық токтар) **өріске қарсы бағытталған** әлсіз магнит моменттерін туғызады.
- Диаманиттер **магнит өрісін аздап әлсіретеді**.
- Мысалдар: мыс (Cu), күміс (Ag), алтын (Au), висмут (Bi), су, органикалық көп заттар.
- Қасиеті: күшті магнит өрісінің ең **әлсіз аймақтарына ығысуға** бейім (магнит полюстарынан «қашады»).

2) Параманиттер

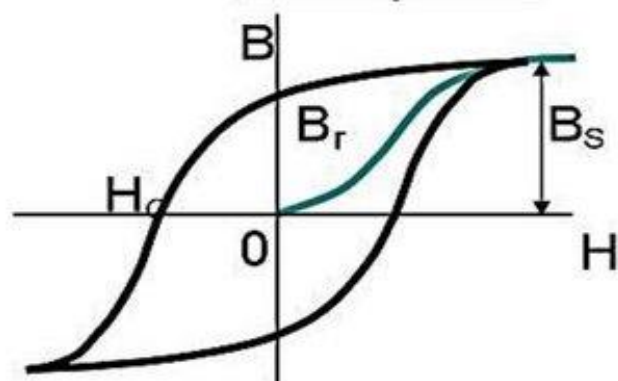
- $\chi_m > 0, |\chi_m| \ll 1$ (кіші оң шама).
- Атомдары мен иондары **меншікті магнит моментке** ие (спин, орбиталды момент), бірақ сыртқы өріс болмаған кезде бағыттары ретсіз (орташа нөл).
- Магнит өрісі түскенде магнит моменттер **өріс бағытына аздап реттеледі**, өріс **әлсіз күшейеді**.
- Мысалдар: алюминий (Al), платина (Pt), оттегі (O₂), кейбір тұздар (MnCl₂, т.б.).
- Температура артқан сайын **ретсіздену күшейіп**, параманиттік әсер әлсіреді (Кюри заңы).

Ферромагнетиктердің қасиеттері

Домендік аумақтар



Гистерезис

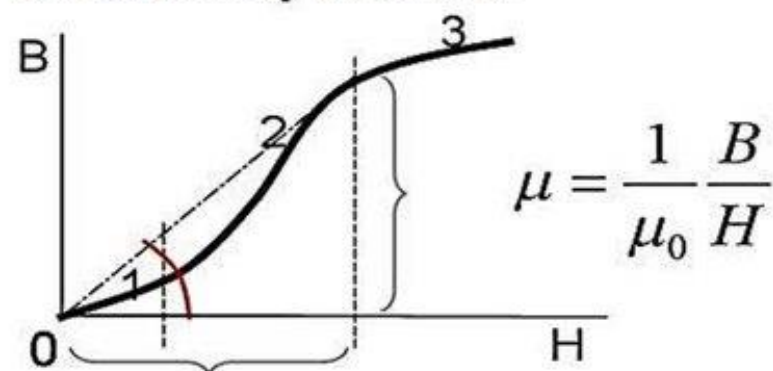


B_s – қанығу индукциясы

B_r – қалдық индукция

H_0 – коэрцитивтік күш

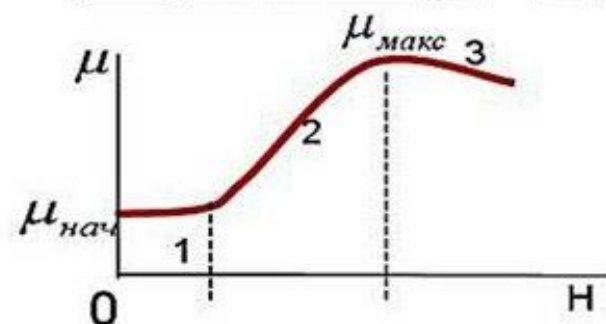
Магниттелу қисығы



1 – серпімді магниттелу

3 – қанығу

тәуелділік $\mu_{мен} H$



3) Ферромагниттер

- $\chi_m \gg 1$, өте үлкен, $\mu_r \sim 10^2 - 10^5$.
- Атомдардың меншікті магнит моменттері **өзара алысқашықтықтан да күшті алмасу әрекеттесумен** белгілі бір аймақтарда бір бағытта реттеледі – олар **магниттік домендер** түзеді.
- Сыртқы өріс әсерінен домендер бағыты мен көлемі өзгеріп, зат өте күшті магниттеледі.
- Мысалдар: темір (Fe), кобальт (Co), никель (Ni), кейбір қоспалар, ферриттер.
- Ферромагнетиктерде гистерезис, магниттік қанығу құбылыстары тән.

Қосымша топтар (қысқаша):

- **Антиферромагниттер** – жақын жатқан магнит моменттері қарама–қарсы бағытта, нәтижесінде макроскопиялық магниттелу жуық нөл.
- **Ферримагниттер** – жақын моменттер қарама–қарсы, бірақ модульдері әртүрлі → толық магнит момент нөлден айтарлықтай өзгеше (ферриттер).

Бақылау сұрақтары:

1. Магнетиктерде өрістің пайда болуын түсіндіріңіз.
2. Магнит өрісі векторалы үшін шекаралық шарттарды түсіндіріңіз.
3. Диамагнетиктердің, парамагнетиктердің және ферромагнетиктердің магниттелу механизмін түсіндіріңіз
4. Гистеризес тұзағын нені білдіреді?

Пайдаланылған әдебиеттер:

1. Бәйімбетов Ф.Б., Рамазанов Т.С. Электр және магнетизм. – Алматы: Қазақ университеті, 2011. – 199 б.
2. Бәйімбетов Ф.Б., Аймауытов Д., Құрманбеков А. Физика есептері (Электр және магнетизм). – Алматы: Қазақ университеті, 2005. – 216 б.
3. Архипов Ю.В. Краткий конспект лекций по курсу "Электричество и магнетизм" : учеб.-методическое пособие КазНУ 2009
4. Габдуллина Г.Л., Қисан А., Абыканова Б.Т. Электр және магнетизм курсы бойынша қысқаша дәрістер мен есептер жинағы : оқу-әдістемелік құрал, Әл-Фараби атын. ҚазҰУ. - Алматы : Қазақ ун-ті, 2017. - 161 б.
5. Туреханова К.М. Электр және магнетизм курсы бойынша есептер жинағы/ Оқу құралы, әл-Фараби атын. ҚазҰУ. - Алматы : Қазақ ун-ті, 2017. – 191 б.
6. Raymond A. Serway, John W. Jewett, Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics 9th ed. – Cengage Learning, 2014. – 1622 p.