

Ферромагнетики



- До **ферромагнетики** (ferrum - залізо) належать речовини, магнітна сприйнятливість яких позитивна і досягає значень. $10^4 - 10^5$
- Намагніченість $\underline{J} = \chi \underline{H}$ і магнітна індукція $\underline{B} = (\underline{H} + \underline{J})\mu_0$ ферромагнетиків ростуть із збільшенням напруженості магнітного поля нелінійно, і в полях намагніченість ферромагнетиків досягає граничного $\sim 8 \cdot 10^3$ А/м значення, а вектор магнітної індукції зростає лінійно з \underline{H} : $\underline{B} = \underline{J}_m \mu_0 + \underline{H} \mu_0$.

Феромагнетики



- **Феромагнітні властивості матеріалів проявляються тільки у речовин у твердому стані, атоми яких мають постійним спіновим або орбітальним магнітним моментом, зокрема у атомів з недобудованими внутрішніми електронними оболонками.**
- **Типовими феромагнетиками є перехідні метали.**
- **У феромагнетиках відбувається різке посилення зовнішніх магнітних полів.**
- **Причому для феромагнетиків складним чином залежить від величини магнітного поля.**
- **Типовими феромагнетиками є Fe, Co, Ni, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, а також сполуки феромагнітних матеріалів з неферомагнітними.**

Феромагнетики



- **Істотною відмінністю феромагнетиків від діа-і парамагнетиків є наявність у феромагнетиків мимовільної (спонтанної) намагніченості в відсутність зовнішнього магнітного поля.**
- **Наявність у феромагнетиків мимовільного магнітного моменту в відсутність зовнішнього магнітного поля означає, що електронні спини і магнітні моменти атомних носіїв магнетизму орієнтовані в речовині впорядкованим чином.**

Ферромагнетики

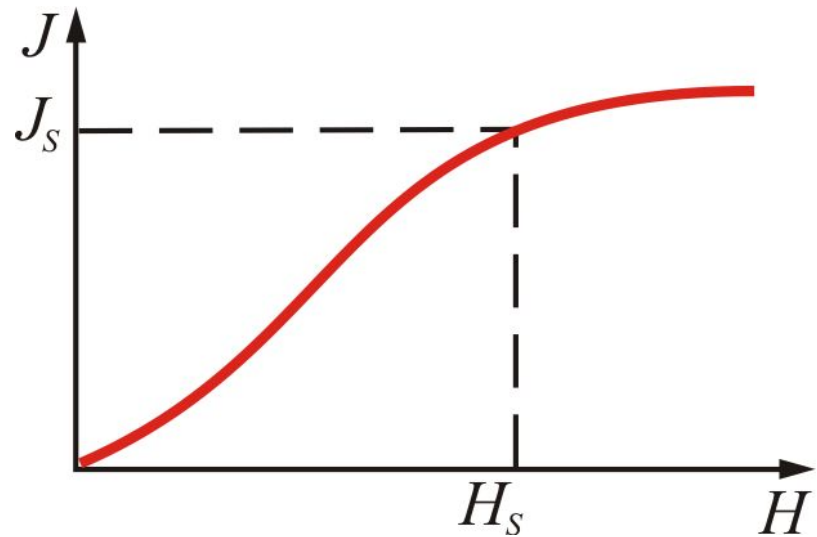


- **Ферромагнетики це речовини, що володіють мимовільної намагніченістю, яка сильно змінюється під впливом зовнішніх впливів - магнітного поля, деформації, температури.**
- **Ферромагнетики, на відміну від слабо магнітних діа-і парамагнетиків, є сильно магнітними речовинами:**
- **Внутрішнє магнітне поле в них може в сотні разів перевершувати зовнішнє поле.**

Феромагнетики



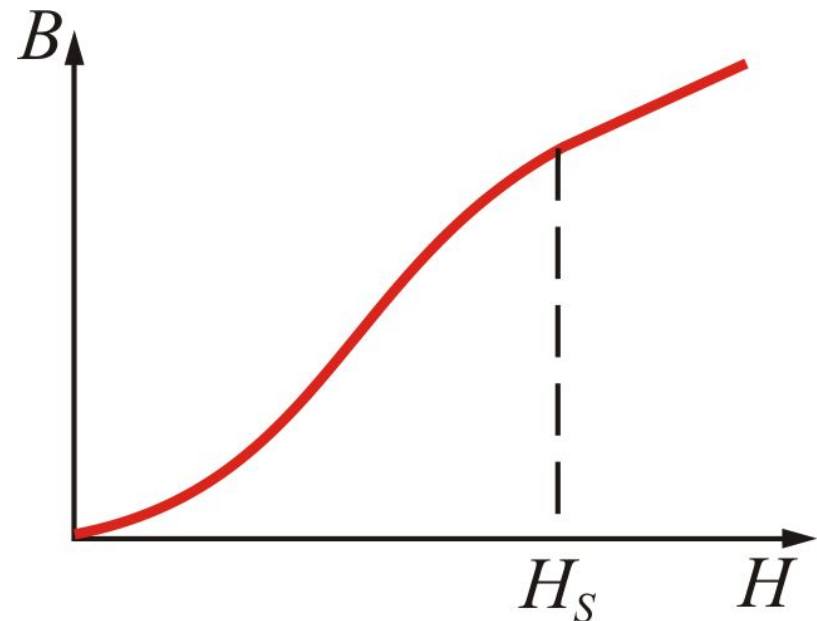
- **Основні відмінності магнітних властивостей феромагнетиків.**
- **1) Нелінійна залежність намагніченості від напруженості магнітного поля H (малюнок).**
- **Як видно з малюнка при $H > H_s$ спостерігається магнітне насичення.**



Ферромагнетики



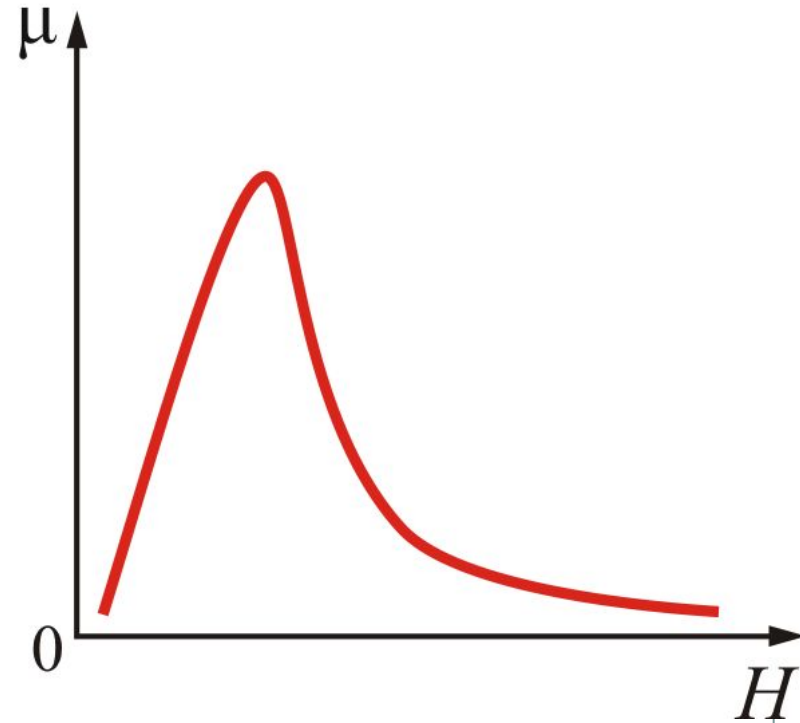
- **2) При $H < H_s$ залежність магнітної індукції B від H нелінійна, а при $H > H_s$ - лінійна**



Ферромагнетики



- **Залежність відносної магнітної проникності від H має складний характер (малюнок), причому максимальні значення μ дуже великі ($10^3 \div 10^6$).**



Феромагнетики

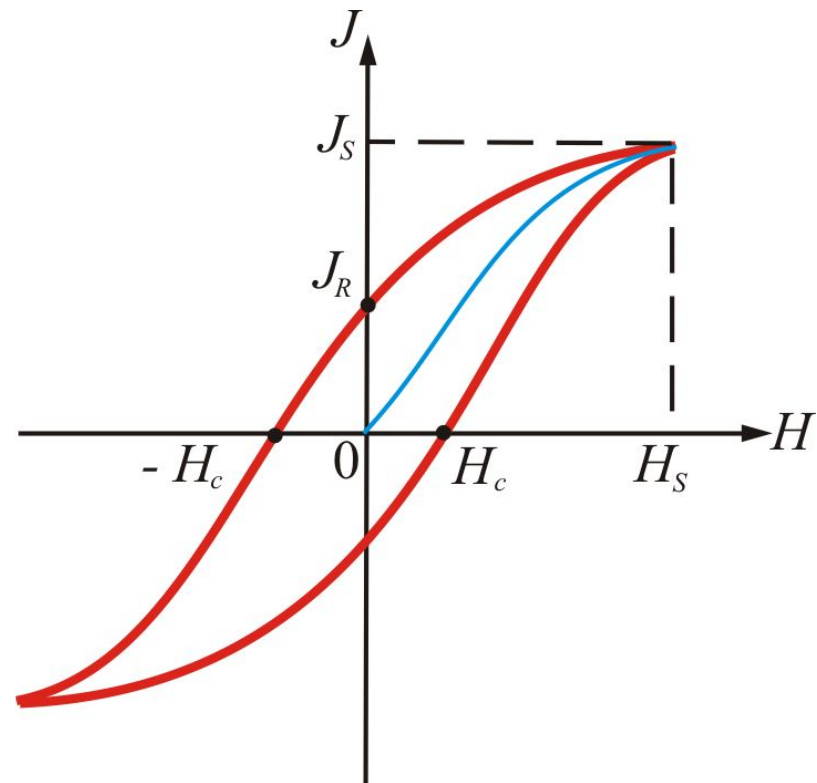


- 4) У кожного феромагнетика є така температура називається **точкою Кюрі** (T_K), вище якої ця речовина втрачає свої особливі магнітні властивості.
- Наявність температури Кюрі пов'язано з руйнуванням при $T > T_K$ упорядкованого стану в магнітній підсистемі кристала - паралельної орієнтації магнітних моментів.
- Для нікелю температура Кюрі дорівнює 360 С.

Ферромагнетики



- 5) Існування **магнітного гистерезиса**.
- На малюнку показана **петля гістерезису** - графік залежності намагніченості речовини від напруженості магнітного поля H .



Ферромагнетики



- Намагніченість J_S при $H = H_S$ називається **намагніченість насичення**.
- Намагніченість $\pm J_R$ при $H = 0$ називається **залишковою намагніченістю** (що необхідно для створення постійних магнітів).
- Напруженість $\pm H_c$ магнітного поля, повністю розмагніченого ферромагнетика, називається **коерцитивною силою**.
- Вона характеризує здатність ферромагнетика зберігати намагнічене стан.

Ферромагнетики



- Великий коерцитивної силою (широкої петлею гистерезиса) мають магнітотверді матеріали.
- Малу коерцитивної силу мають магнітомягкі матеріали.
- Вимірювання гіромагнітного відношення для ферромагнетиків показали, що елементарними носіями магнетизму в них є спінові магнітні моменти електронів.
- Мимовільно при $T < T_K$ намагнічуються лише дуже маленькі монокристали ферромагнітних матеріалів, наприклад нікелю або заліза.

Ферромагнетики



- Для того щоб постійними магнітними властивостями - постійним магнітом став великий шматок заліза, необхідно його намагнітити, тобто помістити в сильне магнітне поле, а потім це поле прибрати. Виявляється, що при $T < T_K$ великій вихідний шматок заліза розбитий на безліч дуже
- Маленьких ($10^{-2} \div 10^{-3}$ см), повністю намагнічених областей - доменів.
- Вектори намагніченості доменів в відсутність зовнішнього магнітного поля орієнтовані таким чином, що повний магнітний момент ферромагнітного матеріалу дорівнює нулю.

Ферромагнетики



- Якщо б у відсутність поля кристал заліза був би єдиним доменом, то це призвело б до виникнення значного зовнішнього магнітного поля, яке містить значну енергію (малюнок А).
- Розбиваючись на домени, ферромагнітний кристал зменшує енергію магнітного поля.
- При цьому, розбиваючись на косокутні області (малюнок Г), можна легко отримати стан ферромагнітного кристала, з якого магнітне поле взагалі не виходить.

Ферромагнетики



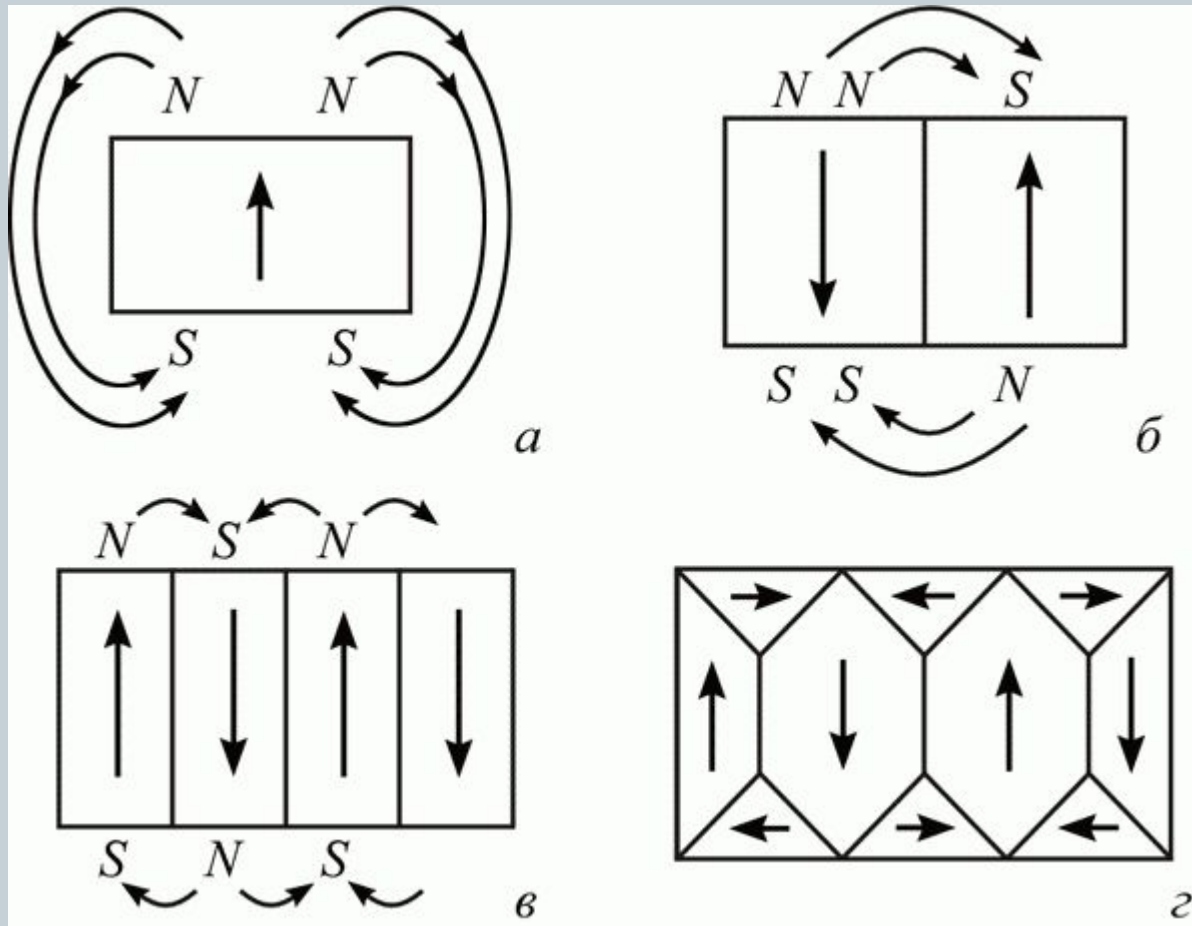
- **Загалом у монокристалі реалізується таке розбиття на доменні структури, яке відповідає мінімуму вільної енергії ферромагнетика.**
- **Якщо помістити ферромагнетик, розбитий на домени, в зовнішнє магнітне поле, то в ньому починається рух доменних стінок.**
- **Вони переміщуються таким чином, щоб областей з орієнтацією вектора намагніченості по полю стало більше, ніж областей з протилежною орієнтацією (малюнок Б,В,Г).**
- **Такий рух доменних стінок знижує енергію ферромагнетика в зовнішньому магнітному полі.**

Феромагнетики



- У міру наростання магнітного поля весь кристал перетворюється в один великий домен з магнітним моментом, орієнтованим по полю (малюнок).
- У реальному шматку заліза міститься величезна кількість дрібних кристаликів з різною орієнтацією, в кожному з яких є кілька доменів.
- Феромагнітні матеріали відіграють величезну роль в самих різних областях сучасної техніки.

Ферромагнетики



Ферромагнетики



- Широке поширення в радіотехніці, особливо в високочастотної радіотехніці отримали ферити - феромагнітні неметалеві матеріали - сполуки окису заліза з окислами інших металів.
- Ферити поєднують феромагнітні і напівпровідникові властивості, саме з цим пов'язано їх застосування як магнітних матеріалів в радіоелектроніці і обчислювальній техніці.
- Ферити володіють високим значеннями намагніченості і температурами Кюрі.

Ферромагнетики



- У реальному шматку заліза міститься величезна кількість дрібних кристаликів з різною орієнтацією, в кожному з яких є кілька доменів.
- Ферромагнітні матеріали відіграють величезну роль в самих різних областях сучасної техніки.
- **Магнитомягкие матеріали** використовуються в електротехніці при виготовленні трансформаторів, електромоторів, генераторів, в слаботочній техніці зв'язку і радіотехніки;
- **магнитожорсткі матеріали** застосовують при виготовленні постійних магнітів.

Ферромагнетики



- **Магнітні матеріали широко використовуються в традиційній технології запису інформації в вінчестері ..**
- **Магнітне речовина 2 нанесено тонким шаром на основу твердого диска 3 .**
- **Кожен біт інформації представлений групою магнітних доменів (в ідеальному випадку - одним доменом) .**
- **Для перемагнічування домена (зміни напрямку вектора його намагніченості) використовується поле записуючої головки 4 (5 - зчитує голівка) .**
- **Енергія, необхідна для запису , залежить від обсягу домену і наявності додаткових стабілізуючих шарів , що перешкоджають мимовільної втрати інформації.**
- **При цьому використовується запис на вертикально орієнтовані домени і досягається щільність запису до.**