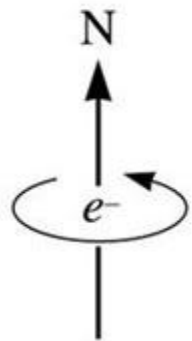




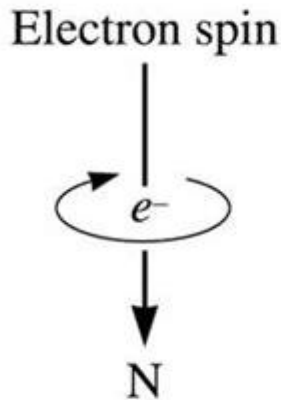
**Неорганічні матеріали
з магнітними властивостями**

Магнітні матеріали

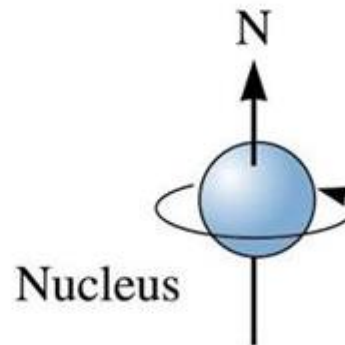
МАГНІТНІ МАТЕРІАЛИ – матеріали, які суттєво змінюють значення магнітного поля, де вони розміщені.



or

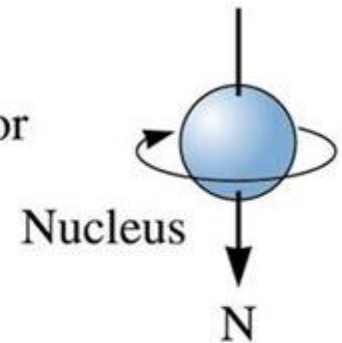


(a)



Orbital momentum

or



(b)

Походження магнітних диполей:

a) спін електрону створює магнітне поле з напрямком, який залежить від квантового числа m_s

b) обертання електронів навколо ядра створює магнітне поле навколо атома.

Магнітні матеріали

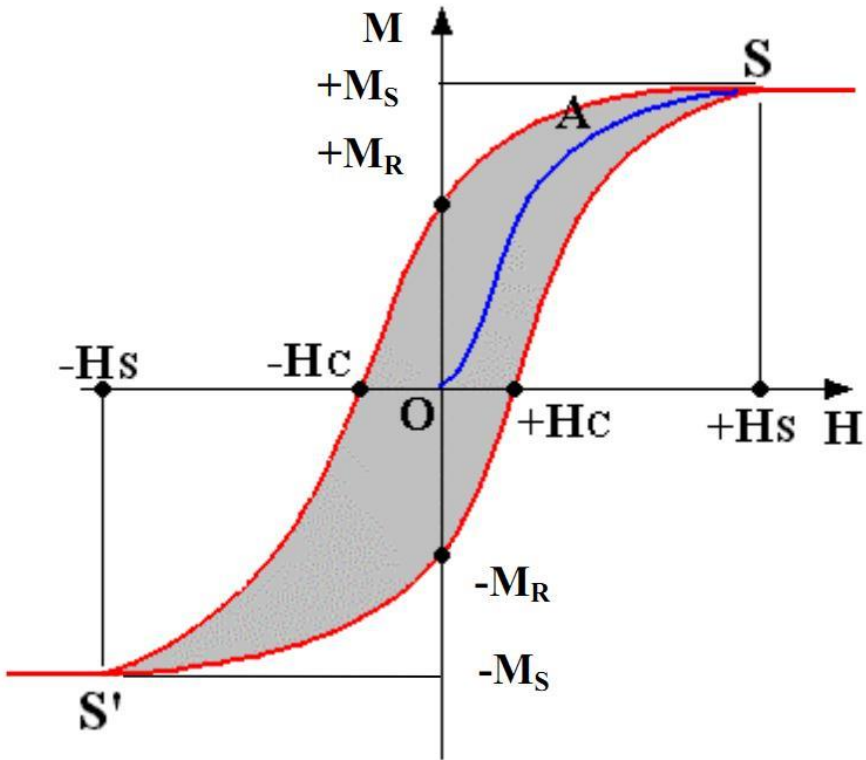
Будь-яка речовина, будучи поміщеною у магнітне поле, здобуває деякий магнітний момент \bar{M} . Магнітний момент одиниці об'єму J_M речовини називають **намагніченістю** $\bar{J}_M = \bar{M}/V$, де V - об'єм, m^3 .

При нерівномірному намагнічуванні тіла $\bar{J}_M = d\bar{M}/dV$.

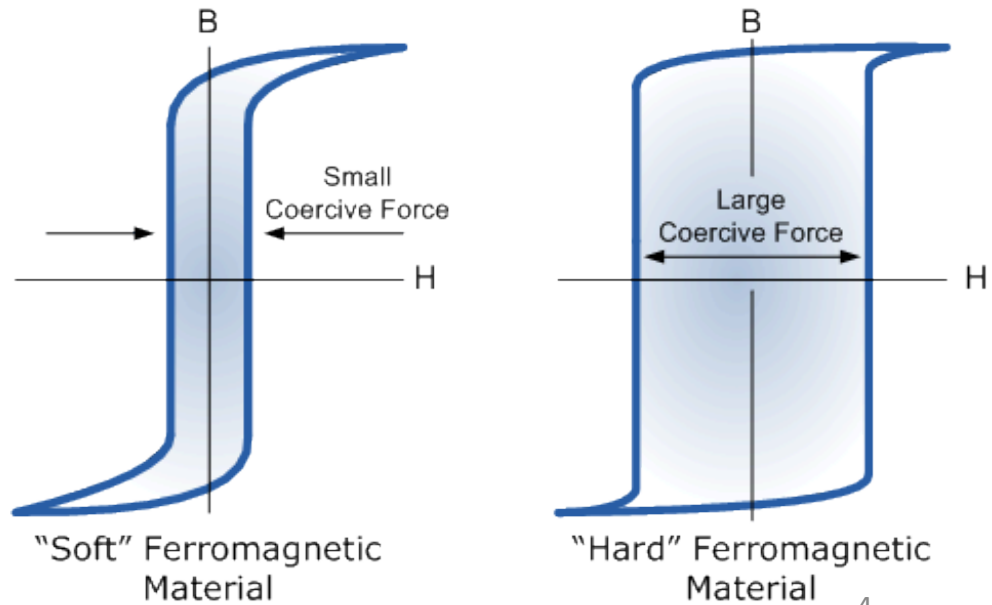
Намагніченість є векторною величиною; в ізотропних тілах вона спрямована або паралельно, або антипаралельно напруженості магнітного поля \bar{H} . Намагніченість виражається в одиницях напруженості магнітного поля (А/м) і пов'язана з напруженістю магнітного поля співвідношенням $\bar{J}_M = \chi_M \cdot \bar{H}$, де χ_M – безрозмірна величина, що характеризує здатність даної речовини намагнічуватися в магнітному полі й називана **магнітною сприйнятливістю**. Магнітна сприйнятливість чисельно дорівнює намагніченості при одиничній напруженості поля. Крім об'ємної магнітної сприйнятливості χ_M іноді використовують поняття питомої й молярної магнітних сприйнятливостей, які відносять відповідно до одиниці маси або до моля речовини.



Петля гістерезису



Вібраційний магнетометр

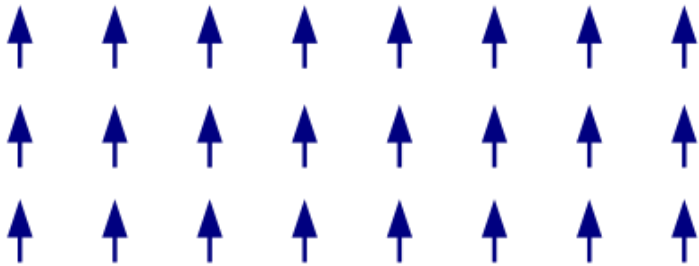


Класифікація магнітних матеріалів

Загалом поведінка магнітного матеріалу може значно змінюватись в залежності від структури матеріалу і, не в останню чергу, від його електронної конфігурації. Існує декілька типів взаємодії матеріалів з магнітним полем, зокрема йдеться про такі матеріали, як:

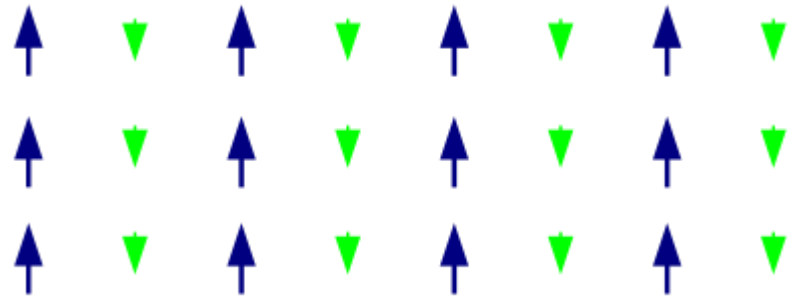
Феромагнетики та феримагнетики (ферити): матеріали, які зазвичай та вважаються «магнітними»; вони притягаються до магніту достатньо сильно — так, що притягання відчувається.

Тільки ці матеріали можуть зберігати намагніченість та стати постійними магнітами. Феримагнетики подібні до феромагнетиків, але слабкіші за них. Відмінності між феро-і феримагнітними матеріалами пов'язані з їхньою мікроскопічною структурою.



Феромагнетики

(залізо, нікель, кобальт, гадоліній, манган, хром та їхні сплави)



**Феримагнетики
(ферити)**

Різні підґратки в них складаються з різних атомів або іонів, наприклад, вони можуть бути різними іонами феруму Fe^{2+} і Fe^{3+} .

TABLE 20-1 ■ *The electron spins in the 3d energy level in transition metals with arrows indicating the direction of spin*

Metal	3d					4s
Sc	↑					↓↑
Ti	↑	↑				↓↑
V	↑	↑	↑			↓↑
Cr	↑	↑	↑	↑	↑	↑
Mn	↑	↑	↑	↑	↑	↓↑
Fe	↓↑	↑	↑	↑	↑	↓↑
Co	↓↑	↓↑	↑	↑	↑	↓↑
Ni	↓↑	↓↑	↓↑	↑	↑	↓↑
Cu	↓↑	↓↑	↓↑	↓↑	↓↑	↑

	Ion	Configuration		Magnetic moment
		3d	4f	
Transition metal ion	$^{24}\text{Cr}^{3+}$	$\uparrow \uparrow \uparrow _ _$		3.88
	$^{25}\text{Mn}^{2+}$	$\uparrow \uparrow \uparrow \uparrow \uparrow$		5.92
	$^{26}\text{Fe}^{3+}$	$\uparrow \uparrow \uparrow \uparrow \uparrow$		5.92
	$^{29}\text{Cu}^{2+}$	$\uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow$		1.73
Lanthanide metal ion	$^{63}\text{Eu}^{3+}$		$\uparrow\downarrow \uparrow \uparrow \uparrow \uparrow \uparrow \uparrow$	3.4
	$^{64}\text{Gd}^{3+}$		$\uparrow \uparrow \uparrow \uparrow \uparrow \uparrow \uparrow$	7.94
	$^{66}\text{Dy}^{3+}$		$\uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow \uparrow \uparrow \uparrow \uparrow$	10.65

Поведінка феримагнетиків у магнітному полі дуже схожа на поведінку феромагнетиків, проте для них існує певна температура, за якої магнітні моменти ґраток повністю компенсуються.

Температура переходу з феримагнітного стану до парамагнітного називається, як і для феромагнетиків, температурою Кюрі.

TABLE 20-3 ■ *Curie temperatures for selected materials*

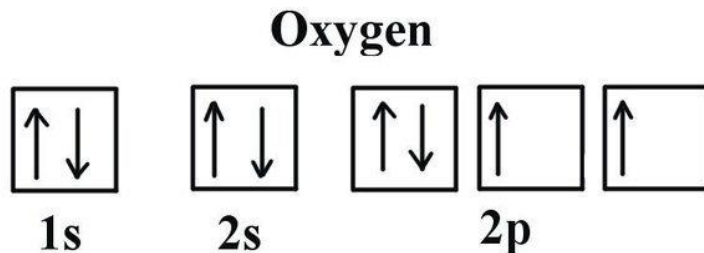
Material	Curie Temperature (°C)	Material	Curie Temperature (°C)
Gadolinium	16	Iron	771
Nd ₂ Fe ₁₂ B	312	Alnico 1	780
Nickel	358	Cunico	855
BaO · 6Fe ₂ O ₃	469	Alnico 5	900
Co ₅ Sm	747	Cobalt	1117

Парамагнетики: такі сполуки, як платина, алюміній та кисень, які слабо притягаються до магніту. Цей ефект в сотні тисяч разів слабше, ніж притягання феромагнітних матеріалів, тому він може бути виявлений лише за допомогою чутливих інструментів або потужних магнітів.

Атоми парамагнетиків мають свій магнітний момент.

До парамагнетиків належать:

- речовини, атоми або молекули яких мають непарне число електронів (Na, N);
- вільні атоми (іони) з недобудованою внутрішньою електронною оболонкою (елементи перехідної групи, їх солі і водні розчини, комплексні сполуки перехідних елементів, рідкісні землі, актиніди, вільні радикали);
- багато лужних і лужноземельних металів, Al, Sc, V; O₂, NO.
- феромагнетики та антиферомагнетики при температурах, вищих від температур Кюрі та Нееля, відповідно.



Діамагнетики: сполуки, що намагнічуються проти напрямку зовнішнього магнітного поля. У порівнянні з парамагнітним та ферромагнітними сполуками діамагнітні сполуки, такі як вуглець, мідь, вода та пластики, відштовхуються від магніту. Проникність діамагнітних матеріалів менше проникності вакууму. Всі сполуки, що не володіють одним з типів магнетизму, є діамагнітними; до них відноситься більшість сполук. Сили, що діють на діамагнітні об'єкти від звичайного магніту, занадто слабкі, проте в сильних магнітних полях надпровідних магнітів діамагнітні матеріали, наприклад шматочки свинцю, можуть зависати, а оскільки вуглець і вода є сполуками діамагнітними, в потужному магнітному полі можуть зависати навіть органічні об'єкти, наприклад живі жаби і миші.

Існують **інші види магнетизму**, наприклад спінове скло, суперпарамагнетизм, супердіамагнетизм та метамагнетизм.