

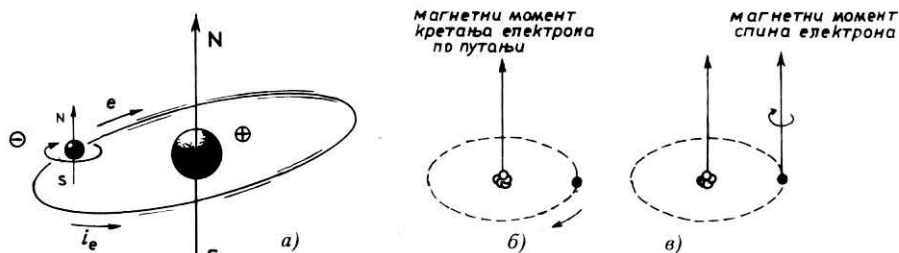
Феромагнетици

Материјал	Почетни магнетни пермеабилитет $\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0}$	Максимални магнетни пермеабилитет $\mu_{r \max} = \frac{\mu_{\max}}{\mu_0}$
супермалој	100 000	300 000
гвожђе	25 000	250 000
пермалој	10 000	50 000
динамо лим (4% Si)	500	7 000
гвоздени лив	70	600

4.6. МАГНЕТНА СВОЈСТВА МАТЕРИЈАЛА

Утврђено је да уношењем неког материјала у магнетно поље долази до измене тог магнетног поља. Ова појава се назива магнећење материјала а објашњење ове појаве захтева шире познавање суштине магнетизма. Магнетна својства материјала леже дубоко у самој структури, односно у процесима који се у структури материјала одвијају и који одређују и електрична својства. С обзиром на то да атомски састав упућује на процесе којима се објашњава настајање електрицитета, можемо одмах закључити да се њему приписују и магнетна својства материје. Управо у овом лежи недељивост електричних и магнетних појава.

Рекли смо да се атоми састоје од тешког позитивно наелектрисаног језгра и од одговарајућег броја електрона који круже око језгра великим брзинама. Како свако кретање наелектрисаних честица представља електричну струју, то сваки електрон који кружи око атомског језгра образује једну струјну контуру. Тиме сваки електрон образује и неко магнетно поље (слика 4.10а). Електрони се обрћу и око сопствене осе (спин), што такође изазива неку струју, а тиме и магнетно поље. Обе ове компоненте магнетног поља електрона у атомима описују се магнетним моментима: постоји значи, обртни момент и момент спина (слика 4.10б, в)



Сл. 4.10

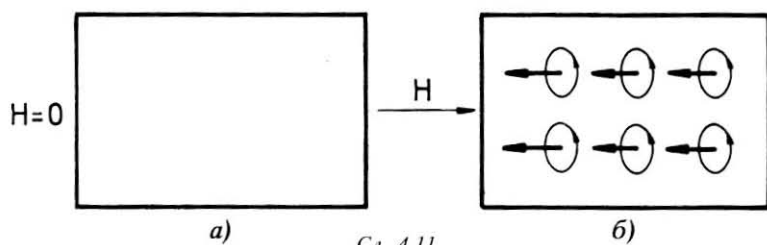
На основу изложеног, сваки атом се може посматрати као компликован систем елементарних струјних контура, које се краће називају Амперове

струје. Понашање свих материјала у магнетном пољу описује се помоћу ових Амперових струја. Ако се материјал не налази у страном магнетном пољу, тада је магнетно поље Амперових струја приметно само у непосредној околини атома и споља се не може констатовати. Смер магнетног поља електрона може се одредити према правилу десне завојнице, али треба имати у виду да је смер (технички) струје супротан кретању електрона (слика 4.10).

У атомима неких материјала резултујући магнетни моменат је једнак нули услед различитих праваца магнетних момената електрона. У другим материјалима резултујући магнетни моменат није једнак нули и такав атом представља елементарни магнет. Сви материјали припадају једној од ове две групе.

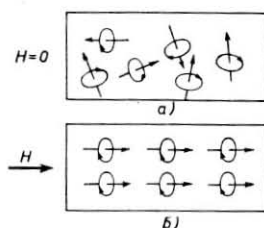
Материјали чији атоми не поседују сопствени магнетни моменат су дијамагнетни материјали ($\mu_r < 1$). При деловању спољашњег магнетног поља у атомима долази до промене кретања електрона — јавља се резултантна струја на нивоу атома која се супротставља деловању поља. Тиме се укупно поље у материјалу смањује. Но ово слабљење поља је мало изражено: релативна магнетна пермеабилност дијамагнетних материјала је незнатно мања од један: нпр. за бакар износи $\mu_r = 0,99999$. У ову групу материјала спадају још сребро, цинк, графит, кадмијум, вода и др. На слици 4.11 приказано је елементарно магнетно поље дијамагнетних материјала пре и после магнећења.

Материјали чији атоми поседују сопствени резултантни магнетни моменат деле се у две подгрупе, према јачини и врсти међусобног деловања атома или молекула супстанце.

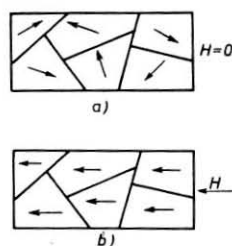


Сл. 4.11

Прву подгрупу чине парамагнетни материјали. Код њих је деловање између атома слабо, те су, у одсуству спољашњег магнетног поља, елементарна магнетна поља атома оријентисана у свим правцима (слика 4.12а). Услед тога је резултујуће магнетно поље материјала, макроскопски гледано, једнако нули. Под утицајем спољашњег магнетног поља долази до оријентације елементарних магнетних поља у правцу и смеру страног поља (слика 4.12б).



Сл. 4.12



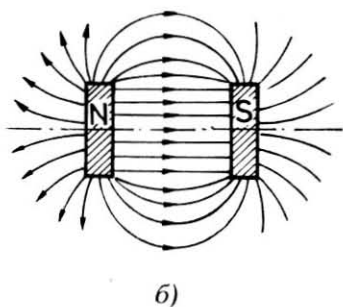
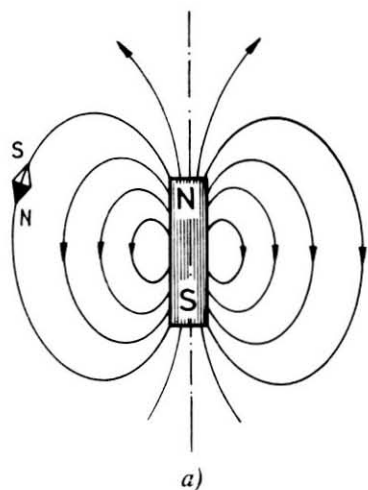
Сл. 4.13

Тиме се укупно поље на материјалу појачава. Ово појачавање поља је незнатно с обзиром на то да је релативна магнетна пермеабилност μ_r ових материјала незнатно већа од један. На пример, за алуминијум је $\mu_r = 1,000096$. У ову групу материјала спадају још платина, манган, кисеоник, ваздух и др.

Другу подгрупу чине материјали код којих је међусобна магнетна спрега између атома, односно молекула, веома велика. Овакви материјали називају се феромагнетни материјали. Као резултат тог међусобног деловања унутар феромагнетних материјала се формирају велике групе атома (молекула) са истом оријентацијом магнетних момената (слика 4.13а). Овакве мале области унутар којих су сви магнетни моменти савршено оријентисани називају се домени. Сваки домен представља један мали стални магнет. Уносећи овакав материјал у страно магнетно поље јачине H долази до оријентације домена у смеру спољашњег поља и укупно поље се знатно појачава (слика 4.13б). Код ових материјала релативна магнетна пермеабилност μ_r је доста већа од један и износи око од 10^2 до око 10^6 . У природи је мали број ових материјала (гвожђе, кобалт, никал). По најизразитијем и најраспрострањеније представнику — гвожђа (ferrum) ови материјали су названи феромагнетни.

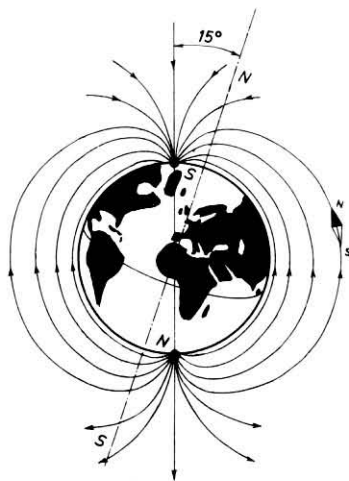
За дијамагнетне и парамагнетне материјале зависност интезитета вектора магнетне индукције B од интензитета вектора магнетног поља H је линеарна: значи, код њих је μ_r константна. Код феромагнетних материјала то није случај — тамо се μ_r мења зависно од јачине поља. При високим температурама нарушава се оријентација магнетних момената, па феромагнетни материјали губе магнетна својства. Критична температура при којој се губи феромагнетно својство назива се Киријева температура (по француском физичару и хемичару Pierre Curie, 1859—1906) и за гвожђе износи 770°C , за кобалт 1145°C , 360°C за никл итд.

У уводном излагању навели смо да постоје природни или стални магнети. Код њих је већина домена оријентисана у истом смеру и такав материјал има већ оријентисано сопствено магнетно поље. Оваквим материјалима, сталним магнетима, најчешће дајемо облик шипке или потковице. Спектри поља вектора магнетне индукције $\vec{B}$ сталног магнета у облику шипке и између полова потковичастог магнета дати су на слици 4.14а и б.



Сл. 4.14

Видимо да су и овде магнетне линије непрекидне, а смер им је ван магнета од северног (N) ка јужном (S) магнетном полу, а унутар магнета од јужног ка северном полу. Вектор магнетне индукције $\vec{B}$ је тангента у свакој тачки магнетне линије. Између полова потковичастог магнета поље је хомогено.



Сл. 4.15

И Земља има своје магнетно поље. Обична магнетна игла пружа доказе о постојању овог поља. Очито је да Земља показује особине сталног магнета. Земљина оса и магнетна оса Земље не поклапају се. Угао међу њима је $\theta = 15^\circ$. На Земљи су уведени еквивалентни магнетни полови — јужни магнетни пол (S) на приближно 70° северне географске ширине и 96° западне географске дужине и северни магнетни пол (N) на 72° јужне географске ширине и 157° источне географске дужине. Утврђено је да интензитет вектора магнетне индукције магнетног поља Земље није сталан. Он је различит у разним местима Земље, а мења се и са временом (магнетне буре). На слици 4.15 приказано је Земљино магнетно поље.

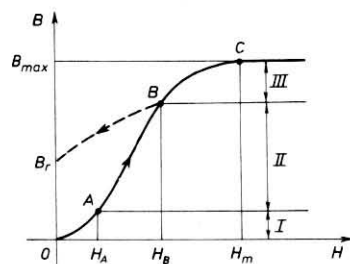
4.7. МАГНЕТИСАЊЕ ФЕРОМАГНЕТНИХ МАТЕРИЈАЛА

Вратићемо се опет феромагнетима као изразито важним магнетним материјалима и проучићемо процес магнетисања ових материјала.

Нека се феромагнетни материјал, који претходно није био намагнетисан, изложи дејству спољашњег магнетног поља чију јачину постепено повећавамо од нуле па до неке вредности H . Са повећањем интензитета поља H повећаваће се и интензитет магнетне индукције B с обзиром на везу $B = \mu \cdot H$. Зависност промене интензитета вектора $\vec{B}$ од јачине поља H (које још називамо и магнетизационим пољем) приказана графички ($B = f(H)$) представља криву магнећења феромагнетног материјала коју приказује слика 4.16.

Криву магнећења делимо на три дела, односно разликујемо три етапе овог процеса.

Први део криве (од нуле до тачке А на слици 4.16) показује почетак магнетисања. Под дејством поља H , које је од вредности 0 до H_A малог интензитета, у феромагнетном материјалу оријентишу се само они домени чији су магнетни моменти подударни са спољашњим пољем или су му приближни по правцу и смеру. Види се да влада прилична пропорционалност између B и H (слично као код пара и дијамагнетних материјала) и ако се у тачки А укине магнетно поље и магнетна индукција B пада одмах на нулу.



Сл. 4.16