

MAGNETISME A LA MATÈRIA

- 2.57** (o) Disposem d'un tor fet d'un material ferromagnètic que té una imantació mitjana de $M = 1,0 \times 10^5$ A/m (dirigida al llarg del tor). Si suposem que no està travessat per corrents elèctrics, calculeu:
- a) El camp magnètic B a l'interior del tor.
 - b) Quina seria la densitat de corrent fictici (per unitat de longitud) si al seu voltant es fa circular un corrent que produeix en l'enrotllament una densitat de corrent de 10.000 A/m sense que s'alteri la imantació.
 - c) Quin és ara el camp B i la densitat de corrent fictici?
- 2.58** (o) Un tor de ferro recuit de 0,30 m de circumferència mitjana, 10 cm^2 de secció i d'una permeabilitat relativa de 500 porta un enrotllament compacte de 500 voltes. Si hi circula un corrent de 1,5 A, calculeu en el si del nucli:
- a) El camp H .
 - b) El camp B .
 - c) El camp B_0 produït pels corrents lliures.
 - d) El camp B' que produirien els corrents ficticis.
 - e) La imantació o magnetització M .
 - f) La densitat de corrent fictici o d'Ampère (per unitat de longitud).
 - g) La densitat d'energia magnètica emmagatzemada.

a) $H = 2500 \text{ A/m}$	b) $B = 1,57 \text{ T}$	c) $B_0 = 0,0031 \text{ T}$	d) $B' = 1,57 \text{ T}$
e) $M = 1,25 \times 10^6 \text{ A/m}$	f) $\lambda = 1,25 \times 10^6 \text{ A/m}$	g) $\eta = 1,96 \times 10^3 \text{ J/m}^3$	

- 2.59** (o) Sobre un tor enrotllem dues bobines de manera uniforme. En un instant t_1 el corrent que circula per la primera bobina és nul, i el fem créixer fins que, en un instant t_2 , el corrent assolix un determinat valor I . A la segona bobina connectem un integrador, amb el qual es mesura la quantitat total de càrrega que ha circulat des de l'instant t_1 fins a t_2 . Si anomenem Q_0 a la càrrega que ha passat en fer aquest procés quan el tor és buit, i Q quan és ple d'un determinat material magnètic (anella de Rowland), demostreu que la susceptibilitat d'aquest material és igual a:

$$\chi_m = Q/Q_0 - 1$$

2.60 (o) *MESURA DE LA SUSCEPTIBILITAT.*

Un cub d'alumini de 10 g (densitat de $2,70 \text{ g/cm}^3$) es troba en un camp magnètic no uniforme orientat segons l'eix y , en una regió en què B és 18.000 G i el gradient (dB/dx) del camp és 1.100 G/cm . Si la força exercida sobre la mostra és de $2,4 \times 10^{-4} \text{ N}$, calculeu la susceptibilitat de l'alumini.

Nota: cal tenir en compte que aquesta força equival al moment magnètic de la mostra pel gradient del camp B en la zona on es troba.

$$\chi = 4,1 \times 10^{-6}$$

2.61 (*) ORDRE DE MAGNITUD DE LA SUSCEPTIBILITAT.

El moment magnètic electrònic de l'àtom d'hidrogen, induït per un camp magnètic **B**, perpendicular al pla de l'òrbita, és el següent:

$$m = \frac{e^2 r^2}{4 m_o} B$$

on:

m_o : massa de l'electró

r : radi de la seva òrbita

e : càrrega

a) Si un àtom té Z electrons, una hipòtesi simplificadora raonable seria que, en valor mitjà, un terç dels electrons es mouen en un pla perpendicular a **B**.

Demostreu que la susceptibilitat diamagnètica és, llavors:

$$X_m = \frac{nZe^2 \langle r^2 \rangle}{12 m_o} \mu_o$$

on $\langle r^2 \rangle$ és el valor mitjà del quadrat dels radis de les òrbites electròniques i n és el nombre d'àtoms per unitat de volum.

b) Calculeu el valor de χ per a la plata. $Z = 47$, tenint en compte que: $n = 6 \times 10^{28}$ àtoms/m³ i $\langle r^2 \rangle = 2,5 \times 10^{-21}$ m².

$\chi_m(\text{Ag}) = 2,1 \times 10^{-5}$
--

2.62 (o) *UN MAGNETÓ DE BOHR* és el moment magnètic produït per l'spi d'un electró i val $9,27 \times 10^{-24}$ Am². Per al Fe, el nombre de magnetons de Bohr per àtom és 2,22 i la densitat d'àtoms és $8,5 \times 10^{28}$ per metre cúbic. Per al Co és 1,72 i $8,8 \times 10^{28}$. Per al Ni és de 0,62 i $9,1 \times 10^{28}$. Calculeu per a cadascuna de les tres substàncies:

a) El moment magnètic m de cada àtom.

b) El vector magnetització M de saturació.

c) El camp magnètic de saturació B_s .

Pel Fe: a) $20,6 \times 10^{-24}$ Am ²	b) $17,3 \times 10^5$ A/m	c) 2,17 T
---	---------------------------	-----------

2.63 (o) CAMP COERCITIU.

El camp coercitiu d'un material ferromagnètic és $H_c = 4,4 \times 10^4$ A/m. Amb aquest material hem construït un toroide de 15 cm de longitud, al voltant del qual hi ha enrotllades 600 voltes d'un fil de coure. Si prèviament hem imantat el toroide tot al llarg de la seva circumferència, quin és el mínim corrent necessari per invertir el sentit de la imantació?

$I = 11$ A

2.64 (o) Per tal de construir una bobina tenim un nucli de ferrita, de permeabilitat relativa $\mu_r = 500$, de secció $1,00 \text{ cm}^2$ i de longitud $10,0 \text{ cm}$.

a) Si poséssim una sola volta de fil al voltant del nucli, i hi féssim passar un corrent d'1,00 A, determineu el valor del camp H , del camp B i del flux magnètic Φ a través d'una secció del nucli.

b) Quin és el coeficient d'autoinducció L_1 de la bobina si només té una volta? Quantes voltes haurem de posar-hi per tal que l'autoinducció de la bobina sigui de $L = 20 \text{ mH}$?

a) $H = 10,0 \text{ A/m}$	$B = 6,28 \cdot 10^{-3} \text{ T}$	$\Phi = 0,63 \times 10^{-6} \text{ Wb}$
b) $L_1 = 0,63 \cdot 10^{-6} \text{ H}$	$N = 178 \text{ voltes}$	

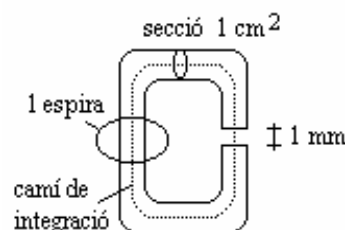
2.65 (c) Al nucli anterior, hi obrim un entreferro d'1,00 mm d'amplada. Com que el flux de B no pot desaparèixer i la secció és uniforme, a dins l'entreferro hi ha el mateix camp B que a la ferrita.

a) Si el camp B fos igual a $1,0 \text{ A} \cdot 10^{-4} \text{ T}$, quant valdria el camp H_e a l'entreferro i H_f a la ferrita?

b) Quant val la integral de \mathbf{H} al llarg d'un camí que doni una volta sencera al nucli? Quin corrent hi hem de fer passar per aconseguir aquest camp?

c) Quin és el flux del camp \mathbf{B} a través de la secció del nucli? Quant valdria l'autoinducció d'una bobina feta amb una sola volta?

d) Determineu la densitat d'energia a cada zona, i també l'energia total emmagatzemada al nucli i a l'entreferro.



a) $H_e = 80 \text{ A/m}$, $H_f = 0,16 \text{ A/m}$	b) 96 mA	c) 10^{-8} Wb , $0,10 \mu\text{H}$
d) $8 \times 10^{-6} \text{ J/m}^3$, $4 \times 10^{-3} \text{ J/m}^3$	$0,8 \times 10^{-10} \text{ J}$	$4 \times 10^{-10} \text{ J}$

2.66 (*) SUSCEPTIBILITAT D'UN MATERIAL PARAMAGNÈTIC .

En un material paramagnètic, cada àtom es comporta com un petit imant de moment magnètic $m = 9,27 \cdot 10^{-24} \text{ AAm}^2$.

Quan apliquem un camp magnètic B , el moment de cada àtom podem orientar-lo paral·lelament o antiparal·lelament a B , amb la qual cosa l'energia associada és $\epsilon_1 = -m_0 B$ ó $\epsilon_2 = +m_0 B$ respectivament.

a) Tenint en compte que, segons la llei de Boltzman, la probabilitat p que un nivell d'energia γ estigui ocupat és: $e^{-\epsilon/\epsilon_0}$, trobeu la relació de probabilitats entre ambdues orientacions $p(\epsilon_2)/p(\epsilon_1)$, suposant $B = 1,00 \text{ T}$ i $T = 300 \text{ K}$. Repetiu-ho per a $T = 0,40 \text{ K}$.

b) Obteniu l'expressió de les probabilitats absolutes que un àtom tingui una orientació o l'altra.

c) Demostreu que el moment magnètic mitjà en funció del camp i la temperatura és $m = m_0 \tanh(m_0 B/kT)$.

Dada: $k = 1,38 \times 10^{-23} \text{ JAK}^{-1}$ (constant de Boltzman)

a) 0,995 i 0,035	b) $P(\epsilon_1) = \frac{e^{m_0 B / KT}}{e^{m_0 B / KT} + e^{-m_0 B / KT}}$	c) $P(\epsilon_1) = \frac{e^{-m_0 B / KT}}{e^{m_0 B / KT} + e^{-m_0 B / KT}}$
------------------	--	---