

EL CAMP MAGNÈTIC I LES SEVES FONTS

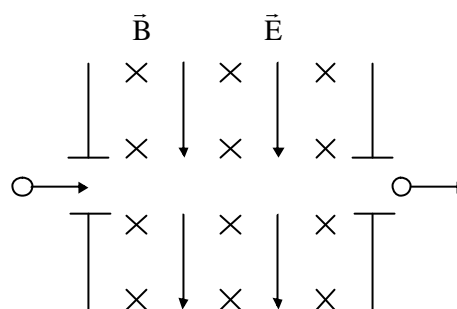
- 2.1** (b) Un electró (massa $m_e = 9,1 \times 10^{-31}$ kg i càrrega $1,6 \times 10^{-19}$ C) penetra dins un camp magnètic uniforme $\mathbf{B} = 1,0 \times 10^{-3}$ T, sent la seva velocitat perpendicular a aquest camp.
- Demostreu que el seu moviment és circular uniforme.
 - Si la seva velocitat és $v = 3,0 \times 10^5$ m/s, trobeu el radi de la seva trajectòria i el temps que triga a fer una volta, i la freqüència angular ω .
 - Com s'alterarien el radi, el temps i la freqüència angular si la seva velocitat fos doble?

b) $R = 1,7$ mm, $t = 3,5 \times 10^{-8}$ s
 c) R es duplica, t és el mateix

2.2 (o) *SELECTOR DE VELOCITATS.*

Un selector de velocitat té un camp magnètic de valor 0,100 T perpendicular a un camp elèctric de valor $2,00 \times 10^5$ V/m.

- Quina haurà de ser la velocitat d'una partícula per passar a través d'aquest selector sense que sigui desviada
- Quina energia (en eV) hauran de tenir els protons per passar per aquest selector?
- I els electrons?



a) $2,0 \times 10^6$ m/s b) 20,9 KeV c) 11,4 eV

2.3 (o) *CAMBRA DE BOMBOLLES.*

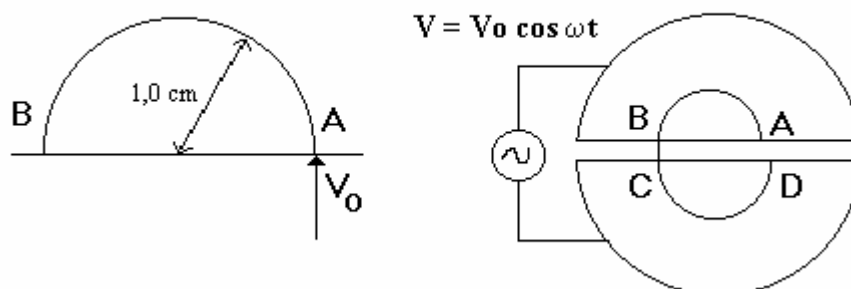
A l'interior d'una cambra de bombolles s'hi aplica un camp magnètic uniforme de valor $B = 0,10$ Tesla.

- Si un protó ($m = 1,672 \times 10^{-27}$ kg, $q = 1,602 \times 10^{-19}$ C) penetra en el seu interior perpendicularment al camp magnètic amb una velocitat de $v = 2,00 \times 10^6$ m/s, quin serà el radi de curvatura de la seva trajectòria?
- Una partícula desconeguda penetra en la cambra deixant un traç que té un radi de 2,50 m. Assumint que se'n coneix la càrrega, què coneixem d'aquesta partícula?

a) 0,21 m
 b) La quantitat de moviment

2.4 (o) CICLOTRÓ.

Un protó penetra pel punt A en un camp magnètic amb una velocitat $v_0 = 1,00 \times 10^6$ m/s i descriu una trajectòria circular de 2,00 cm de diàmetre a causa de l'aplicació d'un camp magnètic perpendicular a l'òrbita.



- Determineu el camp magnètic (mòdul, direcció i sentit) que fa que el protó segueixi la trajectòria circular AB de la figura dintre del conductor superior (E nul).
 - Calculeu el temps que trigar el protó a recórrer la semicircumferència AB.
 - Calculeu l'energia cinètica inicial del protó expressada en eV.
- Entre B i C apliquem una diferència de potencial de 5,5 kV, de manera que acceleri el protó.
- Quina és l'energia cinètica del protó en arribar a C?
- En el punt C penetra a l'interior d'un altre conductor.
- Quin és el radi de la trajectòria CD?
 - Amb quina energia arriba a D?
- En aquest moment apliquem entre els dos conductors una diferència de potencial V igual i de signe contrari a l'anterior de manera que el protó passi al primer conductor i es repeteixi el cicle.
- Per tal que el protó s'acceleri a cada pas, quina ha de ser la freqüència de V(t)?

a) B=1,04 T cap endins	b) 31,4 ns	c) 5,22 KeV	d) 10,7 KeV
e) 1,43 cm	f) 10,7 KeV	g) 15,9 MHz	

2.5 (o) Un ciclotró accel·lera deuterons ($m=3,34 \times 10^{-27}$ kg, $q=+e$). El camp magnètic és d'1,4 T i la tensió alterna aplicada a les "D" és de 5000 V d'amplitud. Calculeu:

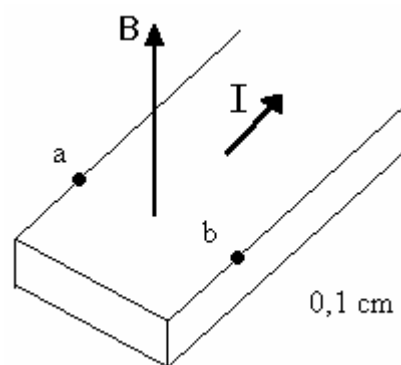
- La freqüència de la V per accelerar deuterons.
- La velocitat de sortida si el radi del ciclotró és de 0,4 m, assumint que entra amb una velocitat pràcticament nul·la.
- El nombre de voltes que fa el deuteró fins que surt.
- El temps que inverteix fins que surt.

a) $f = 1,07 \times 10^7$ Hz	b) $0,27 \times 10^8$ m/s	c) ≈ 751 voltes	d) $\approx 7,02 \times 10^{-5}$ s
------------------------------	---------------------------	-------------------------	------------------------------------

2.6 (o) EFECTE HALL.

Una cinta de metall de 2,0 cm d'ample i 0,10 cm de gruix porta un corrent de 20 A i est situada a l'interior d'un camp magnètic de 2,0 T, segons que podem veure en la figura. La f.e.m. Hall es mesura i resulta que és $V_a - V_b = 4,27 \mu\text{V}$.

- Calculeu la velocitat de desplaçament dels electrons a la cinta.
- Trobeu la densitat numèrica dels portadors de càrrega de la cinta.
- Quina seria la diferència de potencial $V_a - V_b$ si els portadors de càrrega fossin positius?



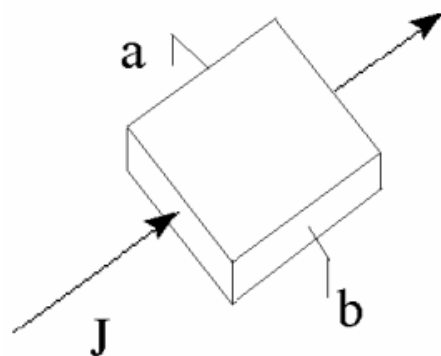
a) $1,1 \times 10^{-4} \text{ m/s}$

b) $5,9 \times 10^{28} \text{ m}^{-3}$

c) $-4,27 \mu\text{V}$

2.7 (o) Volem construir una sonda Hall per a la mesura del camp magnètic. Volem triar entre dos materials diferents, A i B, per veure amb quin s'obté la màxima sensibilitat.

El material A és un metall i B un semiconductor tipus p. Les seves conductivitats són $\sigma_A = 3 \times 10^8 \text{ S/m}$ i $\sigma_B = 6 \times 10^2 \text{ S/m}$, mentre que la densitat de portadors és $n_A = 2,5 \times 10^{28} \text{ m}^{-3}$, i $n_B = 4,5 \times 10^{22} \text{ m}^{-3}$. Construïm una sonda amb cada un d'aquests materials, amb làmines de la mateixa geometria (10 mm de llarg, 10 mm d'ample i 0,10 mm de gruix) i mesurem la tensió entre els punts a i b.



- Quina és la resistència de cada una de les làmines, fent passar el corrent tal com s'indica en la figura?
- No podem permetre que el dispositiu s'escalfi, per això limitarem el corrent que hi fem passar per tal que la potència dissipada sigui de $P = 0,10 \text{ W}$. Quin és el corrent que hem de fer passar per cada làmina?
- Quina és la velocitat i el sentit dels portadors de càrrega en cada cas (considerem la càrrega igual a $\pm e$)?
- Quina és la sensibilitat (en mV/G) de cada un dels dos dispositius?

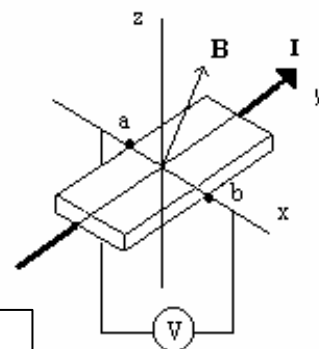
b) $I_A = 55,0 \text{ A}$; $I_B = 77,4 \text{ A}$ d) $S_A = 1,37 \cdot 10^{-5} \text{ mV/G}$; $S_B = 1,07 \text{ mV/G}$

2.8 (o) Una sonda Hall, en què el corrent circula en la direcció +Y, i en què la tensió Hall es mesura en la direcció X, té una sensibilitat d'1,5 mV/G.

Si es troba en un lloc en què el camp magnètic val:

$\mathbf{B} = (30, 20, 25) \text{ G}$

- Quina tensió Hall mesurarem?
- Quin és el signe de $(V_a - V_b)$ si la sonda consisteix en un semiconductor tipus n?

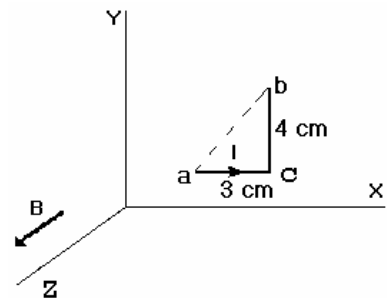


a) $(V_a - V_b) = 37,5 \text{ mV}$

b) positiu

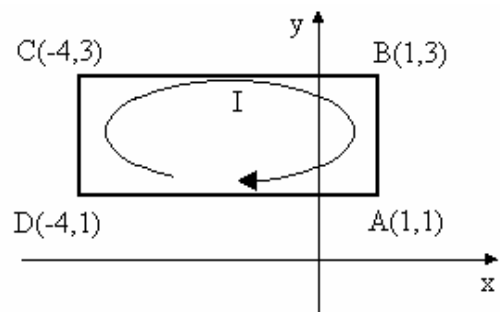
2.9 (b) Un fil pel qual circula un corrent determinat passa a través d'un camp magnètic, per el fil no experimenta l'acció de cap força magnètica. Com és possible?

- 2.10** (o) Un corrent de 2,0 A circula pel segment de conductor de la figura des de **a** fins a **b**. Existeix un camp magnètic $\mathbf{B}=1,0 \text{ kT}$.
a) Trobeu la força sobre els segments ac i cb.
b) Trobeu la força total sobre el conductor i demostreu que és la mateixa que si tot el conductor fos un segment recte des de **a** fins a **b**.



a) $\mathbf{F}_{ac} = -0,06\mathbf{j} \text{ N}; \mathbf{F}_{cb} = 0,08\mathbf{j} \text{ N}$ b) $\mathbf{F} = (0,08, -0,06, 0) \text{ N}$

- 2.11** (o) En una zona de l'espai existeix un camp magnètic uniforme $\mathbf{B}=20 \text{ jG}$. Al pla $z = 0$ està situada una espira rectangular amb vèrtexs als punts $A=(1,1,0)$, $B=(1,3,0)$, $C=(-4,3,0)$, $D=(-4,1,0)$ (en metres) i per la qual circula un corrent de valor $I = 2,0 \text{ mA}$.



- a)** Calculeu la força que actua sobre cada costat de l'espira.
b) Calculeu la força total que actua sobre l'espira.
c) Calculeu el moment que s'exerceix sobre l'espira.
d) Si el camp magnètic no fos uniforme i s'expressés

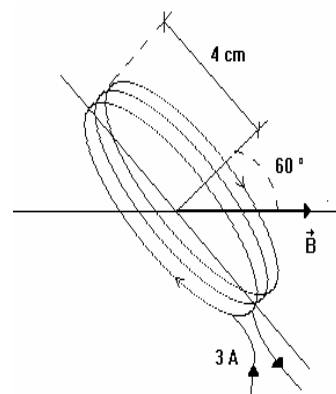
$$\mathbf{B} = \frac{\alpha}{y} \mathbf{k}$$

amb $\alpha = 10 \text{ Gm}$, repetiu els dos primers apartats.

a) $\mathbf{F}_{AB} = 0; \mathbf{F}_{BC} = 2,0 \times 10^{-5} \text{ k N}; \mathbf{F}_{CD} = 0; \mathbf{F}_{DA} = -2,0 \times 10^{-5} \text{ k N}$ b) 0 c) $4,0 \times 10^{-5} \text{ i N} \cdot \text{m}$ d) $\mathbf{F}_{AB} = -2,2 \times 10^{-6} \text{ i N}; \mathbf{F}_{BC} = -3,3 \times 10^{-6} \text{ j N}; \mathbf{F}_{CD} = 2,2 \times 10^{-6} \text{ i N}; \mathbf{F}_{DA} = +1,0 \times 10^{-6} \text{ j N}$ $\mathbf{F}_T = 6,7 \times 10^{-6} \text{ j N}$

- 2.12** (o) Una bobina circular petita de 20 voltes de fil és en un camp magnètic uniforme de 5.000 G de manera que la normal al pla de la bobina forma un angle de 60° amb la direcció de \mathbf{B} . El radi de la bobina és de 4 cm i hi circula un corrent de 3 A.

- a) Quin és el moment magnètic de la bobina?
b) Quin moment o parell de forces s'exerceix sobre la bobina?



- a) $0,30 \text{ Am}^2$, perpendicular al pla de la bobina, cap avall
b) $0,13 \text{ Nm}$

- 2.13** (o) Subjectem un petit imant permanent de 2,0 cm de longitud i $0,10 \text{ cm}^2$ de secció, de manera que pugui girar al voltant d'un eix vertical com si fos una brúixola. El component vertical del moment de força magnètica sobre l'imat té un valor de $3,0 \times 10^{-5} \text{ Nm}$ quan és situat en un lloc en què el component horitzontal del camp magnètic de la Terra és de 0,6 Gauss, si el seu eix és perpendicular al camp magnètic.

- a) Trobeu el moment magnètic de l'imat.
b) Quin corrent hauria de circular per la seva superfície per tal d'aconseguir aquest moment magnètic?

- a) $m = 0,50 \text{ Am}^2$ b) $I = 5,0 \times 10^4 \text{ A}$

- 2.14** (o) *RELACIÓ ENTRE EL MOMENT CINÈTIC I EL MOMENT MAGNÈTIC.*

Una partícula, de massa M i de càrrega q , descriu una trajectòria circular amb una velocitat angular ω constant. Trobeu una expressió que relacioni el moment magnètic orbital \mathbf{m} , i el moment cinètic de la partícula \mathbf{L} .

$$\mathbf{m} = (q/2M)\mathbf{L}$$

- 2.15** (c) *MOMENT MAGNÈTIC INDUÏT.*

Quin efecte produeix un camp magnètic \mathbf{B} sobre la velocitat angular d'un electró en òrbita circular al voltant del nucli, si \mathbf{B} és perpendicular al pla de l'òrbita i suposem que el radi roman constant? En aquestes condicions, demostreu que el moment magnètic induït val

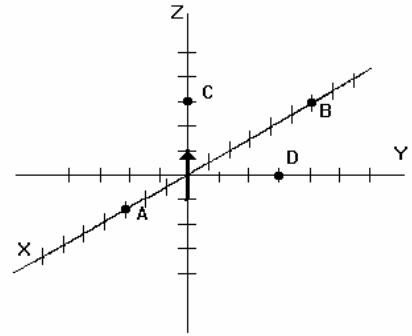
$$\Delta \mathbf{m} = -(q^2 r^2 / 4M) \mathbf{B}$$

on r és el radi de l'òrbita i M la massa de la partícula.

Suggeriment: calculeu la nova velocitat a què ha de girar amb la finalitat de compensar la força produïda per la introducció del camp magnètic.

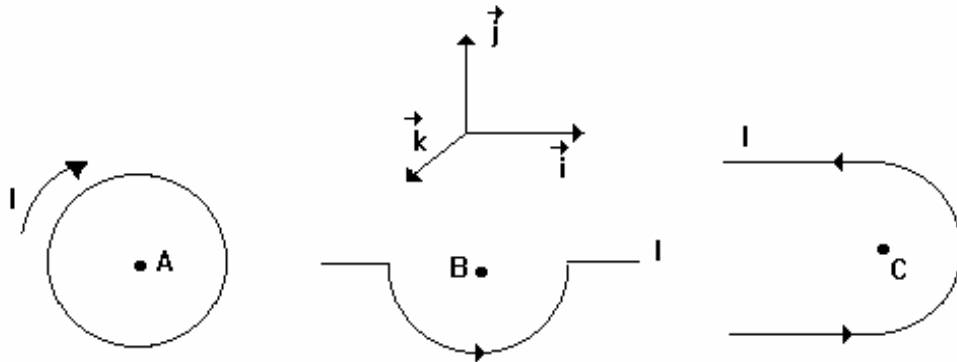
2.16 (o) Trobeu el camp magnètic que crea un element petit de corrent $d\mathbf{l} = 2 \mathbf{k}$ mm, amb un corrent $I = 2$ A i que està centrat en l'origen, en els punts següents:

- a) En el punt A de l'eix X, en $x = 3$ m
- b) En el punt B de l'eix X, en $x = -6$ m
- c) En el punt C de l'eix Z, en $z = 3$ m
- d) En el punt D de l'eix Y, en $y = 3$ m



a) $4,44 \times 10^{-11} \mathbf{j} \text{ T}$	b) $-1,11 \times 10^{-11} \mathbf{j} \text{ T}$	c) 0 T	d) $-4,44 \times 10^{-11} \mathbf{i} \text{ T}$
--	---	------------------	---

2.17 (o) Trobeu el camp magnètic \mathbf{B} en els punts A, B, C si hi circula un corrent I i r és el radi dels trams circulars.



$\mathbf{B}_A = -\frac{\mu_0 I}{2r} \mathbf{k}; \quad \mathbf{B}_B = +\frac{\mu_0 I}{4r} \mathbf{k}; \quad \mathbf{B}_C = \left(\frac{\mu_0 I}{4r} + \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \right) \mathbf{k}$
--

2.18 (o) En un àtom d'hidrogen, considerat com un protó i un electró que orbita circularment al seu voltant, amb un radi orbital, $a = 0,53 \times 10^{-10}$ m:

- a) Trobeu la freqüència de rotació i el corrent a què equival el moviment de l'electró.
- b) Quina és la intensitat del camp magnètic en el nucli a causa del moviment de l'electró?
- c) Quin és el moment magnètic de l'òrbita electrònica?

a) $\Omega = 4,1 \times 10^{16} \text{ rad/s}$, $I = 1,05 \text{ mA}$	b) $B = 12,4 \text{ T}$	c) $m = 9,2 \times 10^{-24} \text{ Am}^2$
--	-------------------------	---

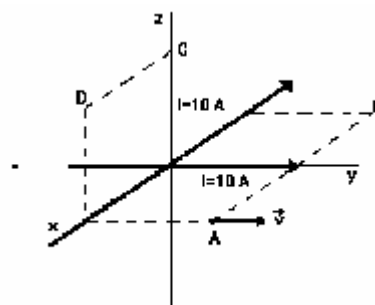
- 2.19** (o) Dos corrents de 10 A circulen per dos fils indefinits situats sobre l'eix OX en el sentit de $+\infty$ a $-\infty$ i sobre l'eix OY de $-\infty$ a $+\infty$.

a) Calculeu el camp magnètic en els punts següents:

A (2,2,0)m B (-2,2,0)m

C (0,0,2)m D (2,0,2)m

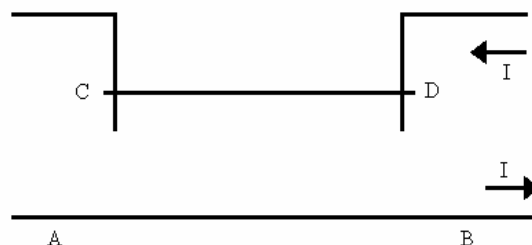
b) Trobeu la força exercida per aquest camp sobre una partícula carregada negativament amb una càrrega $q = -3 \times 10^{-8}$ C que passa pel punt A a una velocitat de 100 j m/s .



- a) $\mathbf{B}_A = (0,0,-2) \times 10^{-6} \text{ T}$ $\mathbf{B}_B = 0$
 $\mathbf{B}_C = (1,1,0) \times 10^{-6} \text{ T}$ $\mathbf{B}_D = (0,5, 1, -0,5) \times 10^{-6} \text{ T}$
b) $\mathbf{F} = 6 \times 10^{-12} \text{ i N}$

- 2.20** (o) Un fil llarg i horitzontal està sobre la superfície d'una taula. Un altre, CD, situat directament damunt el primer, té 1,0 m de longitud i pot lliscar cap amunt i cap avall per les guies metàl·liques verticals C i D amb les quals fa contacte. Per ambdós fils circula un corrent de 50 A. La densitat lineal del filferro CD és de 5,0 g/m.

A quina alçada quedarà en equilibri el fil CD?
Serà estable, aquest equilibri?



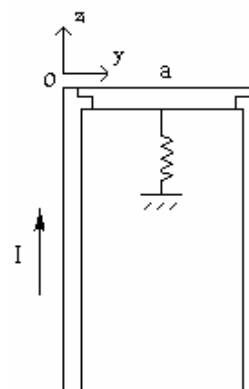
1,02 cm; sí, estable

- 2.21** (o) Un fusible per corrents industrials pot estar format per dos fils molt llargs units per una barra, de longitud $b = 30$ cm, que comprèn una part mòbil, de longitud $a = 28$ cm, recolzada sobre la part fixa mitjançant una força $F = 1$ N que fa un ressort.

a) Trobeu l'expressió del camp magnètic que crea el fil de l'esquerra en un punt de la part mòbil.

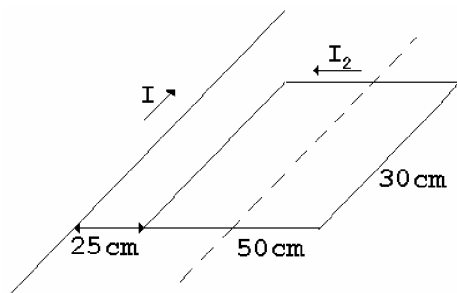
b) Trobeu l'expressió de la força magnètica total que actua sobre un element de corrent de la part mòbil.

c) Calculeu la intensitat del corrent que ha de circular perquè la part mòbil es desplaci.



- a) $\mathbf{B} = -\frac{\mu_0 I}{4\pi y} \mathbf{i}$ b) $d\mathbf{F} = \frac{\mu_0}{4\pi} I^2 \left(\frac{1}{y} + \frac{1}{b-y} \right) dy \mathbf{k}$ c) $I > 1,2 \times 10^3 \text{ A}$

- 2.22** (o) Un fil recte i una espira rectangular de fil estan damunt d'una taula. Pel fil hi passa un corrent de 10 A i per l'espira de 20 A.
a) Quina és la força sobre l'espira?



a) $3,2 \times 10^{-5}$ N; repulsiva

- 2.23** (o) Tres fils conductors rectilinis indefinits, perpendiculars al pla de la figura, travessen aquest pla en els punts A, B i C.

En A(-2,0)m, $I = 10$ A, dirigida cap endins.

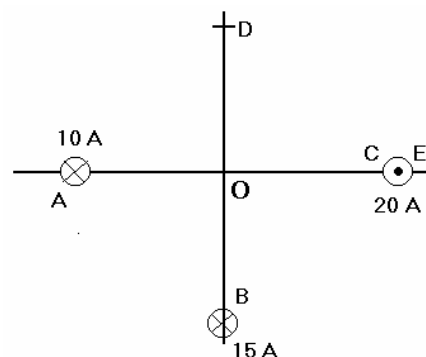
En B(0,-2)m, $I = 15$ A cap endins.

En C(2,0)m, $I = 20$ A cap enfora.

a) Trobeu el camp magnètic en el punt O(0,0)m i en el punt D(0,2)m.

b) Trobeu, aproximadament, el camp magnètic en el punt E (2,01, 0) m i en F (0,100) m.

c) Si col·loquem un conductor rectilini, de 0,5 m de longitud, paral·lel als anteriors, que passi pel punt D, pel qual circulen 5A cap endins, quina és la força que actua sobre aquest conductor?



a) $\mathbf{B}(O) = (15\mathbf{i} - 30\mathbf{j}) \times 10^{-7}$ T $\mathbf{B}(D) = (2,5\mathbf{i} - 15\mathbf{j}) \times 10^{-7}$ T
b) $\mathbf{B}(E) \approx +4 \times 10^{-4} \mathbf{j}$ T $\mathbf{B}(F) = 10^{-8} \mathbf{i}$ T
c) $\mathbf{F} = (-37,5\mathbf{i} - 6,25\mathbf{j}) \times 10^{-7}$ N

2.24 (*) *RELATIVITAT DEL CAMP ELECTROMAGNÈTIC.*

Un fil aïllant, indefinit, situat a l'eix OX, està carregat amb una densitat lineal de càrrega λ (el fil es mou a una velocitat v).



- a) Raoneu quina és la direcció i el sentit del camp elèctric i calculeu-ne el mòdul en el punt P, a una distància r.
- b) Calculeu el corrent I generat pel moviment de les càrregues, i determineu el mòdul, la direcció i el sentit del camp magnètic a una distància genèrica r.
- c) Una càrrega q està situada en el punt P i té la mateixa velocitat v. Quina seria la força electromagnètica total sobre la càrrega per a un observador O' que es moguéss amb la mateixa velocitat v que el fil carregat i per a un observador fix O?

$$a) E = 2k \frac{\lambda}{r}$$

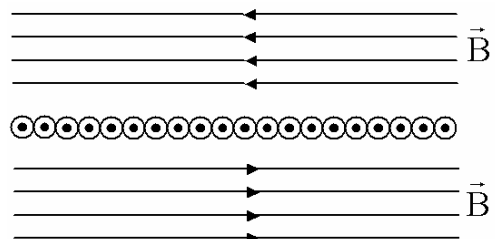
$$b) I = \lambda v, \quad B = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I}{r}$$

$$c) \text{ Fix a O': } \mathbf{F} = q\mathbf{E} \\ \text{Fix a O: } \mathbf{F} = q\mathbf{E} + q\mathbf{v} \times \mathbf{B}$$

2.25 (o) CAMP CREAT PER UNA LÀMINA DE CORRENT.

Un conductor està format per un nombre infinit de filferros adjacents, cadascun infinitament llarg i amb un corrent i.

- a) Demostreu que les línies de camp magnètic B estaran tal com es representen en la figura i que, si n és el nombre de conductors per unitat de longitud, el valor del camp és:

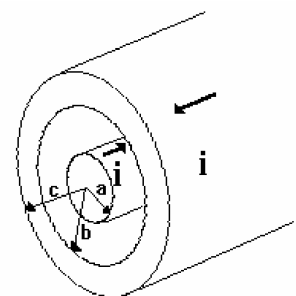


$$B = \frac{1}{2} \mu_0 \cdot n \cdot i$$

- b) Determineu el camp si, a més d'aquest pla, n'hi ha un altre, paral·lel al primer, on els corrents flueixen en sentit contrari.

2.26 (o) Un cable coaxial llarg està format per dos conductors concèntrics com es mostra en la figura. En aquests hi ha corrents iguals i oposats d'intensitat i.

- a) Obteniu el camp magnètic B a la distància r de l'eix, per a $r < a$.
- b) Ídem per a $a < r < b$.
- c) Ídem per a $b < r < c$.
- d) Ídem per a l'exterior, $r > c$.



$$a) \mu_0 i r / 2\pi a^2$$

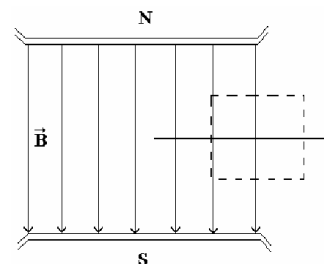
$$b) \mu_0 i / 2\pi r$$

$$c) \frac{\mu_0 i}{2\pi r} \left(\frac{c^2 - r^2}{c^2 - b^2} \right)$$

$$d) 0$$

- 2.27** (o) Demostreu que és impossible que un camp magnètic \mathbf{B} es redueixi bruscament a zero en avançar-hi perpendicularment, tal com se suggereix mitjançant la fletxa horitzontal de la figura.

Suggeriment: apliqueu la Llei d'Ampère al camí rectangular.



- 2.28** (o) Un solenoide toroidal de 200 espiras té les dimensions indicades en la figura.

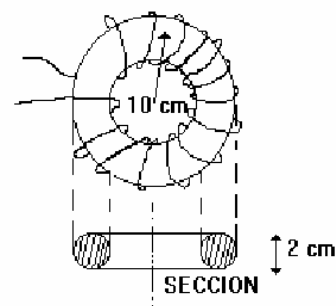
a) Dibuixeu les línies de camp magnètic i traceu un camí pel qual es pugui usar, de forma útil, la llei d'Ampère.

b) Deduiu l'expressió del camp magnètic a l'interior del solenoide. És uniforme?

c) Determineu el valor mitjà del camp magnètic si pel solenoide hi circula un corrent de 3 A.

d) Tenint en compte que el radi mitjà és molt gran comparat amb la secció, calculeu, aproximadament, el valor del flux del camp magnètic a través d'una sola espira. Quin és el flux a través de tot el solenoide?

e) Trobeu el coeficient d'autoinducció del solenoide.



b) $B = \frac{\mu_0 NI}{2\pi r}$	c) $1,2 \times 10^{-3} \text{ T}$ (valor mitjà)	d) $3,8 \times 10^{-7} \text{ Wb}$; $7,6 \times 10^{-5} \text{ Wb}$	e) $2,5 \times 10^{-5} \text{ H}$
----------------------------------	---	--	-----------------------------------

- 2.29** (c) *FORÇA SOBRE UNA ESPIRA EN UN CAMP NO UNIFORME.*

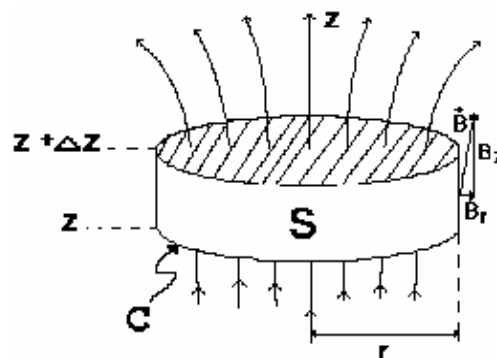
Una espira circular de moment magnètic m està sotmesa a un camp magnètic extern de simetria cilíndrica respecte de l'eix de l'espira:

a) Aplicant la llei de Gauss, en forma integral, a una superfície tancada S i recolzada en C , de gruix Δz , demostreu que els components B_r i B_z del camp estan relacionats segons l'equació següent:

$$B_r(r) = \frac{r}{2} \frac{\partial B_z(r)}{\partial z}$$

b) Demostreu que la força total que afecta l'espira val $F_z = m \frac{\partial B_z}{\partial z}$

Suggeriment: utilitzeu la llei de Gauss per al magnetisme per tal de relacionar el component radial del camp magnètic i $\frac{\partial B_z}{\partial z}$.



2.30 (o) CORRENT DE DESPLAÇAMENT.

Un condensador pla de plaques circulars de radi 10 cm i amb una distància entre plaques de 2 mm es carrega amb un corrent de 2 mA. Les plaques són paral·leles al pla XY (perpendicular al paper), estan dibuixades simètricament respecte d'aquest pla i el seu eix coincideix amb l'eix OZ (veieu la figura 2).

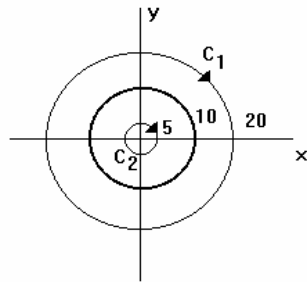


Figura 1

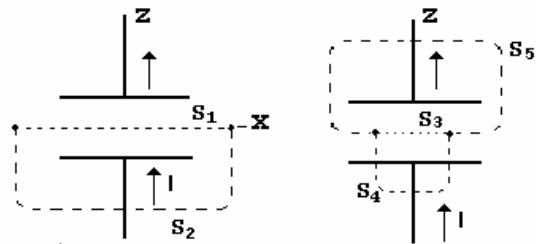


Figura 2

- Obteniu l'expressió del flux del camp elèctric que travessa les superfícies S_1 i S_2 en funció del temps, i també els corrents que els travessen.
- Calculeu la circulació del camp magnètic tot al llarg d'una circumferència C_1 , de radi 20 cm, situada en el pla XY (veieu la figura 1).
- Calculeu la circulació del camp magnètic induït tot al llarg de la circumferència C_2 , de radi 5 cm, situada també en el pla XY (fig.1).
- Calculeu el flux de E i la intensitat de corrent a través de S_3 , S_4 i S_5 .

- b) $-2,5 \times 10^{-9} \text{ T} \cdot \text{m}$
c) $-6,3 \times 10^{-10} \text{ T} \cdot \text{m}$
d) $2,3 \times 10^8 \text{ t} \cdot \text{V} \cdot \text{m}$ (t en s)