



Grau en Enginyeria en So i Image

Escola Politècnica Superior

Departament de Física, Enginyeria de Sistemes i Teoria del Senyal

Fonaments Físics de l'Enginyeria I

ENUNCIATS DELS PROBLEMES

1. Cinemàtica
2. Dinàmica
3. Treball i energia
4. Calor i temperatura
5. Termodinàmica
6. Camp elèctric
7. Corrent elèctric
8. Principis físics dels semiconductors



Fonaments Físics de l'Enginyeria I

Tema 1.- CINEMÀTICA

1.- S'ha determinat experimentalment la constant elàstica d'un ressort mitjançant dos procediments diferents, i s'ha obtingut 8 g/cm i 7840 g/s^2 , són consistents els dos resultats?

2.- Expresses les quantitats següents en unitats del Sistema Internacional, indicant clarament el procés d'obtenció del resultat final: (a) Pressió d'un pneumàtic d' 1.7 kg/cm^2 . (b) Energia consumida de 200 kWh . (c) Constant de gravitació universal $G = 6.7 \times 10^{-8} \text{ cm}^3 \text{g}^{-1} \text{s}^2$.

3.- En l'equació $v = k\sqrt{D(d-1)}$, $k = 3.62$ quan D s'expressa en m i v en m/s, sent d del pes específic relatiu. Quin serà el valor de k perquè, en expressar D en mm, v estiga en cm/s?

4.- Una equació que relaciona la velocitat v amb la distància x és $v^2 = C_1/x$, sent C_1 una constant (a) Quines són les dimensions de la constant C_1 ? (b) Si les unitats de la velocitat v són m/s i les el desplaçament x està expressat en m, quines són les unitats de C_1 ?

5.- En les equacions (1) $x = C_1 + C_2t + C_3t^2$ i (2) $x = C_1 \sin C_2t$, la distància x està expressada en metres i el temps t en segons. (a) Quines són les unitats en el Sistema Internacional de C_1 , C_2 i C_3 ? (b) Quines són les seues dimensions?

6.- Si no recordem quina de les tres fórmules següents és la que correspon al període T d'un pèndol simple, $T = 2\pi\sqrt{g/l}$, $T = 2\pi\sqrt{l/g}$ o $T = 2\pi\sqrt{m/g}$, on l és la longitud del fil, m la massa de la boleta i g l'acceleració de la gravetat, com podríem comprovar-ho ràpidament?

7.- Demostreu que la força, la velocitat i l'acceleració poden formar un sistema de magnituds fonamentals per a la mecànica. Quines dimensions tindrà el volum, la velocitat angular i la densitat en aquest sistema d'unitats?

8.- Siguen els vectors $\mathbf{A} = 5\mathbf{i} + 3\mathbf{j} + 4\mathbf{k}$ i $\mathbf{B} = 6\mathbf{i} - \mathbf{j} + 2\mathbf{k}$. Determineu: (a) El mòdul de cadascun d'aquests. (b) El producte escalar $\mathbf{A} \cdot \mathbf{B}$. (c) L'angle que formen tots dos vectors. (d) Els cosinus directores de cadascun d'aquests. (e) Els vectors $\mathbf{A} + \mathbf{B}$ i $\mathbf{A} - \mathbf{B}$. (f) El producte vectorial $\mathbf{A} \times \mathbf{B}$.

9.- Les arestes d'un paral·lelepípede estan donades pels vectors $\mathbf{A} = \mathbf{i} + 3\mathbf{j}$, $\mathbf{B} = 7\mathbf{j}$ i $\mathbf{C} = \mathbf{j} + 2\mathbf{k}$. Determineu-ne el volum si el mòdul de \mathbf{i} , \mathbf{j} i \mathbf{k} és 1 cm.

10.- Considerem el vector $\mathbf{a} = \mathbf{i} - 2\mathbf{j} - 3\mathbf{k}$ i un punt $A(2,1,0)$ de la seua línia d'acció. Determineu el moment d'aquest vector respecte a l'origen de coordenades.

11.- Un objecte es desplaça en la direcció de l'eix x d'acord amb la llei $v(t) = t^3 + 4t^2 + 2 \text{ m/s}$, on v és la velocitat i t és el temps. Si en l'instant $t_0 = 2 \text{ s}$ es troba en la posició $x_0 = 4 \text{ m}$, determineu la posició i l'acceleració del cos en l'instant $t = 3 \text{ s}$.

12.- L'acceleració d'un objecte que es mou en la direcció de l'eix x és $a(x) = 4x - 2 \text{ m/s}^2$. Si la seua velocitat és $v_0 = 10 \text{ m/s}$ quan $x_0 = 0 \text{ m}$, determineu la velocitat per a qualsevol altra posició x .

13.- Una partícula descriu un moviment en el pla xy de manera que les components cartesianes del seu vector velocitat, expressades en el Sistema Internacional, són $v_x(t) = 4t^3 + 4t$ i $v_y(t) = 4t$. Si en l' instant inicial $t_0 = 0$ s la partícula es troba en el punt de coordenades (1,2), determineu l'equació cartesiana de la seua trajectòria.

14.- Una partícula descriu una trajectòria en el pla xy de manera que les equacions paramètriques que descriuen el seu moviment són $x(t) = pt$, $y(t) = \frac{1}{2}pt^2$, sent p una constant. Determineu: (a) Les components cartesianes dels vectors velocitat i acceleració en funció del temps, i els seus mòduls. (b) Les components tangencial i normal de l'acceleració. (c) El radi de curvatura de la trajectòria descrita pel mòbil.

15.- Un objecte es llança verticalment cap amunt amb una velocitat inicial de 98 m/s, des del sostre d'un edifici l'altura del qual és de 100 m. Determineu: (a) L'altura màxima a què arriba l'objecte mesurada des del sòl. (b) El temps transcorregut quan passa pel lloc de llançament. (c) La velocitat que té l'objecte just abans de tocar el sòl. (d) El temps total transcorregut des que es llança l'objecte fins que aquest arriba al sòl.

16.- Des de l'alt d'una torre es llança verticalment cap amunt una pedra amb una velocitat inicial de 15 m/s. La pedra arriba a una determinada altura i comença a caure per la part exterior de la torre. Prenent com a origen de coordenades el punt de llançament de la pedra, determineu: (a) La posició i la velocitat de la pedra transcorreguts 1 s i 4 s des del llançament. (b) La velocitat de la pedra quan aquesta es troba a 8 m per sobre del punt de llançament. (c) El temps transcorregut des que es va llançar la pedra fins que aquesta torna a passar de nou pel punt de llançament.

17.- Un volant de 20 cm de diàmetre gira entorn del seu eix a raó de 3.000 r.p. m. S'aplica un fre al volant i s'observa que aquest es deté després de 20 s. Determineu: (a) L'acceleració angular, suposada constant, i el nombre de voltes que dona el volant fins que es deté. (b) Les acceleracions tangencial i normal d'un punt de la perifèria del volant una vegada que aquest ha donat cent voltes, i també l'acceleració resultant en aquest punt.

18.- Un far lluminós gira amb una velocitat angular constant de valor ω . Si el far està situat a una distància d d'una platja completament recta, determineu: (a) La velocitat i l'acceleració lineals amb què es desplaça el punt lluminós sobre la platja quan l'angle que formen d i el raig lluminós és θ .

19.- Un rifle dispara una bala amb una velocitat de 200 m/s formant un angle de 40° amb l'horitzontal. Determineu: (a) La velocitat i la posició de la bala després de 20 s des del llançament. (b) L'abast i el temps necessari perquè la bala retorne al sòl.

20.- Des d'un pla inclinat amb un angle α respecte a l'horitzontal es llança una pedra amb una velocitat inicial v_0 perpendicularment al pla. A quina distància del punt de llançament cau la pedra?

21.- Un xic d'1,5 m d'alçada està situat a 15 m de distància d'un mur de 5 m d'altura i llança una pedra cap al mur amb una velocitat que forma un angle de 45° amb l'horitzontal. Quin és el valor mínim de la velocitat amb la qual el xic ha de llançar la pedra perquè aquesta passe per damunt del mur?

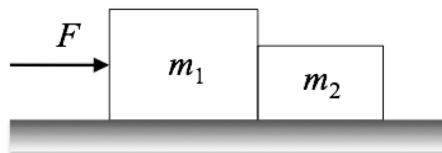
22.- Un ascensor de 3 m d'altura comença a pujar amb una acceleració constant d'1 m/s². Quan l'ascensor es troba a una certa altura, es desprèn el llum del sostre. Quin és el temps que tarda el llum a xocar amb el sòl de l'ascensor?

Fonaments Físics de l'Enginyeria I

Tema 2.- DINÀMICA

1.-Un bloc té una massa de 5 kg i està penjat per mitjà d'una corda inextensible i sense massa. Si es tira del bloc verticalment cap amunt amb una acceleració de 2 m/s^2 . (a) Determineu la tensió de la corda. (b) Si quan el bloc es troba en moviment la tensió de la corda es redueix a 49 N, quina classe de moviment efectuarà el bloc? (c) Si la corda s'afluixa per complet s'observa que el bloc recorre 2 m cap amunt abans de detenir-se, amb quina velocitat es movia el bloc?

2.-Dos blocs les masses dels quals són $m_1 = 20 \text{ kg}$ i $m_2 = 15 \text{ kg}$, respectivament, estan recolzats un contra l'altre i descansen sobre un sòl perfectament llis, tal com es mostra en la figura. Si sobre el bloc m_1 s'aplica horitzontalment una força $F = 40 \text{ N}$, determineu: (a) l'acceleració amb la qual es mou el sistema. (b) Les forces d'interacció entre els dos blocs. Resoleu el problema en el cas en què el coeficient de fregament entre els blocs i el sòl és $\mu = 0.02$.

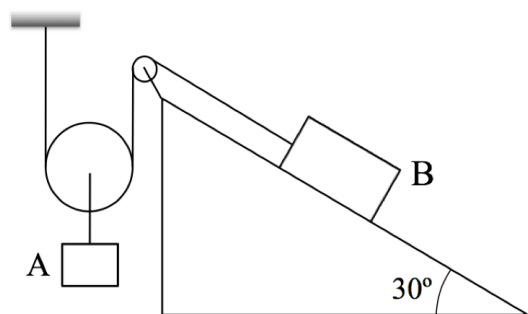


3.-Un cos llisca en primer lloc sobre un pla inclinat 30° pel que fa a l'horitzontal i a continuació es desplaça sobre un pla horitzontal. Determineu el coeficient de fregament entre el cos i els plans si se sap que el cos recorre en el pla inclinat la mateixa distància que en l'horitzontal, abans de detenir-se.

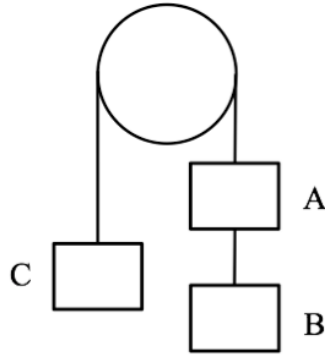
4.-Un trineu de massa $m = 105 \text{ kg}$ llisca amb velocitat $v = 36 \text{ km/h}$ sobre una pista horitzontal coberta de neu. Si se sap que el coeficient de fregament entre el trineu i la neu és $\mu = 0.025$, determineu: (a) El temps transcorregut fins que el trineu es deté. (b) La distància recorreguda pel trineu sobre la neu abans de detenir-se.

5.-Dos blocs de masses 16 kg i 8 kg, respectivament estan situats sobre una superfície horitzontal sense fregament. Els blocs estan units entre si per una corda A i són arrossegats sobre la superfície per una segona corda B, de manera que la seua acceleració és de 0.5 m/s^2 . Determineu la tensió de la corda.

6.-Dos blocs A i B de massa 200 kg i 100 kg, respectivament, es troben units entre si tal com es mostra en la figura. Determineu l'acceleració de cadascun dels blocs sabent que el sistema parteix del repòs, el coeficient de fregament entre el bloc B i el pla inclinat és $\mu = 0.25$ i considerem negligible tant la massa de les corrioles com el fregament de la corda amb aquestes.



7.-Tres masses idèntiques de 2 kg cadascuna se suspenen d'una corriola fixa, com es mostra en la figura. Determineu l'acceleració del sistema i la tensió de la corda entre les masses A i B.



8.- Calculeu la diferència de nivell entre les vores extern i intern del camí d'una autopista que té una amplària de 7.2 m perquè un automòbil pugui prendre una revolta de 600 m de radi a una velocitat de 80 km/h sense experimentar forces laterals.

9.-Una partícula de massa m està suspesa d'un fil inextensible i sense massa la longitud del qual és L . L'altre extrem del fil està fix a un eix vertical que gira amb velocitat angular constant ω , i arrossega en la seua rotació tant el fil com la massa m . En aquestes condicions, obteniu, en funció de ω , el valor de l'angle θ que formen el fil i la vertical.

10.-Una partícula de massa 2 kg descriu una corba en l'espai les equacions paramètriques de la qual són $x(t) = t^3$, $y(t) = t - 2t^2$, $z(t) = \frac{1}{4}t^4$, sent t el temps. Determineu, una vegada transcorreguts 2 s: (a) Els vectors velocitat i acceleració de la partícula i els seus mòduls. (b) El vector quantitat de moviment. (c) El moment angular respecte a l'origen de coordenades. (d) La força que actua sobre la partícula.

11.-El vector de posició d'una partícula de 2 kg de massa que es desplaça en el pla xy , és $\mathbf{r}(t) = 3t\mathbf{i} + 4t^2\mathbf{j}$. Determineu: (a) El moment respecte a l'origen de coordenades de la força responsable del moviment. (b) El moment lineal de la partícula. (c) El moment angular de la partícula respecte a l'origen de coordenades.

12.-Una bala surt per la boca d'un rifle amb una velocitat de 500 m/s. Se sap que la força resultant exercida pels gasos sobre la bala ve donada per l'equació $F(t) = 800 - 2 \times 10^5 t$, en unitats del Sistema Internacional. (a) Representeu gràficament la força F en funció del temps t . (b) Calculeu el temps que va estar la bala dins del rifle si el valor de la força F en la boca del rifle és 200 N. (c) Calculeu l'impuls exercit sobre la bala i la seua massa.

Fonaments Físics de l'Enginyeria I

Tema 3.- TREBALL I ENERGIA

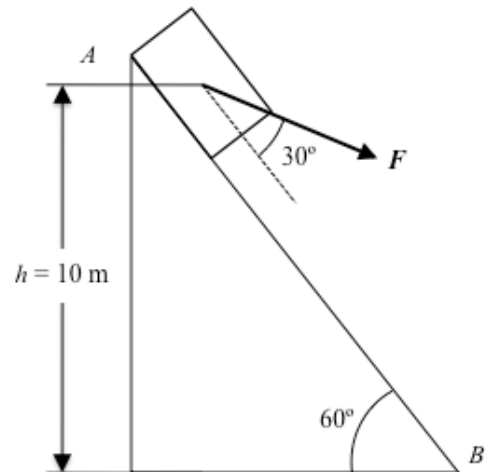
1.- Determineu el treball que es realitza en espentar un bloc de 1.000 kg de massa una distància de 6 m sobre un pla horitzontal amb velocitat constant mitjançant una força que forma 30° amb l'horitzontal si el coeficient de fregament entre el bloc i el pla és $\mu = 0.3$.

2.- Un objecte de massa $m = 3$ kg es deixa caure des d'una certa altura amb velocitat inicial $v_0 = 2$ m/s, dirigida verticalment cap avall. Determineu el treball realitzat durant un interval de temps $t = 10$ s, contra la força de resistència de l'aire si se sap que al final d'aquest interval de temps l'objecte té una velocitat $v = 50$ m/s. Es considera que la força de resistència de l'aire és constant.

3.- Un bloc de massa $m = 5$ kg es llança amb una velocitat inicial $v_0 = 5$ m/s cap amunt per un pla inclinat que forma 30° amb l'horitzontal. Si la velocitat és paral·lela al pla inclinat, determineu l'altura a la qual pujarà el bloc: (a) Si no hi ha fregament. (b) Si el coeficient de fregament entre el bloc i el pla és $\mu = 0.1$?

4.- Un bloc de massa $m = 5$ kg és llançat amb una velocitat inicial $v_0 = 5$ m/s cap amunt per un pla inclinat que forma 30° amb l'horitzontal. Si la velocitat és paral·lela al pla inclinat i el bloc puja 1.5 m pel pla inclinat, es para i torna al punt de partida, determineu la força de fregament que actua sobre el bloc, i també la seua velocitat quan retorna al punt de partida.

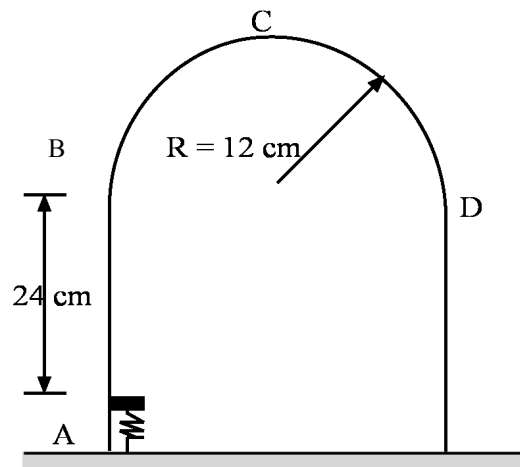
5.- Un bloc de massa $m = 10$ kg baixa lliscant-se per un pla inclinat 60° amb l'horitzontal, arrossegat mitjançant una força F que forma 30° amb el pla inclinat, tal com es veu en la figura. El coeficient de fregament entre el bloc i el pla inclinat és $\mu = 0.2$. (a) Calculeu l'acceleració amb la qual baixa el bloc pel pla inclinat, (b) Si el bloc està en repòs en el punt més alt A, determineu la seua velocitat quan arriba al punt més baix B i també el temps invertit a recórrer el trajecte AB. (c) Obteniu el treball realitzat per la força F i també l'energia perduda per fregament.



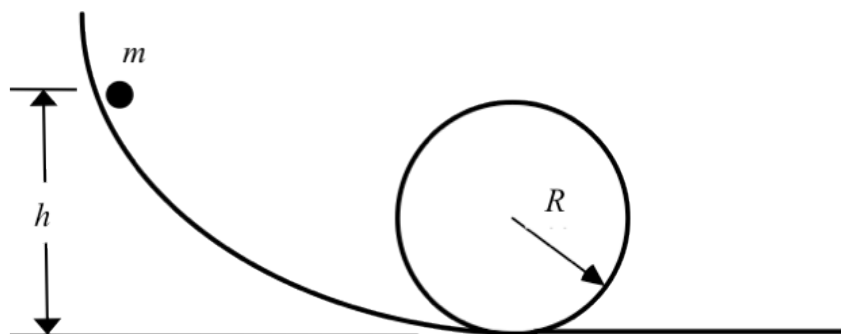
6.- Una pedra la massa de la qual és $m = 200$ g es lliga a l'extrem d'una corda inextensible i sense massa de longitud $L = 1$ m i se la fa girar en un pla vertical. (a) Calculeu la velocitat mínima que es necessita per a fer-ho. (b) Si la velocitat es duplica, determineu la tensió de la corda en el punt més alt i en el més baix. (c) Si la corda es trenca en el moment en què la pedra passa pel punt més elevat, com es mourà la pedra?

7.- Un bloc de massa $m = 1$ kg parteix del repòs i baixa lliscant-se per un pla inclinat que forma 30° amb l'horitzontal, sent $\mu = 0.2$ el coeficient de fregament entre el bloc i el pla inclinat. Determineu: (a) L'acceleració de baixada. (b) El temps que tarda el bloc a recórrer 10 m sobre el pla. (c) La velocitat del bloc quan ha recorregut aquests 10 m.

8.-Un petit objecte de massa $m = 0.25$ kg es deixa en repòs sobre una petita plataforma unida a un ressort en la posició A quan el ressort està comprimit 6 cm. A continuació se solta la plataforma de manera que l'objecte és llançat per l'arc ABCDE de la figura. Determineu el mínim valor de la constant elàstica del ressort k perquè l'objecte recórrega l'arc i no l'abandoni en cap moment, si no hi ha fregament entre l'objecte i l'arc.



9.-Determineu l'altura mínima h des d'on una bola hauria de deixar-se caure lliurement de manera que pugui completar el moviment circular al voltant d'una circumferència vertical de radi R , suposant que la bola rellesca sense rodar i sense fricció.



10.- Una caixa B està en repòs, mentre que una altra caixa A es mou cap a la dreta amb una velocitat de 0.5 m/s i es dirigeix cap a la caixa B. Quan la caixa A es troba amb la caixa B pateixen un xoc frontal de manera que la caixa A rebota amb una velocitat de 0.1 m/s, mentre que la caixa B es mou cap a la dreta amb una velocitat de 0.3 m/s. En un segon experiment la caixa A es carrega amb una massa addicional d'1 kg i es llança cap a la caixa B amb una velocitat de 0.5 m/s. Després d'aquest segon xoc la caixa A queda en repòs mentre que la caixa B es desplaça cap a la dreta amb una velocitat de 0.5 m/s. Determineu la massa de cadascuna de les caixes.



Fonaments Físics de l'Enginyeria I

Tema 4.- CALOR I TEMPERATURA

1.-(a) Un fuster disposa d'una cinta mètrica d'acer la longitud de la qual a una temperatura de 20°C és de 50 m. (a) Determineu la longitud de la cinta mètrica a la temperatura de 40°C. (b) El mateix fuster usa la cinta per a mesurar l'amplària d'un tauló quan la temperatura és de 40°C i el valor que llig és 3.5794 m. Determineu l'amplària real del tauló si la cinta s'ha calibrat per a usar-se a 20°C. El coeficient de dilatació lineal de l'acer és $\alpha = 1.2 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$.

2.-Un flascó de vidre de 250 cm³ s'omple amb mercuri fins a la vora a 25°C. Determineu la quantitat de mercuri que es desborda quan la temperatura del sistema augmenta fins a 100°C si els coeficients de dilatació lineal del vidre i cúbic del mercuri són $0.4 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ i $18 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$.

3.-La temperatura i pressió estàndard són un estat d'un gas que es defineix a una temperatura de 0°C = 273.15 K i una pressió d'1 atm = 1.013×10^5 Pa. Quin volum ha de tenir un recipient amb un mol d'un gas ideal en una habitació a temperatura i pressió estàndard?

4.-En un motor d'automòbil, una barreja d'aire i gasolina es comprimeix en els cilindres abans d'encendre's. En un motor típic la una relació de compressió és de 9 a 1, cosa que significa que el gas en els cilindres del motor es comprimeix fins a un volum final que és 1/9 del seu volum original. Si la pressió i temperatura inicials són 1 atm i 27°C, respectivament, i la pressió després de la compressió és de 21.7 atm, determineu la temperatura del gas comprimit.

5.-El volum d'un tanc utilitzat per a bussejar és 11 litres i la seua pressió manomètrica, quan està ple, de 2.10×10^7 Pa. Quan el tanc està "buit" conté 11 litres d'aire a una temperatura de 21°C i una pressió d'1 atm (1.013×10^5 Pa), mentre que quan el tanc s'omple amb aire calent d'una compressora, la temperatura puja fins a 42°C i la pressió manomètrica continua sent 2.10×10^7 Pa. Determineu la massa d'aire que es va agregar al tanc sabent que l'aire és una barreja de gasos: aproximadament 78% de nitrogen, 21% d'oxigen i 1% d'altres gasos; i la seua massa molecular mitjana és 28.8 g/mol.

6.-En l'atmosfera terrestre la pressió p varia amb l'altura i d'acord amb l'equació general $dp/dy = -\rho g$, en la qual ρ és la densitat i g l'acceleració de la gravetat. Determineu la variació de la pressió atmosfèrica amb l'altura en l'atmosfera terrestre, suposant que la temperatura és 0°C en tots els seus punts i ignorant la variació de l'acceleració de la gravetat g amb l'altura.

7.-S'està dissenyant un element de circuit electrònic fabricat amb 23 mg de silici la resistència elèctrica del qual és $R = 1850 \Omega$, de manera que el corrent que passa per ell és $I = 2$ mA. Si el disseny no preveu l'eliminació de calor de l'element, amb quina rapidesa augmentarà la seua temperatura? La calor específica del silici és $705 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$.

8.-Un estudiant de física vol refredar 330 g d'un refresc baix en calories (quasi aigua pura), que està a 25°C, per a fer-ho li agrega glaçons que estan a -20°C. Determineu la massa de gel que ha d'agregar perquè la temperatura final siga 0°C amb tot el gel fos, si pot considerar-se negligible la capacitat calorífica del got. Calors específiques: aigua, $4190 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$, gel, $2100 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$. Calor latent de fusió del gel, 334 J/kg .

9.-Un enginyer de visita en una obra per a revisar-ne la infraestructura comuna de telecomunicacions beu el seu cafè matutí en una tassa d'alumini de massa 120 g. Cada matí la tassa està inicialment a una temperatura de 20°C quan hi aboca 200 g de cafè que inicialment estava a 75°C. Determineu la temperatura final a què arriben en l'equilibri tèrmic la tassa i el cafè tenint en compte que la calor específica de l'alumini és $910 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ i suposant que la calor específica del cafè és la mateixa que la de l'aigua, $4190 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$, i que no hi ha intercanvi de calor amb l'entorn.

10.-Una olla gruixuda de cuina està feta de coure i la seua massa, incloent-hi la tapa de l'olla, és 2 kg. L'olla està inicialment a una temperatura de 150°C, s'hi aboquen 100 g d'aigua a 25°C, i es tapa ràpidament l'olla perquè no puga escapar el vapor. Determineu la temperatura final de l'olla i del seu contingut i determineu la fase (líquid o gas) de l'aigua. Suposeu que no es perd calor en l'entorn. Les calors específiques de l'aigua i el coure són $4190 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ i $390 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$, respectivament.

11.-Una habitació que es troba a 20°C té un vidre de finestra de 2 m d'ample i 2.5 m d'alt, sent el seu gruix 3 mm. Determineu la calor perduda per minut per conducció a través de la finestra, sabent que la temperatura de l'aire exterior és de 12°C i que la conductivitat tèrmica del vidre és $0.0025 \text{ cal cm}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ K}^{-1}$.

12.-S'utilitza una caixa d'escuma de poliestirè per a mantenir fredes begudes. La caixa té un àrea de paret total (incloent-hi la tapa) de 0.8 m^2 i el gruix de la paret és de 2 cm, i està plena amb gel, aigua i pots de refrescos baixos en calories (pràcticament aigua) a una temperatura de 0°C. Determineu la raó del flux de calor cap a l'interior si la temperatura exterior és de 30°C, com també la quantitat de gel que es fon en un dia, sabent que la conductivitat tèrmica de l'escuma de poliestirè és $0.01 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ i la calor de fusió del gel és $3.34 \times 10^5 \text{ J/kg}$.

13.-Es fabrica una nevera amb fusta ($k_{\text{fusta}} = 0.0006 \text{ cal cm}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ K}^{-1}$) d'1.75 cm de gruix que es folra interiorment de suro ($k_{\text{suro}} = 0.0012 \text{ cal cm}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ K}^{-1}$) de 3 cm de gruix. Si la temperatura en la superfície interior del suro és 0°C i la de la superfície exterior de la fusta 12°C. Quina és la temperatura en la interfase fusta-suro?

14.-Una barra d'acer té una longitud de 10 cm i se solda totalment amb una barra de coure la longitud de la qual és 20 cm, sent per tant la longitud del sistema 30 cm. Les dues barres estan perfectament aïllades pels seus costats i tenen la mateixa secció transversal quadrada de 2 cm de costat. Es manté l'extrem lliure de la barra d'acer a una temperatura de 100°C i es posa en contacte amb vapor d'aigua, mentre que l'extrem lliure de la barra de coure es manté a 0°C i es col·loca en contacte amb gel. En aquestes condicions, determineu la temperatura en la unió de les dues barres i la raó de flux de calor total sabent que les conductivitats tèrmiques de l'acer i el coure són $50.2 \text{ Wm}^{-1} \text{ K}^{-1}$ i $385 \text{ Wm}^{-1} \text{ K}^{-1}$, respectivament.

15.-Una paret de gruix h s'ha format col·locant, una damunt de l'altra, dues planxes rectangulars de gruix h , seccions S i S' , i conductivitats k i k' , respectivament. Si cadascuna de les cares de la paret completa es troba a temperatures T_1 i T_2 , respectivament, determineu, en el règim estacionari, el flux de calor que travessa la paret per unitat de temps, i també la conductivitat equivalent de la paret.

16.-El cos humà té un àrea superficial total d'aproximadament 1.2 m^2 i la seua temperatura superficial és de 30°C. Determineu la raó total de radiació d'energia del cos. En el cas que l'entorn estiga a 20°C, calculeu la raó neta de pèrdua de calor del cos per radiació. L'emissivitat del cos humà és molt propera a la unitat, siga la que siga la pigmentació de la pell i el valor de la constant de Stefan-Boltzmann és $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2} \text{ K}^{-4}$.

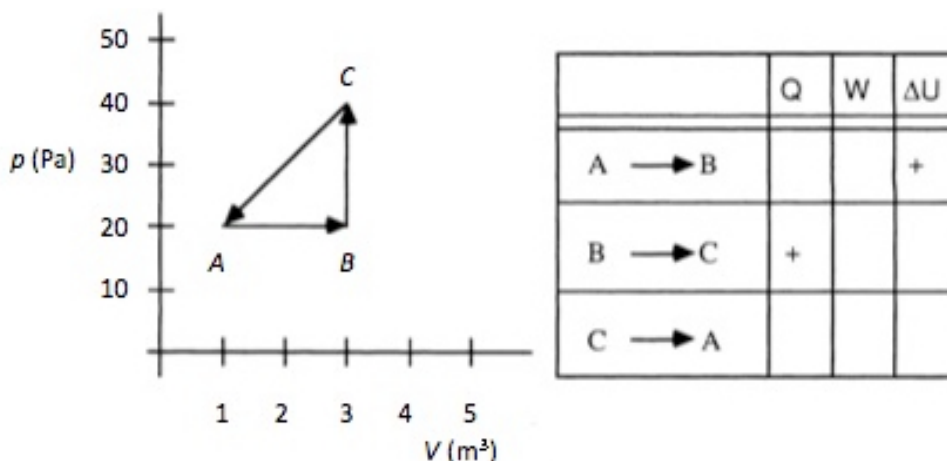
Fonaments Físics de l'Enginyeria I

Tema 5.- TERMODINÀMICA

1.-Indiqueu els signes de la calor i el treball en els processos següents: (a) Una enclusa es colpeja amb un martell i després es refreda. (b) El CO₂ d'una bala rígida es calfa i n'augmenta la temperatura i pressió. (c) Una barreja d'H₂ i O₂ en un cilindre de parets adiabàtiques explota per l'acció d'una espurna i l'èmbol es desplaça amb augment de volum. (d) Un moll metàl·lic es comprimeix bruscament.

2.-En cert procés se subministren a un sistema 500 cal de calor i al mateix temps es realitzen sobre aquest 100 J de treball mecànic. Determineu la variació de l'energia interna.

3.-Un sistema termodinàmic realitza un procés des d'un estat inicial A fins a un altre estat B i a continuació torna novament a l'A, passant per l'estat C, com es mostra en la trajectòria A-B-C-A en el diagrama p - V de la figura. (a) Completeu la taula de la figura col·locant els signes corresponents (+) o (-) com convinga a les quantitats termodinàmiques relacionades en cada procés. (b) Calculeu el valor numèric del treball fet pel sistema durant el cicle complet A-B-C-A.



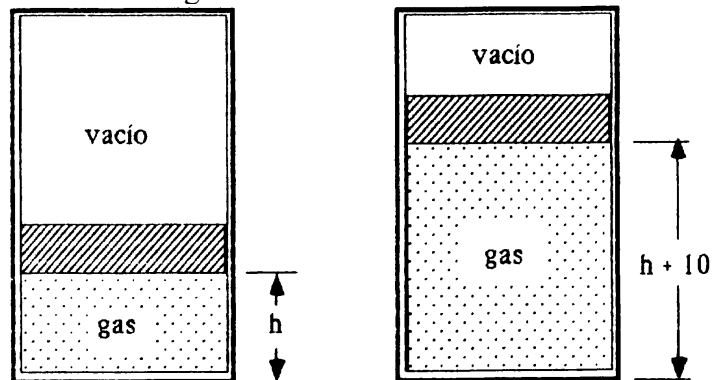
4.-Un mol de gas perfecte a 0°C i 1 atm es comprimeix reversiblement i adiabàticament fins que la seua temperatura s'eleva a 10°C. Llavors s'expandeix reversiblement i isotèrmicament fins que la seua pressió és de nou d'1 atm. Determineu: (a) La pressió a què ha arribat després de la compressió adiabàtica. (b) El valor total de la variació de la seua energia interna. (c) La calor i el treball nets de tot el procés. Considereu $C_p = 20.5 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ i $R = 8.3 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$.

5.-Un litre d'oxigen (O₂) a pressió i temperatura normals s'expansiona fins a un volum de 3 L. (1) Isotèrmicament, (2) isobàricament. Calculeu, en cada cas: (a) La pressió final. (b) La temperatura final. (c) La variació d'energia interna. (d) El treball realitzat. (i) La calor subministrada. ($C_p = 7 \text{ cal K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$).

6.-Demostreu la llei de Reech: "el pendent de les adiabàtiques és γ vegades major que el pendent de les isoterms".

7.-Es comprimeixen reversiblement i adiabàticament 20 g de N_2 des d'un volum inicial de 17 litres a un altre final d'11 litres, sent la temperatura inicial de $27^\circ C$. Determineu el treball realitzat sobre el sistema i la seua variació d'energia interna.

8.-Un dècim de mol d'un gas ideal diatòmic es troba en la part inferior del recipient de la figura, el pistó té una superfície de 50 cm^2 i una massa de 100 kg i es troba a una altura h , sent la temperatura inicial de 273 K. Es calfa el gas i el pistó puja 10 cm. Determineu el valor de l'altura h , la temperatura final, la variació d'energia interna i la calor subministrada.



9.-Es tenen 200 cm^3 d'aire sec a $10^\circ C$ i 10 atm que s'expansionen fins que la pressió baixa fins a un valor d'1 atm. Determineu el volum final i la temperatura final si l'expansió és: (a) isotèrmica, (b) adiabàtica. Calculeu el treball realitzat en cada cas. ($C_v = 5\text{ cal K}^{-1}\text{ mol}^{-1}$).

10.-Una màquina tèrmica funciona entre les temperatures $127^\circ C$ i $27^\circ C$ i pren 1200 J del focus calent. El seu rendiment és el 80% del d'una màquina de Carnot funcionant entre les mateixes temperatures. Determineu: (a) El treball realitzat. (b) La calor cedida al focus fred. (c) La variació de l'entropia de l'univers per cicle.

11.-Determineu el valor en joules de l'energia mecànica que gasta un refrigerador de Carnot per a extraure 1 J a $0^\circ C$ i doneu-lo a un cos a $100^\circ C$, i la quantitat total de joules que es donen al cos calent.

12.-Un sistema absorbeix 300 cal d'un focus a 300 K i 200 cal d'un focus a 400 K. Torna al seu estat original realitzant un treball de 100 cal i cedint 400 cal a un tercer focus a una temperatura T . (a) Quina és la variació d'entropia del sistema per al cicle complet i com és el rendiment del cicle? (b) Si el cicle és reversible, quin és el valor de la temperatura T ?

13.-Un motor d'un vaixell funciona segons un cicle de Carnot ideal que extrau calor de l'aigua del mar a $18^\circ C$ i cedeix una part a un dipòsit de gel sec a $-78^\circ C$. Si el motor ha de desenvolupar una potència de 8.000 CV, quant gel sec es consumirà durant la marxa d'un dia? Calor latent de sublimació del gel sec, $L_s = 137\text{ cal/g}$. 1 CV (cavall de vapor) = 736 W.

14.-Calculeu la variació d'entropia quan s'arriba a l'equilibri en barrejar en un recipient aïllat 100 g de gel a $0^\circ C$ i 20 g de vapor d'aigua a $100^\circ C$. Les calors latents de fusió i vaporització del gel i del vapor d'aigua són $L_f = 80\text{ cal/g}$ i $L_v = 540\text{ cal/g}$, respectivament.



Fonaments Físics de l'Enginyeria I

Tema 6.- CAMP ELÈCTRIC

1.-En dos vèrtexs contigus d'un quadrat d'1 m de costat es tenen càrregues elèctriques positives de 2×10^{-6} C i en els altres dos de 5×10^{-6} C. Trobeu el camp elèctric i el potencial en el centre del quadrat.

2.-Dues càrregues de signes contraris i de 10^{-8} C estan situades a una distància de 10 cm en el buit formant un dipol elèctric. Determineu la intensitat del camp elèctric que el dipol produeix en els punts següents. (a) A una distància de 5 cm de la càrrega positiva en la prolongació del segment que uneix les càrregues. (b) En un punt d'aquest segment a 4 cm de la càrrega positiva. (c) En un punt que equidiste 10 cm d'ambdues càrregues.

3.-Hi ha un camp elèctric uniforme entre dues plaques paral·leles amb càrregues oposades. S'allibera un electró des del repòs sobre la superfície de la placa negativa i arriba a la superfície de la placa oposada, col·locada a una distància $d = 2.0 \times 10^{-2}$ m de l'altra, en un interval de temps $t = 15$ ns. (a) Calculeu la intensitat del camp elèctric i (b) la velocitat de l'electró quan arriba a la segona placa. (c) Quina és la diferència de potencial que hi ha entre les plaques?

4.-Un electró de massa $m = 9.1 \times 10^{-31}$ kg i de càrrega elèctrica $q = -1.6 \times 10^{-19}$ C es projecta a l'interior d'un camp elèctric uniforme $I = 2000$ N/C amb una velocitat inicial $v_0 = 10^6$ m/s perpendicular al camp. (a) Trobeu les equacions del moviment de l'electró. (b) Quant s'haurà desviat l'electró si ha recorregut 1 cm sobre l'eix OX, suposant que aquest eix determina la direcció d'entrada de l'electró?

5.-Un anell de radi a té una càrrega q distribuïda uniformement al llarg de la seua circumferència. Calculeu el camp elèctric i el potencial elèctric en punts al llarg de l'eix perpendicular que passa pel centre de l'anell, en funció de la distància a aquest centre.

6.-Calculeu el camp elèctric i el potencial creats per: (a) una línia de longitud L carregada amb una densitat lineal de càrrega constant λ (I i V en punts de la seua mediatriu); (b) una línia infinita carregada amb una densitat lineal de càrrega constant λ .

7.-Una càrrega positiva està distribuïda uniformement en un volum esfèric de ràdio R sent ρ la densitat de càrrega per unitat de volum. Determineu el valor del camp elèctric.

9.-Una esfera de ràdio R posseeix una densitat volumètrica de càrrega proporcional a la distància al centre $\rho = Ar$ per a $r \leq R$ i $\rho = 0$ per a $r > R$, sent A una constant. Trobeu: (a) El valor de la constant A si la càrrega total de l'esfera és Q ; (b) el camp elèctric tant a l'interior com en l'exterior de la distribució de càrrega.

10.-En cadascun dels tres plans indefinits $x = -2$, $x = 0$, $x = 2$ m, hi ha una distribució de càrrega superficial $\sigma_1 = 2$ C/m², $\sigma_2 = 4$ C/m², $\sigma_3 = -3$ C/m² respectivament. Trobeu el camp elèctric i el potencial en tot l'espai, prenent com a origen de potencials $x = 0$ m.

11.-Siguen dues esferes conductores concèntriques de radis $a < b$. La interior està a un potencial V_1 i l'exterior a un potencial V_2 . Determineu la càrrega sobre cadascuna d'aquestes.

12.-Considerem dues esferes concèntriques i aïllades de radis a i b sent $a < b$, estant la de radi a descarregada i la de radi b amb una càrrega total Q sobre la seua superfície. Es connecta l'esfera interior a terra sense tocar gens l'exterior. Quina serà la càrrega que s'indueix en l'esfera de radi a ? Quin serà el potencial en els punts compresos entre les dues esferes?

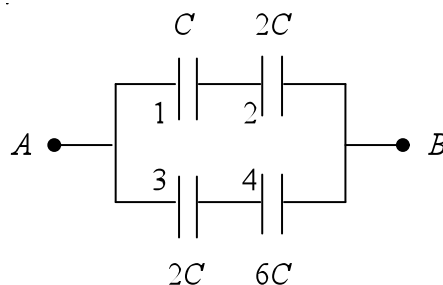
13.-Dues superfícies esfèriques concèntriques, d'espessor menyspreable i radis $R_1 = 5$ cm i $R_2 = 10$ cm, es col·loquen a potencials $V_1 = 30000$ V i $V_2 = 18000$ V, respectivament. A continuació es connecta la superfície interna a terra. A quin potencial queda l'externa?

14.-Una esfera conductora, de radi R_1 i càrrega Q s'uneix mitjançant un fil conducte, de capacitat negligible, a una altra esfera de radi R_2 ($R_2 < R_1$), inicialment descarregada. Suposant que les esferes estan prou allunyades entre si perquè els fenòmens d'influència entre ambdues siguem negligibles, calculeu: (a) Les càrregues Q_1 i Q_2 de cadascuna de les esferes. (b) El potencial. (c) Densitat superficial de càrrega en cada esfera. (d) Repetiu el problema suposant que la distància entre els centres de les dues esferes és d .

15.-Una làmina de coure d'espessor b , s'introdueix dins de les làmines planes d'un condensador. La làmina de coure es troba situada exactament a la meitat de la distància d entre les plaques. Quina és la capacitat del condensador abans i després d'introduir la làmina?

16.-Les làmines d'un condensador pla estan separades $d = 5$ mm i tenen una superfície $S = 2$ m². Entre aquestes s'introdueixen dos dielèctrics, un amb espessor 2 mm i permitivitat relativa 5, l'altre de 3 mm i permitivitat relativa 2. El condensador es carrega a 3.54×10^{-5} C. Calculeu: (a) El camp elèctric en cada dielèctric. (b) La diferència de potencial entre les làmines del condensador. (c) La capacitat del condensador.

17.-Donat el sistema de la figura, calculeu l'energia emmagatzemada per cada condensador si la diferència de potencial entre els punts A i B és $V = 20$ V, sent $C = 4$ μF.



18.-Dos condensadors en paral·lel tenen una energia de 9×10^{-4} J quan entre les seues armadures s'estableix una diferència de potencial de 5.000 V. Quan els mateixos condensadors es connecten en sèrie i s'estableix la mateixa diferència de potencial entre les armadures extremes, l'energia és de 2×10^{-4} J. Trobeu les seues capacitats.

19.-En un condensador de plaques paral·leles d'àrea S i una separació d , una bateria carrega les plaques comunicant-los una diferència de potencial V_0 , llavors es desconnecta la bateria i s'introdueix una placa de dielèctric amb espessor d . Calculeu l'energia abans i després d'introduir el dielèctric.

20.-(a) Calculeu l'energia emmagatzemada en una esfera conductora de ràdio R i amb càrrega total Q . (b) Quina seria l'energia emmagatzemada si es tractara d'una esfera no conductora de ràdio R i càrrega Q uniformement distribuïda en tot el seu volum?



Fonaments Físics de l'Enginyeria I

Tema 7.- CORRENT ELÈCTRIC

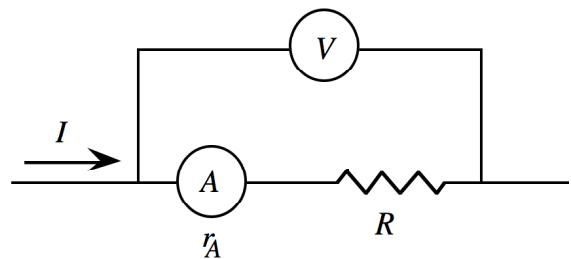
1.- Per un conductor de coure d'1 cm de diàmetre passa un corrent de 100 A. Sabent que en el coure hi ha 8.5×10^{22} electrons per cm^3 i que la seua resistivitat és $1.72 \times 10^{-8} \Omega\cdot\text{m}$. Calculeu: (a) la densitat de corrent en A/m^2 ; (b) la velocitat dels electrons lliures; (c) camp elèctric a l'interior del conductor.

2.- Determineu la densitat de portadors n d'un filferro de coure suposant que hi ha un portador (electró) per cada àtom de coure. Si el màxim corrent recomanat per a un filferro de coure de 0.81 mm de radi dels quals s'usen en els habitatges és 15 A, quina seria la velocitat d'arrossegament dels electrons?

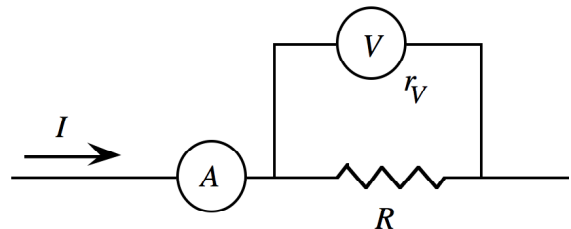
3.- Un filferro de coure, la resistivitat del qual és $1.72 \times 10^{-8} \Omega\cdot\text{m}$ a 20°C , té un diàmetre d'1.02 mm i transporta un corrent d'1,67 A. Determineu a 20°C : (a) El valor del camp elèctric a l'interior del filferro. (b) La diferència de potencial entre dos punts del filferro separats una distància de 50 m. (c) La resistència d'un tros de 50 m de longitud d'aquest filferro. (d) El valor de la resistència a les temperatures de 0°C i 100°C , si el coeficient de resistivitat del coure és $\alpha = 0.00393 (\text{C}^\circ)^{-1}$.

4.- Dues resistències iguals es connecten en sèrie a una tensió V . Posteriorment es munten en paral·lel connectant-les a la mateixa tensió V . En quin dels muntatges es dissipa més potència?

5.- Per a mesurar la resistència R es col·loca un amperímetre de resistència r_A en sèrie amb la resistència i un voltímetre en paral·lel al conjunt, com es veu en la figura. (a) Obteniu el valor de R en funció dels valors I_m i V_m mesurats per l'amperímetre i el voltímetre. (b) Obteniu R en el cas particular en què $V_m/I_m \gg r_A$. (c) Si $V_m = 23 \text{ V}$, $I_m = 62 \text{ dt}$. i $r_A = 14 \Omega$, determinar R .



6.- Per a mesurar la resistència R es col·loca un voltímetre de resistència r_V en paral·lel amb la resistència i un amperímetre en sèrie amb el conjunt, com es veu en la figura. (a) Obteniu el valor de R en funció dels valors I_m i V_m mesurats per l'amperímetre i el voltímetre, respectivament. (b) Obteniu R en el cas particular en què $V_m/I_m \ll r_V$. (c) Si $V_m = 43 \text{ V}$, $I_m = 16 \text{ dt}$. i $r_V = 62 \text{ M}\Omega$, determineu R .



7.- Un concepte útil quan s'estudien components de circuit no òhmics és la *resistència dinàmica*, $R_{din} = dV/dI$. Sabent que per a un díode d'unió *pn*, $I(V) = I_0[\exp(eV/kT) - 1]$, on I_0 és un paràmetre que depèn de cada díode, k és la constant de Boltzmann, T és la temperatura absoluta i i és el valor de la càrrega de l'electró, obteniu una expressió per a la seua resistència dinàmica.



Fonaments Físics de l'Enginyeria I

Tema 8.- PRINCIPIS FÍSICS DELS SEMICONDUCTORS

1.- Per al model dels electrons lliures en el comportament dels metalls, es considera que els electrons són partícules totalment lliures dins del conductor. En aquest model, a causa del principi d'exclusió de Pauli, la probabilitat que un estat determinat amb energia I estiga ocupat per un electró és igual a $f(I)$, la fracció d'estats amb aquesta energia, coneguda com **factor de Fermi**, que estan ocupats és (distribució de Fermi-Dirac):

$$f(E) = \frac{1}{e^{(E-E_F)/kT} + 1}$$

on I és l'energia, I_F és l'energia de Fermi o **nivell de Fermi**, $k = 1.38 \times 10^{-23}$ J/K és la constant de Boltzmann i T és la temperatura absoluta. Determineu el valor de les energies I per a les quals el factor de Fermi (probabilitat que un determinat estat estiga ocupat), siga: (a) 1% i (b) 99%.

2.- En el model d'electrons lliures, l'energia de Fermi en el zero absolut ve donada per l'expressió

$$E_F = \frac{h^2}{8m_e} \left(\frac{3n}{\pi} \right)^{2/3}$$

on $h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js és la constant de Planck, $m_e = 9.11 \times 10^{-31}$ kg és la massa de l'electró i n és la concentració d'electrons lliures. L'energia de Fermi marca la línia divisòria (en energia) entre els estats amb més probabilitat d'estar ocupats ($I < I_F$) i els estats amb més probabilitat de trobar-se buits ($I > I_F$). Determineu el valor de l'energia de Fermi per al coure en el zero absolut sabent que hi ha un electró lliure per àtom, que la densitat del coure és 8.95×10^3 kg/m³ i la seua massa atòmica és 63.5 g/mol.

3.- La concentració d'electrons lliures en el coure a baixes temperatures és $n = 8.45 \times 10^{28}$ m⁻³. Fent ús del model d'electrons lliures determineu l'energia de Fermi per al coure sòlid i també el valor de la velocitat d'un electró l'energia cinètica del qual siga igual a l'energia de Fermi. Constant de Planck, $h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js, massa de l'electró, $m = 9.11 \times 10^{-31}$ kg.

4.- En el zero absolut un semiconductor té una estructura de bandes de manera que la banda de valència està totalment plena i està separada per una banda prohibida d'amplària I_G de la banda de conducció que està totalment buida. No obstant això, a temperatures ordinàries diversos electrons són excitats i passen a la banda de conducció. Si l'energia de Fermi d'aquest semiconductor està justament a la meitat de la banda prohibida, determineu el valor de la probabilitat que s'ocupe un estat en el fons de la banda de conducció per a una temperatura de 300 K, si l'amplària de la banda prohibida és: (a) 0.2 eV, (b) 1 eV, (c) 5 eV. Repetiu el problema per a una temperatura de 320 K.

5.- Determineu, per a un semiconductor de tipus n , les concentracions d'electrons i buits en funció de la concentració d'impureses donadores N_D . Obteniu el valor de n perquè la diferència entre les concentracions d'electrons i impureses donadores siga menor al 0.1 % de N_D .

6.- Se sap que per al germani a una temperatura de 300 K la concentració intrínseca és $n_i = 2.5 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$. Determineu per a aquesta temperatura les concentracions d'electrons lliures i buits, n i p , respectivament, per a una mostra dopada de germani amb concentracions d'impureses acceptores i donadores $N_A = 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ i $N_D = 2 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$, respectivament.

7.- Per a un semiconductor la concentració intrínseca n_i és una funció de la temperatura i se sap que la relació experimental que quantifica aquesta dependència és

$$n_i^2(T) = A_0 T^2 e^{-E_{G0}/kT}$$

on A_0 és una constant, T és la temperatura absoluta, $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$ és la constant de Boltzmann i E_{G0} és l'amplària de la banda prohibida a la temperatura del zero absolut. Per al germani l'amplària de la banda prohibida en el zero absolut és $E_{G0} = 0.78 \text{ eV}$, mentre que la concentració intrínseca a 300 K val $n_i = 2.5 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$. Determineu: (a) El valor de la constant A_0 per al germani. (b) La concentració intrínseca del germani per a una temperatura de 500 K. (c) Els valors de les concentracions d'electrons lliures i buits, n i p , respectivament, per a una mostra de germani de tipus n dopada amb una concentració d'impureses donadores $N_D = 10^{15} \text{ cm}^{-3}$.

8.- Una mostra de silici de tipus n en equilibri tèrmic i a una temperatura de 300 K té una resistivitat $\rho = 500 \text{ } \Omega \text{ m}$, les mobilitats d'electrons i buits són $\mu_n = 0.16 \text{ m}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ i $\mu_p = 0.06 \text{ m}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$, respectivament, la concentració intrínseca de portadors és $n_i = 1.4 \times 10^{16} \text{ m}^{-3}$ i la densitat efectiva d'estats en la banda de conducció (BC) és 10^{25} m^{-3} . Si per al nivell dador es compleix $I_C - I_D = 0.05 \text{ eV}$, on I_C és l'energia mínima de la banda de conducció i I_D és l'energia del nivell dador, determineu: (a) Les concentracions d'electrons i buits. (b) L'energia del nivell de Fermi respecte a l'energia de la BC. (c) La probabilitat que un estat del nivell dador estiga ocupat i la probabilitat que no ho estiga.

9.- Un díode d'unió pn té un corrent de saturació de 0.5 dt. a la temperatura de 300 K. Si sabem que el valor de la constant de Boltzmann és $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$, determineu el corrent a aquesta temperatura quan els voltatges prenen valors d'1, -1, 100 i -100 mV.

10.- Un díode d'unió pn té un corrent de saturació d'1 nA i $kT = 0.025 \text{ eV}$ a la temperatura ambient. (a) Determineu el valor de la resistència per a voltatges petits en polarització inversa. (b) Calculeu els valors de la intensitat de corrent i de la resistència del díode en polarització inversa quan s'aplica un voltatge de 0.5 V. (c) Calculeu els valors de la intensitat de corrent i de la resistència del díode en polarització directa quan s'aplica un voltatge de 0.5 V.

BIBLIOGRAFIA

H. D. Young, R. A. Freeman, “Física universitaria (Sears-Zemansky)” (vols. 1 y 2), Pearson Educación, México (2009).

W. E. Gettys, F. J. Keller, M. J. Skove, “Física clásica y moderna”, McGraw-Hill, Madrid (1991).

F. A. González, “La física en problemas”, Editorial Tébar-Flores, Madrid (1995).

M. Alonso, E. J. Finn, “Física”, Addison-Wesley Iberoamericana, Wilmington (1995).

S. Burbano, E. Burbano, “Problemas de física”, Librería General, Zaragoza (1980).

V. Gandía, “Problemas de termología”. Edita el autor, Valencia (1977).

F. W. Sears, M. W. Zemansky, “Física general”, Editorial Aguilar, Madrid (1979).

P. A. Tipler, G. Mosca, “Física para la ciencia y la tecnología” (vols. 1 y 2), Reverté, Barcelona (2009).

C. Carnero, J. Aguiar, J. Carretero, “Problemas de física I. Mecánica”, Editorial Ágora, Málaga (1996).

C. Carnero, J. Aguiar, J. Carretero, “Problemas de física II. Electromagnetismo”, Editorial Ágora, Málaga (1996).

J. Llinares, A. Page, “Curso de física aplicada: electromagnetismo y semiconductores”, Servicio de Publicaciones, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia (1987).

L. Rosado, “Electrónica física y microelectrónica”, Paraninfo, Madrid (1987).