Cahier de vacances – Physique et Chimie – MPSI

Pour ne pas vous faire peur, un seul exercice est proposé pour chacun des 26 chapitres abordés dans ce cahier. Ces exercices ont été choisis pour leur pertinence. Les réponses sont données à la fin de chaque exercice. Bon courage, bonnes révisions et surtout ... bonnes vacances !

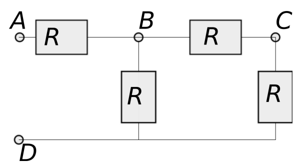
1 Electricité en régime permanent continu

1.1 Conseils

Revoir la formule des diviseurs de tension et de courant !

1.2 Exercice

Toutes les résistances sont identiques. Calculer la résistance équivalente entre les bornes A et D



On branche un générateur idéal de tension de fem E entre les bornes A et B dans le circuit ci-dessus. Déterminer les tensions aux bornes de chaque résistance.

Corrigé : $R_{eq} = \dfrac{5R}{3}$, tension aux bornes de la résistance la plus à droite : $u = E/5$

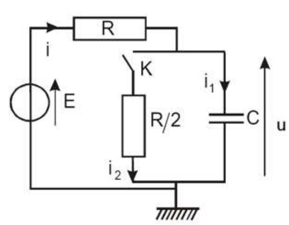
2 Régime transitoire du 1er ordre

2.1 Conseils

Revoir les formules pour les bobines et les condensateurs.
Revoir les comportements d'une bobine et d'un condensateur : lors de la commutation et lors du régime permanent continu.
Connaître l'équation canonique du premier ordre : $\dfrac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t} + \dfrac{1}{\tau}y(t) = \dfrac{1}{\tau}y_\infty$

2.2 Exercice

Nous considérons le circuit ci-dessous. On note i l'intensité dans R, i_1 celle dans C,i_2 celle dans $\dfrac{R}{2}$ et $u(t)$ la tension aux bornes du condensateur. L'interrupteur est ouvert depuis très longtemps.



A $t = 0$ nous fermons l'interrupteur K

1. Préciser les valeurs des grandeurs i, i_1, i_2 et u à $t = 0^-$ puis à $t = 0^+$. Même question à $t \to \infty$
2. Etablir par le calcul l'équation différentielle vérifiée par u
3. Sans aucun calcul, quelles sont les équations différentielles vérifiées par i, i_1 et i_2 ?
4. Résoudre l'équation différentielle de u et tracer la courbe.

Corrigé

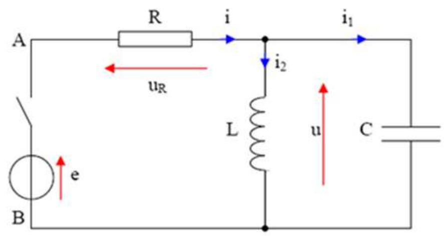
1. A $t = 0^+$: $i_2 = 0$ (shunt), $i = i_1 = E/R$ $u = 0$
   Pour $t \to \infty$: $i = i_2 = 2E/3R$, $i_1 = 0$ et $u = E/3$
2. $\dfrac{\mathrm{d}u}{\mathrm{d}t} + \dfrac{1}{\tau}u(t) = \dfrac{E}{3\tau}$ avec $\tau = \dfrac{3}{RC}$
3. $\dfrac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} + \dfrac{3}{RC}i = \dfrac{2E}{R^2C}$ (idem pour i_2,) ; $\dfrac{\mathrm{d}i_1}{\mathrm{d}t} + \dfrac{3}{RC}i_1 = 0$
4. Courbe exponentielle démarrant à 0 et tendant asymptotiquement vers $E/3$

3 Régime transitoire du 2nd ordre

3.1 Conseils

Revoir l'équation canonique du 2nd ordre : $\dfrac{\mathrm{d}^2 y}{\mathrm{d}t^2} + \dfrac{\omega_0}{Q}\dfrac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t} + \omega_0^2 y(t) = \omega_0^2 y_\infty$
Revoir les trois régimes possibles selon la valeur de Q

3.2 Exercice



Initialement le condensateur est déchargé. A $t = 0$ on ferme l'interrupteur. On suppose que les composants sont tels que $RC = \dfrac{L}{R} = \tau$. Déterminer l'expression du courant $i_2(t)$ traversant la bobine.

Corrigé $\dfrac{\mathrm{d}^2 i_2}{\mathrm{d}t^2} + \dfrac{1}{\tau}\dfrac{\mathrm{d}i_2}{\mathrm{d}t} + \dfrac{1}{\tau^2} i_2 = 0$. Régime pseudo-périodique : $i_2(t) = \mathrm{e}^{-\frac{t}{2\tau}}\left(A\cos(\omega t) + B\sin(\omega t) + \dfrac{E}{R}\right)$. CI's : $i_2(0^+) = \dfrac{\mathrm{d}i_2}{\mathrm{d}t}(0^+) = 0$ et donc $A = -\dfrac{E}{R}$ et $B = -\dfrac{E}{\sqrt{3}R}$

4 Réaction chimique : constante d'équilibre

4.1 Conseils

Revoir la définition de la fraction molaire d'une espèce chimique et la définition du taux de dissociation.
Revoir l'expression de l'activité chimique selon la nature du constituant : solvant, soluté, gaz ou solide.

4.2 Exercice

On considère la réaction suivante :$4\,\mathrm{HCl}_{(g)} + \mathrm{O}_{2(g)} = 2\mathrm{H_2O}_{(g)} + 2\mathrm{Cl}_{2(g)}$.
Un mélange de 1 mole de HCl et de 4 moles d'air est mis à réagir à 600K et sous une pression totale de 2 bar. La constante d'équilibre vaut $K = 0,08$ Calculer l'avancement molaire l'équilibre. Attention : n'oubliez pas N_2 dans le total gazeux !

Réponse : On doit résoudre $0,08 = \dfrac{8\xi^4(5-\xi)}{(1-4\xi}^4 (0,8-\xi)$ sur l'intervalle $[0; 0.25]$ on trouve à la calculatrice $\xi = 0,1$

5 Cinétique chimique

5.1 Conseils

Revoir la définition d'un ordre cinétique
Savoir résoudre $\dfrac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t} = -ky^2(t)$ par séparation des variables.
Revoir les méthodes différentielles, intégrales et des temps de demi-réaction.

5.2 Exercice

Soit la réaction $2\,\mathrm{A} \longrightarrow \mathrm{B}$ d'ordre inconnu. On dose A restant au cours du temps, les données sont regroupées dans le tableau suivant :

t (min)	0	1	2	3	5	10	20	60	120
[A] mol/L	0,1	0,095	0,091	0,087	0,08	0,067	0,05	0,025	0,014

D'après les valeurs, en effectuant une régression linéaire, quel est l'ordre de cette réaction ? Quelle est la constante de vitesse ?

Corrigé : Ordre 2 : on trace $\dfrac{1}{[A]}$ en fonction du temps et on obtient une droite de pente $2k$. Après régression linéaire il vient $k = 0,255$ L/mol/min (attention à l'unité !)

6 Optique géométrique

6.1 Conseils

Revoir le calcul de l'angle d'acceptance de la fibre optique et le débit maximal d'une fibre à saut d'indice.
Revoir les rayons particuliers pour les lentilles (passant par O ou par F, et rayons parallèles à l'axe optique)
Revoir l'appareil photo numérique : réglage à l'infini, limite de résolution.

6.2 Exercice

1. On assimile l'objectif d'un appareil photo numérique (APN) à une lentille mince convergente de focale image $f' = 135$mm. On photographie le ciel nocturne. Le format de l'APN est 24×36 : ce qui signifie que le capteur CCD mesure 24mm de hauteur et 36mm de largeur. Quel est le champ du ciel photographié (en °) ?
2. Le capteur CCD est formé de 10 millions de pixels. Jusqu'à quelle distance peut-on obtenir une image nette d'un objet pas trop éloigné de l'APN ? On donne le diamètre de l'objectif : $D = 1$ cm.

Corrigé : 1. largeur/f' : 10° x 15° 2. $\varepsilon = 9,3\mu$m = taille du pixel (côtédu carré). Par Thalès et relation de conjugaison , on a $d_{\text{min}} = \frac{Df'}{\varepsilon} = 145$ m

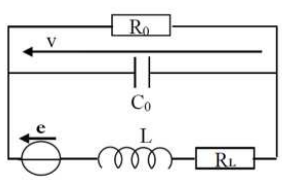
7 Electricité en régime permanent sinusoïdal

7.1 Conseils

Revoir la notation complexe.
Revoir l'expression des impédances des bobines et des condensateurs.
Déterminer une condition de résonance en recherchant la pulsation pour laquelle le module d'une quantité complexe $\underline{T}(jw)$ est maximale.

7.2 Exercice

On s'intéresse au montage suivant où $e(t)$ est un générateur de tension sinusoïdal.



1. En reconnaissant un diviseur de tension, exprimer alors la tension $\underline{v}$ en fonction de $\underline{e}$ et des composants du circuit. Mettre le rapport $\frac{\underline{v}}{\underline{e}}$ sous la forme $\underline{H}(j\omega) = \frac{H_0}{1 + 2m\frac{j\omega}{\omega_0} + \left(\frac{j\omega}{\omega_0}\right)^2}$. Préciser les expressions de H_0,ω_0 et m.
2. En $\omega = \omega_0$, quelle est la tension qui est en retard sur l'autre ? Quel est le rapport des amplitudes des tensions ?
3. Retrouver rapidement la condition sur m pour observer une résonance de tension v. Pour quelle pulsation a lieu cette résonance ?
4. Expérimentalement, en très basse fréquence, on remarque que l'amplitude de v est 2 fois plus petite que celle de e. En déduire la valeur de H_0
5. A la fréquence $f_1 = 1000$ Hz, on remarque que les tensions v et e sont en quadrature et l'amplitude de v est 2 fois plus petite que celle de e. En déduire les valeurs de m et ω_0

Corrigé :

1. $\underline{v} = \frac{1}{1 + \underline{Z_1 Y_2}}\underline{e} = \frac{1}{1 + (R_L + jL\omega)(\frac{1}{R_0} + jC_0\omega)}\underline{e}$
2. On développe et on factorise par $1 + \frac{R_L}{R_0}$ ce qui conduit à $H_0 = \frac{1}{1 + R_L/R_0}$; $\omega_0 = \frac{\sqrt{1 + R_L/R_0}}{\sqrt{LC_0}}$ et $m = \frac{1}{2}\frac{L/R_0 + R_L C_0}{1 + R_L/R_0}\omega_0$
3. Question de cours : calculer le module de $\underline{H}$ et rechercher le maximum : pour $m < \frac{1}{\sqrt{2}}$ en $\omega_R = \omega_0\sqrt{1 - 2m^2}$
4. en BF $\underline{H} \approx H_0$ donc $H_0 = \frac{1}{2}$. 5. A ω_0 les tensions sont en quadrature et $\underline{H} = \frac{H_0}{2mj}$. Donc $m = \frac{1}{2}$ et $\omega_0 = 2\pi \times 1000$ rad/s.

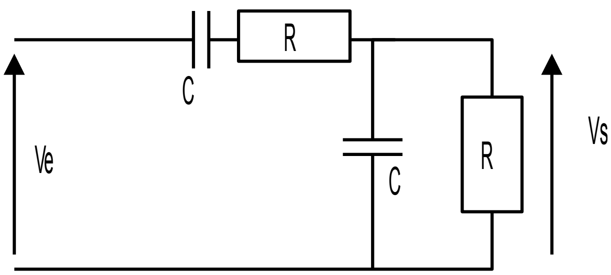
8 Filtrage analogique

8.1 Conseils

Revoir la forme canonique des filtres passe-bas et passe-haut ordre 1.
Revoir la forme canonique des filtres passe-bande et passe-haut ordre 2.
Revoir la définition de la pulsation de coupure.

8.2 Exercice

Soit le filtre, dit de Wien suivant :



1. De quel type de filtre s'agit-il ?
2. A l'aide d'un diviseur de tension, calculer la fonction de transfert et la mettre sous la forme $\underline{H}(j\omega) = \dfrac{A_0}{1 + jQ(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega})}$
3. Tracer le diagramme de Bode asymptotique en gain.
4. Calculer la largeur de la bande passante et montrer qu'elle dépend de Q.

Corrigé : 1. Etude BF/HF : passe-bande ; 2.$A_0 = \frac{1}{3}$, $Q = 1/3$ et $\omega_0 = \frac{1}{RC}$; 4. $\Delta\omega = \frac{\omega_0}{Q}$

9 Cinématique du point

9.1 Conseils

Revoir les expressions de la vitesse et de l'accélération en coordonnées polaires. Maîtriser le cas du cercle.

9.2 Exercice

Vous roulez à la vitesse constante de 200 km/h sur une route circulaire de rayon de courbure $R = 1$ km. Que vaut votre accélération ?

Corrigé : $a = 3,1$ m/s^2

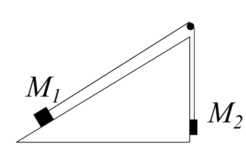
10 Dynamique du point

10.1 Conseils

Revoir la définition du travail d'une force et le cas échéant le lien avec l'énergie potentielle.
Faire la liste des lois et théorèmes de mécanique et comprendre ce qu'apporte chacun : principe fondamental de la dynamique, théorème de la puissance cinétique, théorème de la puissance mécanique, théorème du moment cinétique , théorème de l'énergie cinétique et théorème de l'énergie mécanique.

10.2 Exercice

Deux masses m_1 et m_2 – ($m_1 < m_2$) – sont attachées aux extrémités d'une ficelle passant sur une poulie de masse négligeable. La masse m_1 subit des frottements. On suppose qu'en module, la réaction tangentielle vérifie $R_t = fR_N$, R_N étant la réaction normale et f le coefficient de frottement. L'ensemble subit l'action de la pesanteur. Déterminer le mouvement de chacune des masses par rapport au sol.



Corrigé : Mouvement uniformément accéléré avec l'accélération $a = \frac{-m_1 g \sin\alpha + m_2 g - f m_1 g \cos\alpha}{m_1 + m_2}$

11 Forces centrales

11.1 Conseils

Revoir les propriétés des forces centrales.
Retrouver rapidement l'expression de l'énergie potentielle effective dans le cas de la gravitation.

11.2 Exercice

On considère un satellite de masse mm se trouvant à une distance r du centre O de la Terre. On note $\mathcal{G}$ la constante de gravitation, M_t la masse de la Terre. Dans la suite, le satellite est lancé à une distance r_0 avec une vitesse orthoradiale (orthogonale au rayon vecteur) de module $v_0 = \alpha\sqrt{\dfrac{\mathcal{G}M_t}{r_0}}$ avec $1 < \alpha < \sqrt{2}$

1. Montrer que le mouvement est plan. Montrer aussi que la quantité $r^2\dfrac{\mathrm{d}\theta}{\mathrm{d}t}$ est constante. Déterminer l'expression (en fonction de r_0 et v_0) de cette constante que l'on notera $\mathcal{C}$.
2. Justifier avec un argument physique que la trajectoire est bornée.
3. Etablir l'expression de l'énergie potentielle effective en fonction de la constante $\mathcal{C}$. Vérifier ensuite que cette énergie potentielle effective s'écrit sous la forme $\mathcal{G}mM_t\left(\dfrac{r_0\alpha^2}{2r^2} - \dfrac{1}{r}\right)$.
   En traduisant la conservation de l'énergie mécanique, trouver l'équation du second degré permettant de calculer la distance au périgée et à l'apogée. Résoudre l'équation précédente et déterminer la distance r_{min} au périgée et celle r_{max} à l'apogée. On exprimera ces distances en fonction de r_0 et de α
4. Déterminer l'excentricité de la trajectoire en fonction de α seulement.
5. Quelle est l'expression de la période de révolution du satellite ?

Corrigé :

1. Cours : force centrale donc moment cinétique constant donc $\overrightarrow{OM}$ constamment perpendiculaire à un vecteur constant : le mouvement est donc plan.
   Dans la base cylindrique, on a $\overrightarrow{L}_0(M) = mr\overrightarrow{e_r} \wedge (r'\overrightarrow{e_r} + r\theta'\overrightarrow{e_\theta} = mr^2\theta'\overrightarrow{e_z}$. On a donc bien $\mathcal{C} = r^2\theta'$ constant.
   D'après les CI's $\mathcal{C} = r_0 v_0$.
2. L'énergie mécanique, constante, vaut $E_m = \dfrac{1}{2}mv_0^2 - \dfrac{\mathcal{G}M_t m}{r_0} = \dfrac{\mathcal{G}M_t m}{r_0}\left(\dfrac{\alpha^2}{2} - 1\right) < 0$: état lié, donc trajectoire bornée.
3. L'énergie potentielle effective est $E_{\text{p,eff}} = \dfrac{m\mathcal{C}^2}{2r^2} - \dfrac{\mathcal{G}M_t m}{r}$ or $\mathcal{C} = r_0 v_0$ donc $E_{\text{p,eff}} = \dfrac{\mathcal{G}M_t m}{r_0}\left(\dfrac{\alpha^2 r_0^2}{2r^2} - \dfrac{r_0}{r}\right)$
4. Aux apsides, $r\doteq 0$ donc $E_m = E_{\text{p,eff}}$. On pose alors $x = \dfrac{r_0}{r}$ et on doit résoudre $\dfrac{\mathcal{G}M_t m}{r_0}\left(\dfrac{\alpha^2 r_0^2}{2r^2} - \dfrac{r_0}{r}\right) = \dfrac{\mathcal{G}M_t m}{2r_0}\alpha^2 - \dfrac{\mathcal{G}M_t m}{r_0}$ soit $\alpha^2 x^2 - 2x + 2 - \alpha^2 = 0$
5. On calcule le discriminant $\Delta = 4(1-\alpha^2)^2 > 0$ et on trouve 2 racines réelles $x_1 = 1$ et $x_2 = \dfrac{2-\alpha^2}{\alpha^2}$. La distance au périgée est donc $r_{\text{min}} = r_0$ (c'est le point de départ) et celle à l'apogée est $r_{\text{max}} = \dfrac{\alpha^2}{2-\alpha^2}r_0$.
6. On a alors $r_0 = \dfrac{\mathcal{P}}{1+e}$ et $r_{\text{max}} = \dfrac{\mathcal{P}}{1+e}$ donc en calculant le rapport des deux distances, on arrive à $e = \alpha^2 - 1$
7. 3ème loi de Képler : $\dfrac{T^2}{a^3} = \dfrac{4\pi^2}{\mathcal{G}M_t}$ avec $a = \dfrac{1}{2}(r_p + r_a) = \dfrac{r_0}{2-\alpha^2}$ donc $T = \sqrt{\dfrac{4\pi^2}{\mathcal{G}M_t}\dfrac{r_0^3}{(2-\alpha^2)^3}}$

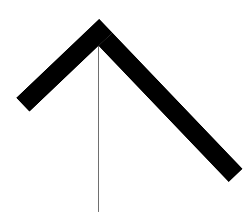
12 Solide en rotation

12.1 Conseils

Revoir le lien entre moment d'une force et bras de levier.

12.2 Exercice

Une équerre en forme de L est composée de deux morceaux orthogonaux : celui de gauche de longueur ℓ et de masse m et celui de droite de longueur 2ℓ et de masse $2m$. Cette équerre est posée sur un axe horizontal. Le moment d'inertie de l'équerre est $J_\Delta = 3m\ell^2$ Quel angle forme le grand côté par rapport à la verticale ? A partir de la position d'équilibre on donne une petite impulsion et des petites oscillations s'établissent. Quelle est la fréquence de ces oscillations (on néglige tous les frottements) ?



Corrigé : $\theta_{eq} = \arctan(1/4)$ et $\omega_0^2 = \dfrac{3g}{\sqrt{17}\ell}$

13 Atomes et molécules

13.1 Conseils

Déterminer le nombre d'électrons de valence de n'importe quel élément des 3 premières lignes du tableau périodique.
Revoir la définition de l'électronégativité. Revoir la condition pour qu'une molécule soit polaire.

13.2 Exercice

Donner le schéma de Lewis des molécules suivantes et trouver celles qui sont polaires : CH_3COOH, CCl_4, CO_2, NH_3, CH_4, CH_3Cl et CH_2Cl_2.

Corrigé : Les molécules polaires sont CH_3COOH, NH_3, CH_3Cl et CH_2Cl_2

14 Acides et bases

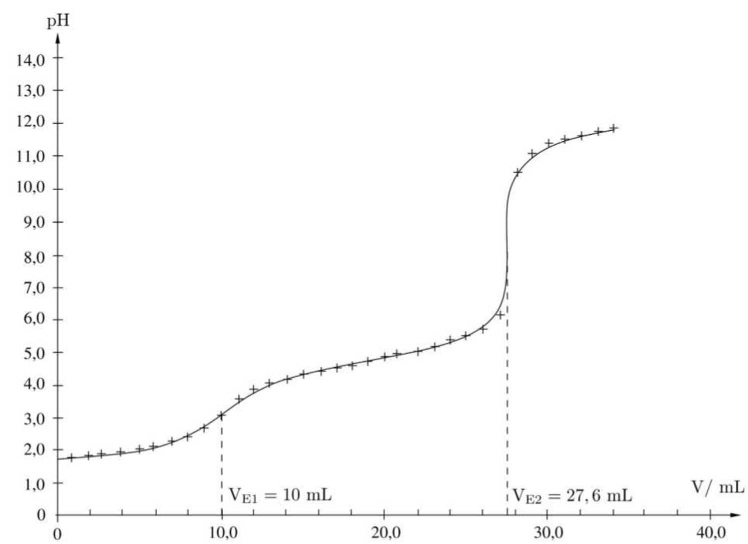
14.1 Conseils

Revoir la définition du K_a.
Tracer le diagramme de prédominance d'un acide faible (connaissant les pKa) ou fort.

14.2 Exercice

On veut réaliser le dosage pH-métrique d'un mélange d'acide fort, l'acide chlorhydrique, de concentration C_1 et d'acide éthanoïque ($pK_a = 4,8$) de concentration C_2 par une solution de soude de concentration $C_B = 0,100 \pm 0,001$ mol$\cdot$L^{-1}.
On prélève un volume $V_0 = 25,0 \pm 0,1$ mL du mélange et on ajoute $V_0 = 25,0 \pm 0,1$ mL d'eau distillée dans un bécher de 150 mL.

1. Quelles sont les deux réactions qui ont lieu au cours de cette expérience ?
   Calculer leur constante d'équilibre et justifier qu'on peut les utiliser pour un titrage des acides par la soude.
   Justifier que le titrage de l'acide chlorhydrique est séparé du titrage de l'acide éthanoïque. Lequel a lieu en premier ?
2. La figure suivante donne la courbe obtenue à l'issue du dosage. En déduire les concentrations C_1 et C_2.



Corrigé :1. $H_3O^+ + HO^- = 2H_2O$ $K_1 = 1/Ke = 10^14$; $CH_3COOH + HO^- = CH_3COO^- + H_2O$ $K_2 = Ka/Ke = 10^{9,2} \ll K_1$; $C_1V_0 = C_BV_{E1}$ et $C_2V_0 = C_B(V_{E2} - V_{E1}$
$C_1 = 0,04$ mol/L et $C_2 = 0,07$ mol/L

15 Oxydo-réduction

15.1 Conseils

Ecrire la relation de Nernst et équilibrer rapidement une demi-équation électronique à l'aide des nombres d'oxydation.

15.2 Exercice

On donne les potentiels standard suivant à 25°C :

	CH_3COOH/C_2H_5OH	MnO_4^-/Mn^{2+}
$E°$ (en V)	$E_1^\circ = 0,19$	$E_2^\circ = 1,51$

1. Ecrire, en milieu acide, les deux demi-équations électroniques pour les 2 couples étudiés.
2. Ecrire l'équation-bilan de la réaction d'oxydation de l'alcool par les ions permanganate.
3. Déterminer sa constante d'équilibre en fonction des potentiels standard donnés au début de l'énoncé.

Corrigé : 1. $CH_3COOH + 4e^- + 4H^+ \leftrightarrow C_2H_5OH + H_2O$ et $MnO_4^- + 5e^- + 8H^+ \leftrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$; 2.$5C_2H_5OH + 4MnO_4^+ + 8H^+ = 4Mn^{2+} + 5CH_3COOH + 11H_2O$; 3. $K^\circ = \dfrac{[Mn^{2+}]^4[CH_3COOH]^5}{[C_2H_5OH]^5[MnO_4^-]^4[H+]^8}$, $K^\circ = 10^{\frac{20(1,51-0,19)}{0,06}} \gg 1$

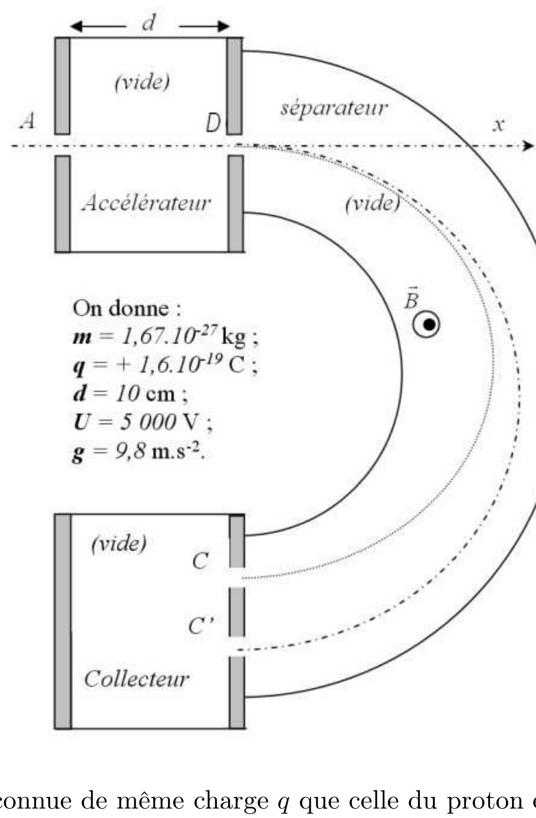
16 Particules dans E et B

16.1 Conseils

Connaître l'expression de la force de Lorentz.
Savoir déterminer rapidement, grâce à un théorème énergétique, la vitesse d'éjection d'une charge en sortie d'une cavité accélératrice.
Connaître et retrouver rapidement le rayon de la trajectoire circulaire d'une charge se déplaçant dans un champ magnétique.

16.2 Exercice

Un proton de masse m et de charge q est accéléré par un champ électrique $\vec{E}$ uniforme créé en maintenant entre 2 plaques conductrices parallèles et distantes de d une différence de potentiel U. Initialement, le proton est au repos au point A. Ensuite la trajectoire du proton est déviée par le champ magnétique. Quelle est la vitesse d'éjection du proton en D ? Calculer la distance DC pour $B = 0,08$ T.



Une seconde particule de masse m' inconnue de même charge q que celle du proton est aussi accélérée. Elle atteint le détecteur au point C' tel que $DC' = 362$ mm. Calculer m'.

Corrigé : $v_D = \sqrt{\frac{2qU}{m}} = 10^6$ m/s ; $DC = 2\frac{mv_D}{qB} = 0,256$ m ; $m' \simeq 2m$

17 Champ magnétique et force de Laplace

17.1 Conseils

Revoir l'expression de la force de Laplace. Comprendre la différence entre force de Lorentz (s'applique à une particule chargée) et force de Laplace (s'applique à un morceau de métal parcouru par un courant).
Revoir l'expression du couple magnétique s'appliquant sur une spire de moment magnétique $\overrightarrow{m}$.

17.2 Exercice

Une spire carrée de surface S parcourue par un courant I peut tourner autour de l'axe Oz vertical (axe de symétrie du carré). Un champ magnétique uniforme est appliqué sur cette spire dans la direction Ox : $\overrightarrow{B} = B_0\overrightarrow{e_x}$. Montrer que la spire peut effectuer des petites oscillations autour d'une position d'équilibre.

Corrigé : TMC appliqué à la spire : $\frac{\mathrm{d}\overrightarrow{L}}{\mathrm{d}t} = \overrightarrow{m} \wedge \overrightarrow{B}$ soit en projetant selon Oz : $J\frac{\mathrm{d}^2\theta}{\mathrm{d}t^2} = -mB\sin\theta$ avec $m = IS$ et θ est l'angle que fait la normale au plan de la spire avec l'axe Ox.

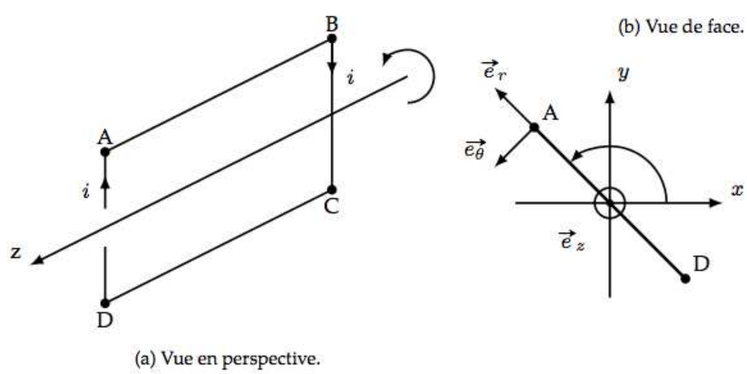
18 Induction

18.1 Conseils

Avant de commencer, il faut **orienter** le contour !
Savoir prédire le sens du courant induit (loi de Lenz).

18.2 Exercice

On étudie un modèle simple de moteur à courant continu, utilisant la géométrie cylindrique commune à la majorité des moteurs.

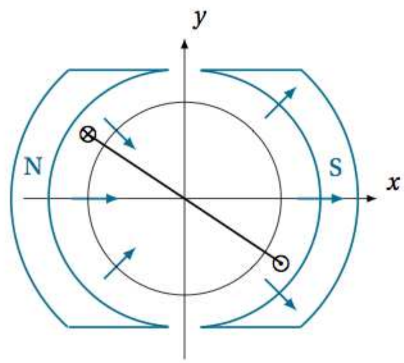


Géométrie simplifiée retenue pour le rotor (circuit induit)

Le rotor sera modélisé par une unique spire rectangulaire $ABCD$ de rayon R et de longueur ℓ, représentée sur la figure ci-dessus, entraînée en rotation autour de l'axe Oz.
Une source de courant continu alimente cette spire et nous notons i l'intensité du courant dans ce circuit correspondant, orienté dans le sens $ABCD$ indiqué sur la figure.
Cette spire est soumise à un champ magnétique que nous modéliserons par un champ de direction radiale en chaque point (au sens des coordonnées cylindriques), dirigé selon $\overrightarrow{e_r}$ pour $x > 0$ et selon $-\overrightarrow{e_r}$ pour $x < 0$:

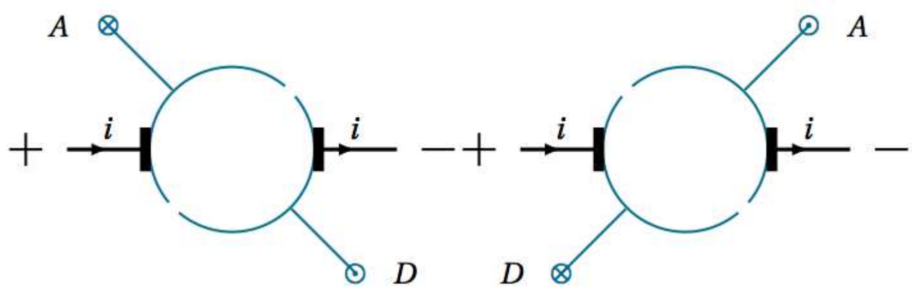
- $\overrightarrow{B}(x < 0) = -B_0\overrightarrow{e_r}$;
- $\overrightarrow{B}(x > 0) = +B_0\overrightarrow{e_r}$.

En pratique, ce champ magnétique est développé grâce à des pièces polaires, fixes dans le référentiel d'étude, qui constituent le stator (voir figure ci-dessous) et la spire que nous considérons est obtenue en réalisant des enroulements sur une pièce cylindrique qui guide les lignes de champ magnétique.



Une spire rectangulaire placée dans un entrefer cylindrique. Les flèches représentent le champ magnétique en six points de l'entrefer, région de l'espace contenue entre les pièces polaires du stator, et le noyau sur lequel on bobine le circuit dit induit.

1. Déterminer l'expression du moment résultant des forces de Laplace (couple moteur) en fonction de B_0, R, ℓ et i.
2. Si la spire est toujours alimentée par la même intensité i, expliquer le problème rencontré lorsque la spire a effectué un demi-tour.
3. Expliquer comment le système collecteurs-balais de la figure ci-dessous permet de résoudre ce problème.



Système balais-collecteurs pour le redressement du courant à chaque demi-tour du rotor. Les balais sont les petits rectangles pleins. Les collecteurs sont représentés par les arcs de cercle.

4. Lorsque la spire rectangulaire se déplace dans le champ extérieur, il apparaît une *fem* dans le circuit associé à la spire. déterminer l'expression de cette *fem* $e(t)$ en exprimant la nullité de la somme de la puissance des forces de Laplace et de la puissance de cette *fem* induite.

Corrigé : $\mathcal{M} = 2iB_0\ell R$; changement de signe du moment et stabilisation de la spire sur l'axe Oy ; modification du sens de i donc modification du moment ; $e \times i + 2iB_0\ell R\omega = 0$

19 Le système thermodynamique

19.1 Conseils

Revoir le diagramme PV pour l'équilibre liquide-vapeur (isothermes, courbe de changement d'état) et le diagramme PT du corps pur avec les 3 états.

19.2 Exercice

On introduit une masse $m = 4$ g d'eau dans un récipient de volume $V = 10$ L initialement vide et on le porte à la température $t_1 = 80$°C. On donne à 80°C : $P_{\text{sat}}(80) = 0,466$ bar.

1. Montrer que la vapeur d'eau est saturante. Quelle est la pression P_1 dans le récipient ?
2. On porte le récipient à la température $t_2 = 100$°C. Quelle est la nature du nouvel état d'équilibre ? Quelle est la pression P_2 ?

Réponses : 1) Si tout était vaporisé, alors avec la loi des GP, on aurait $P = 0,65$ bars $> P_{\text{sat}}$ donc $P_1 = 0,466$ bars ; 2) Tout est vaporisé $P_2 = 0,689$ bars

20 Premier principe

20.1 Conseils

Savoir déterminer rapidement le transfert thermique pour les transformations suivantes dans le cas d'un gaz parfait : isochore (à l'aide de ΔU), isobare (à l'aide de ΔH), adiabatique ($Q = 0$) et isotherme.
Connaître l'expression de ΔU et ΔH pour un gaz parfait, une phase condensée idéale et un corps pur lors d'un changement d'état.

20.2 Exercice

Un des premiers moteurs à combustion interne fonctionne de la manière suivante :
- l'air et le carburant sont admis dans le cylindre ; à la fin de la phase d'admission, l'air se trouve dans l'état A $(P1, V_1, T_1)$;
- la combustion du carburant (phase d'explosion) provoque une augmentation brutale de la pressions à volume constant et fournit un transfert thermique Q ; à la fin de la phase, les gaz résiduels sont dans l'état B (P_2, V_1, T_2) ;
- ils se détendent ensuite de manière adiabatique jusqu'à l'état C (P_1, V_2, T_3) ; les paramètres étant en permanence connus ;
- enfin les gaz s'échappent du cylindre à la pression constante P_1 et un nouveau cycle recommence.

En négligeant la quantité de matière de carburant liquide, on assimilera l'air et les gaz brûlés à un gaz parfait avec $\gamma = 1,4$.

1. Représenter dans le diagramme de Clapeyron le cycle $ABCA$ des gaz dans le cylindre.
2. Calculer le travail échangé W par une mole de gaz au cours du cycle.
3. Calculer le rendement r défini par le le rapport travail fourni par le moteur sur transfert thermique reçu par le gaz pendant la combustion du carburant en fonction de $a = \frac{V_2}{V_1}$

Réponses 2) $W = \frac{R}{\gamma - 1}\left[T_3 - T_2 + (\gamma - 1)(T_3 - T_1)\right]$ 3) $r = 1 - \gamma \frac{a-1}{a^\gamma - 1}$

21 Second principe

21.1 Conseils

Connaître l'énoncé du second principe.
Savoir calculer la variation d'entropie d'un gaz parfait en fonction de l'expression fournie par l'énoncé.
Connaître l'expression de la variation d'entropie d'un corps pur lors d'un changement d'état.

21.2 Exercice

Un solide de capacité thermique C et de température initiale T_0 est placé dans un thermostat de température $T_1 > T_0$. Une fois l'équilibre atteint, on place le solide dans un thermostat de température $T_2 > T_1$. On donne la variation d'entropie d'un solide : $\Delta S = C \ln \dfrac{T_f}{T_i}$. Calculer T_1 pour que l'entropie créée soit minimale.

Réponse $T_1 = \sqrt{T_2 T_0}$

22 Machines thermiques

22.1 Conseils

Connaître les schémas des machines de Carnot avec les sources chaude et froide et déterminer le rendement ou l'efficacité.

22.2 Exercice

Le réfrigérateur à absorption est une machine tritherme sans échange de travail avec l'extérieur. L'énergie est fournie au fluide du frigo sous forme thermique, et à haute température T_0 dans un bouilleur. L'évaporateur est en contact thermique avec la source froide de température T_2. Le condenseur est en contact thermique avec le milieu extérieur de température T_1. On a $T_2 < T_1 < T_0$. Définir et calculer l'efficacité frigorifique maximale.

Réponse $e = \left(1 - \frac{T_1}{T_0}\right)\left(\frac{T_2}{T_1 - T_2}\right)$

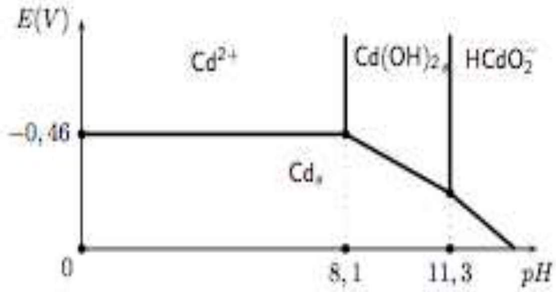
23 Diagrammes E-pH

23.1 Conseils

Pour aborder sereinement ce chapitre, il est conseillé de bien revoir les chapitres sur l'oxydo-réduction et les solutions aqueuses (Ka et Ks)

23.2 Exercice

Le diagramme potentiel-pH de la figure ci-dessous est celui du Cadmium pour une concentration totale de Cadmium dissous égale à 0,01 mol/L. Cette concentration de tracé a été affectée à toutes les espèces dissoutes, on n'a pas pratiqué l'équirépartition.



1. Que peut-on en déduire (quantitativement) ?
2. On appelle s la solubilité de l'hydroxyde de cadmium (II) dans une solution de pH donné et p$s = -\log s$ Tracer la courbe donnant ps en fonction de pH. Quelle est la solubilité s' de l'hydroxyde de Cadmium (II) dans l'eau pure ?
3. On introduit du Cadmium métallique dans de léeau pure. Que se passera-t-il ? La réaction est très lente pour un pH compris entre 8 et 11. Proposer une explication.

Réponses : $E_1^0 = -0,40$V, $K_s = 10^{-13,8}$, $K' = \frac{[HCdO_2^-]}{[HO^-]} = 5$, $s = \frac{Ks}{Ke^2}[H_3O^+]^2 + \frac{K'K_e}{[H_3O^+]}$, p$s_1 = 2pH - 14,2$ et p$s_2 = 13,3 -$ pH ; $s' = (Ks/4)^{1/3} = 1,6 \cdot 10^{-5}$ mol/L, oxydation très lente car passivation.

24 Ondes

24.1 Conseils

Bien connaître la structure mathématique d'une onde progressive sinusoïdale ($s(x,t) = S_0 \cos(\omega t - kx)$).
Savoir retrouver l'expression de la période temporelle, de la période spatiale et savoir démontrer $\lambda = ct$.
Connaître les conditions d'interférences constructives/destructives.

24.2 Exercice

Un émetteur est placé à une hauteur H du sol. Un micro est placé à la même hauteur mais à la distance x de l'émetteur. Montrer que pour les valeurs de x suivantes $x - 2\sqrt{H^2 + x^2/4} = p\lambda$ où (p est un entier relatif) on a des interférences constructives. En déduire les valeurs de x possibles pour avoir des interférences constructives.
Réponse $x = \frac{4H^2 - n^2\lambda^2}{2n\lambda}$

25 Mécanique quantique

25.1 Conseils

Pas de conseil particulier si ce n'est de bien connaître la relation de Louis de Broglie...et de maîtriser la physique des ondes.

25.2 Exercice

Les fullérènes sont des "ballons de football" microscopiques formés de 60 atomes de carbone reliés entre eux de façon à former une sorte de sphère. Des fullérènes sont envoyés en ligne droite à la vitesse V sur deux fentes séparées d'une distance $a = 100$ nm. On repère les impacts des fullérènes sur un écran situé à une distance $D = 1,2$ m derrière les fentes.

1. Faire un schéma de la situation.
2. Expliquer ce que l'on verra sur l'écran.
3. On rappelle que la différence de marche dans le cas des trous d'Young vaut $\delta \simeq \dfrac{ax}{D}$. Que représente x et quelles sont les hypothèses qui permettent de trouver cette relation ?
4. Donner la relation entre l'interfrange i, la masse des particules m, la vitesse V, les distances a et D et la constante de Planck.
5. On mesure une interfrange de 50 μm. En déduire la vitesse V. On donne la masse molaire du carbone $M = 12$ g/mol et le nombre d'Avogadro : $N_a = 6,02 \cdot 10^{23}$.

Réponses 1) Trous d'Young classiques ; 2) Franges rectilignes ; 3) condition d'interférences constructives ; 4) $i = \frac{\lambda_{\text{dB}} D}{a} = \frac{hD}{mva}$; 5) 8000 m/s

26 Cristallographie

26.1 Conseils

Connaître parfaitement la structure de la maille CFC.
Savoir définir et calculer rapidement une compacité et une masse volumique.
Savoir calculer la taille des sites octaédriques et tétraédriques d'une structure CFC.

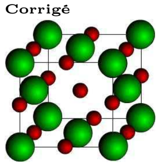
26.2 Exercice

Dans la structure du cristal ZnO Rocksalt, les ions oxyde O^{2-} occupent les sommets d'un cube et le centre de chaque face, tandis que les ions zinc (II) occupent tous les sites octaédriques.

1. Représenter la maille élémentaire de ZnO.
2. Déterminer le nombre d'ions zinc(II) et O^{2-} contenus dans une maille élémentaire.
3. A l'aide des rayons ioniques, déterminer le paramètre de maille a.
4. Déterminer la masse volumique de l'édifice en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$

<u>**Données numériques**</u> :
M_{Zn}=65,4 g/mol ; M_O= 16,0 g/mol ; Constante d'Avogadro : $N_a = 6,02 \cdot 10^{23}$ mol^{-1} ; Rayons ioniques : $r(Zn^{2+}) = 72$ pm et $r(O^{2-}) = 140$ pm

Corrigé



O^{2-} : $8 \times \frac{1}{8}$ (sommets) + $6 \times \frac{1}{2}$ (faces) = 4 O^{2-} par maille

Zn^{2+} : $12 \times \frac{1}{4}$ (arêtes) + 1 (centre) = 4 Zn^{2+} par maille ; Le paramètre de maille est égal à l'arête du cube a. Les anions et les cations se touchent le long d'une arête du cube : $a = 2R_+ + 2R_-$ soit $a = 424$ pm ; Masse volumique= masse de la maille divisée par volume de la maille, soit $\rho = \frac{4(M_{Zn} + M_O)}{N_a a^3} = 7096$ kg/m^3